

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DEL YOGUR ARTESANAL
SUSTENTADO EN EL MODELO ESTADÍSTICO DE RIESGO PARA EL
ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA DE WEIBULL

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:
ANA CECILIA JAEGER MORI

Asesor:
Dr. JIMMY OBLITAS CRUZ

CAJAMARCA – PERÚ

2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
Norte de la Universidad Peruana
Fundada por Ley 1405 el 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS REVISADA EN EL SOFTWARE DE ANTIPLAGIO URKUND DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

Tesis Titulada:

EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DEL YOGUR ARTESANAL SUSTENTADO EN EL MODELO ESTADÍSTICO DE RIESGO PARA EL ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA DE WEIBULL

Presentada por la bachiller: **Ana Cecilia Jaeger Mori**, la que ha sido sometida a revisión mediante el software antiplagio URKUND, en la fecha del 25/08/2023, por parte del asesor: Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz, obteniendo un puntaje de 1% de similitud.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Cajamarca, 05 de febrero del 2024

MSc. Jimmy Frank Oblitas Cruz
ASESOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Cajamarca, a los diecisiete días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 121-2022-FCA-UNC, de fecha 26 de abril del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL SENSORIAL DEL YOGUR ARTESANAL SUSTENTADO EN EL MODELO ESTADÍSTICO DE RIESGO PARA EL ANÁLISIS DE SUPERVIVENCIA DE WEIBULL"**, realizada por la Bachiller **ANA CECILIA JAEGER MORI** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las quince horas y veinte minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de diecisiete (17); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las diecisiete horas y treinta minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Dr. Juan Edmundo Chávez Rabanal
PRESIDENTE



Dr. José Gerardo Salhuana Granados
SECRETARIO



Dr. Rodolfo Raúl Orejuela Chirinos
VOCAL



Ing. M. Sc. Jimy Frank Oblitas Cruz
ASESOR

Dedicatoria

A Dios por brindarme vida, salud y la familia que tengo.

A mis padres César Jaeger y Célida Mori, por su ilimitado amor y apoyo incondicional, además de que han sabido inculcarme buenos hábitos y valores que me han servido para enfrentar a todos los retos en mi vida diaria, y que ahora me definen como la persona que soy.

A mi esposo por ser siempre mi soporte y empuje para lograr este objetivo, por ser la persona que nunca dejó de creer en mí.

A mis hermanos y familiares por su cariño y apoyo constante durante todo este proceso.

A mi asesor por su apoyo, dirección y paciencia en el desarrollo y elaboración de esta tesis.

Agradecimiento

Primero doy gracias a Dios por darme la fortaleza para culminar esta tesis, pese a las adversidades que se fueron presentaron en el camino.

Gracias a mis padres y esposo que han sido los principales promotores para no darme por vencida y presentar la tesis, gracias a ellos por cada día confiar, creer en mí y por darme el aliento necesario para continuar y seguir adelante.

Doy gracias a esta casa de estudios por impartir importantes conocimientos que generaron amor hacia mi carrera, y principalmente a mi asesor por ser siempre una guía y soporte sin el cual no habría podido encaminar y culminar de forma adecuada esta tesis.

Índice general

Dedicatoria	iv
Agradecimiento	v
Índice general	v
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del Problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos	4
1.5. Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.2. Marco teórico	9
2.3. Definición de términos básicos	24
III. MATERIALES Y MÉTODOS	26

3.1. Ubicación	26
3.2. Materiales	26
3.3. Metodología	29
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Factores que afectan la vida útil sensorial del yogur	37
4.2. Aceptabilidad del yogur artesanal a distintas temperaturas de almacenamiento y el uso de conservantes	41
4.3. Estimación de la Vida Útil Sensorial	44
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES	53
VII. BIBLIOGRAFÍA	54
ANEXOS	63

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de las Variables	31
Tabla 2. Análisis de Varianza para el Atributo de Sabor	37
Tabla 3. Análisis de varianza para el Atributo de Color	38
Tabla 4. Análisis de Varianza para el Atributo de Olor	38
Tabla 5. Análisis de Varianza para el Atributo de Apariencia	39
Tabla 6. Análisis de Varianza para el Atributo de Textura	39
Tabla 7. Cantidad de Rechazos según el Tipo de Tratamiento	41
Tabla 8. Aceptabilidad Gral Media Obtenida para los Tratam. Consum al Día 1	42
Tabla 9. Aceptabilidad Gral Media Obtenida para los Tratam Consum. al día 18	42
Tabla 10. Cuantificación de Rechazos por Consumidor para el Tratamiento 1 (T1)	45
Tabla 11. Cuantificación del Rango y Riesgo Acumulado para el Tratam.1 (T1)	45
Tabla 12. Resultados de la Ecuación Lineal y Exponencial de los Riesgos de W.	49
Tabla 13. Vida Útil Estimada para los Tratamientos Evaluados	50

Índice de figuras

Figura 1. Plano de ubicación	27
Figura 2. Registro de Rechazos para el Tratamiento 1 (T1) según el Tiempo de Consumo	41
Figura 3. Gráfico Lineal de Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 1 (T1)	48
Figura 4. Gráfico exponencial de Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 1 (T1)	49

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la vida útil sensorial del yogur artesanal, utilizando el modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull. Para ello, se empleó una metodología de tipo aplicada, siguiendo el método científico dentro de un enfoque cuantitativo. La muestra consistió en 4 tratamientos de yogur casero, algunos con conservantes y otros sin conservantes, con diferentes tiempos de almacenamiento. El análisis estadístico para evaluar el olor, sabor, textura y aceptabilidad sensorial se realizó mediante un software estadístico, empleando un análisis de varianza (ANOVA). Tras las pruebas de laboratorio, se concluyó que la vida útil sensorial del yogur artesanal, basada en el modelo paramétrico de Weibull, es superior a los 15 días para los tratamientos T2, T3 y T4. En concreto, se obtuvo una vida útil de 16,31 días para el T4, 16,10 días para el T3 y 15,58 días para el T2. En comparación, el T1 mostró una vida útil de 14,92 días. Estos resultados reflejan que el uso de conservantes y una temperatura de almacenamiento de 5°C mejoran ligeramente la aceptabilidad del yogur en comparación con los otros tratamientos.

Palabras clave: Evaluación de la vida útil sensorial, yogur artesanal, análisis de supervivencia de Weibull.

Abstract

The present investigation aimed to evaluate the sensory shelf life of artisan yogurt, using the statistical model of risk for the Weibull survival analysis. For this, an applied type methodology was used, following the scientific method within a quantitative approach. The sample consisted of 4 homemade yogurt treatments, some with preservatives and others without preservatives, with different storage times. The statistical analysis to evaluate the smell, taste, texture and sensory acceptability was carried out using statistical software, using an analysis of variance (ANOVA). After laboratory tests, it was concluded that the sensory shelf life of artisan yogurt, based on the Weibull parametric model, is greater than 15 days for treatments T2, T3 and T4. Specifically, a useful life of 16.31 days was obtained for T4, 16.10 days for T3 and 15.58 days for T2. By comparison, the T1 showed a shelf life of 14.92 days. These results reflect that the use of preservatives and a storage temperature of 5°C slightly improve the acceptability of yogurt compared to the other treatments.

Keywords: Sensory shelf life evaluation, artisan yogurt, Weibull survival analysis.

I. INTRODUCCIÓN

1.1.Descripción del problema

Actualmente el consumo de productos saludables está en ascenso marcado por un creciente interés de autocuidado donde el consumidor es quien tiene la última palabra. En ese contexto, el yogur ha ido ganando terreno entre las preferencias de niños, jóvenes y adultos en general. El Perú no escapa de esta realidad, destacando el consumo de yogur de Pitahaya, el cual presenta una tendencia de crecimiento del 6% en volumen, en este mismo sentido, se ha establecido que en el año 2016 la venta de yogur facturó US\$ 398 millones a nivel nacional y se espera un crecimiento a una tasa de 6% anual, destacando en el caso particular del yogur bebible, un crecimiento del 16% a 18% del mercado en el 2021 (Agraria, 2017).

Para los consumidores de productos lácteos, la textura suave y el sabor refrescante del yogur son atractivos y más aún los probióticos, ya que pueden tener efectos positivos sobre el sistema inmunológico, cardiovascular y salud metabólica, también sirve como una buena fuente de proteínas y es abundante en calcio, vitaminas y oligoelementos (Hashemi et al. 2015). Esto último permite a los fabricantes captar la preferencia de los clientes (Parra, 2012).

De igual forma, el mercado del yogur en rápida expansión ha generado enormes beneficios para los productores, sin embargo, satisfacer los gustos de los consumidores es uno de los factores más importantes para que aumenten sus cuotas de mercado. Por lo tanto, la predicción precisa de las preferencias de los consumidores es crucial para los productores que buscan atraer nuevos consumidores y mantener su lealtad a la marca.

En este contexto, el conocimiento de la preferencia de los consumidores por las cualidades sensoriales del yogur puede ayudar a su procesamiento. Sin embargo, se

requiere de inversión para realizar evaluaciones sensoriales y estudios de mercado a gran escala. Por lo tanto, la demanda del mercado generalmente se estima a través de predicciones de preferencias del consumidor utilizando atributos sensoriales como entrada.

Otro factor a considerar es que, debido al comportamiento de los probióticos activos, el yogur es sensible a la variación de temperatura y necesita ser refrigerado para mantener una buena calidad (Vargavisi & Pápai, 2015). En adición de ello, los limitados recursos de fabricación, las condiciones de almacenamiento y la vida útil del yogur suelen ser relativamente cortos debido a los cambios en sus características físicas, químicas y organolépticas/ sensoriales, que lo hacen en ocasiones “no apto” para el consumo humano (Costa, Frasao, Rodrigues, Silvia, & Conte, 2016).

Debido a ello, es necesario velar por que se cumplan las normas de buenas prácticas de fabricación y así los cambios bacterianos durante el almacenamiento no supongan un peligro para la salud. De manera que, el yogur después de un almacenamiento relativamente prolongado pueda ser microbiológicamente seguro para ser ingerido por los consumidores, más en ese caso, se debe evaluar sus propiedades sensoriales y las propiedades químicas, así como la degradación microbiana de los alimentos para comprobar la calidad de los mismos durante su almacenamiento (Difonzo, Squeo, Galasso, Pasqualone, & Caponio, 2019). En el yogur, los parámetros de calidad más importantes son la acidez, la viscosidad, el recuento de bacterias del ácido láctico (LAB) y la evaluación sensorial (Arioui, Ait, & Cheriguene, 2017).

Es importante sumar a las variables mencionadas, la vida útil o fecha de caducidad, la cual es calculada en ocasiones siguiendo métodos convencionales o inconsistentes. Al respecto, se han desarrollado diversos modelos predictivos para la evaluación electrónica

de la vida útil y la detección de un diagnóstico rápido de la calidad de los alimentos, un ejemplo de ello es el modelo de regresión lineal múltiple para predecir la vida útil de la bebida de leche esterilizada con café tostado (Goyal & Goyal, 2012), así como también, se destaca entre los diversos modelos matemáticos más fiables, eficaces y rápidos, el modelo de riesgo de Weibull (Nguyen et al. 2016).

Tomando en consideración lo antes señalado, se propone evaluar la vida útil sensorial del yogur, en base a las estadísticas de análisis de supervivencia del modelo paramétrico de Weibull, ya que permite evaluar la aceptación o el rechazo por parte del consumidor, según diferentes tiempos de almacenamiento. Además, este modelo de predicción de la vida útil potencial podría servir como una fuente de información valiosa para las industrias alimentarias, especialmente para los fabricantes de yogurt artesanal.

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál será la vida útil sensorial del yogur artesanal sustentado en el modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull?

1.3. Justificación

La realización de este estudio se justifica tomando en cuenta la importancia de desarrollar nuevas fuentes de investigación para el análisis de supervivencia con pruebas aceleradas basadas en el modelo estadístico de predicción de la vida útil de Weibull. Asimismo, los fundamentos teóricos aquí desarrollados, apoyados por las estadísticas de análisis de supervivencia de dicho modelo paramétrico, aportarán conclusiones relevantes para otros investigadores y fabricantes de productos lácteos que se proponen evaluar la vida útil sensorial del yogur, ya que así podrán determinar su aceptación o rechazo por parte de clientes y consumidores finales.

1.4.Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la vida útil sensorial del yogur artesanal sustentado en el modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Establecer los factores que afectan la vida útil sensorial del yogur.
- Determinar la aceptabilidad del yogur artesanal a distintas temperaturas de almacenamiento y con el uso de conservantes.
- Evaluar de la vida útil sensorial del yogur artesanal en base al modelo paramétrico de Weibull.

1.5.Hipótesis

Hipótesis General

Es posible evaluar la vida útil sensorial del yogur artesanal a través del modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull.

Hipótesis Específicas

- Los factores que afectan la vida útil sensorial del yogur artesanal son la temperatura de almacenamiento y uso de conservantes.
- La aceptabilidad del yogur artesanal se verá afectado por la temperatura de almacenamiento y el uso de conservantes.
- La vida útil sensorial del yogur artesanal en base al modelo paramétrico de Weibull será superior a los 15 días.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Comenzando por Mataragas, Dimitriou, Skandamis y Drosinos (2011) tuvieron como objetivo de estudio desarrollar un modelo predictivo para cuantificar el deterioro del yogur con frutas para ello, almacenaron las muestras a varias temperaturas (5-20°C), además se sometieron a microbiológico (*recuentos viables totales, bacterias ácido-lácticas-LAB, levaduras y mohos*) y físico-químico análisis (*pH, acidez titulable y azúcares*). Se observó un aumento de la *acidez titulable* y una reducción del pH, las concentraciones de azúcar disminuyeron durante el almacenamiento. Concluyeron que la determinación de la vida útil mediante pruebas de deterioro requiere mucho tiempo y la necesidad de nuevas técnicas rápidas. Adicional a ello, señalaron que el modelo desarrollado podría ayudar a las industrias lácteas a establecer las predicciones de vida útil sobre yogur con frutas almacenadas en condiciones de temperatura constante.

Asimismo, Cruz et al. (2013) realizó su estudio como objetivo evaluar el efecto de la adición de concentraciones crecientes de *oligofructosa* sobre las características fisicoquímicas, *reológicas* y microbiológicas del yogur sin sabor. Además, investigó la reacción de los consumidores con el uso de la metodología de análisis de supervivencia. La adición de *oligofructosa* no mostró influencia sobre el *pH, la proteólisis o la viabilidad de Streptococcus thermophilus o Lactobacillus bulgaricus* durante 28 días de almacenamiento refrigerado ($p > 0,05$). Según las medidas *reológicas* el yogur suplementado con *oligofructosa* se caracterizó como un gel débil, mostrando comportamiento *tixotrópico y pseudoplástico*. Se utilizó un análisis de supervivencia para investigar las respuestas de los consumidores con respecto a los diferentes niveles de suplementación de yogur natural obteniendo un rechazo del 25% de los consumidores,

también se concluyó que el nivel de *oligofructosa* que se puede añadir al yogur es del 2,58% en peso.

Igualmente, Sánchez y Cueva (2016), efectuaron una investigación titulada “Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas”, para marcas comercializadas en Cajamarca, envasado al vacío: “CEFOP” y envasado a la presión atmosférica, por “Industrias Huacariz”; para lo cual se utilizó la distribución de Weibull mediante pruebas aceleradas a diferentes temperaturas de almacenamiento, para lo cual se determinó los parámetros de forma β y escala α para el producto almacenado a temperaturas de 20, 28, 35 y 40 °C para el queso de “Industrias Huacariz”, mientras que el CEFOP se sometió a temperaturas de 20, 28 y 35 °C. La evaluación de aceptabilidad sensorial se efectuó con un panel compuesto por 41 consumidores; obteniendo como resultado que el $\beta < 2$ a una temperatura de 35 °C, punto en el que se obtuvo un rápido rechazo de los consumidores para ambos tipos de queso debido a un aumento de la fluidez del producto, además, se determinó la *Energía de Activación (Ea)* para ambos quesos obteniendo valores de 14,26 \pm 3,25 kcal/mol para el queso de “Industrias Huacariz” y 22,61 \pm 5,92 kcal/mol para el queso marca CEFOP. Finalmente, se obtuvo que la vida útil sensorial a una temperatura de almacenamiento de 10 °C fue de 7,6 para el queso de “Industrias Huacariz” y 41,7 días para el queso marca CEFOP.

También se consideró el trabajo de Lázaro (2016) que tuvo como título “Vida útil determinada por pruebas aceleradas y estadística de supervivencia de yogurts de leche de cabra descremada frutados con mango (*Mangifera indica*) y plátano (*Musa paradisiaca*)”. Para la preparación del yogur se efectuó un proceso para el descremado de la leche utilizada a un valor del 3%. Para estimar la vida útil del producto se utilizó el análisis de supervivencia de la distribución Weibull considerando como criterio de falla el 50% de rechazo y las muestras fueron refrigeradas a 3 temperaturas diferentes 5 °C, 15 °C y 25

°C durante un periodo de 0, 24, 48 y 72 horas. Los resultados obtenidos muestran que para el yogur frutado con plátano el rechazo del 50% se obtuvo a las 126, 86 y 27 horas para las temperaturas de 5 °C, 15 °C y 25 °C respectivamente, mientras que para para el yogur frutado con mango el rechazo del 50% se obtuvo a las 217, 94 y 26 horas para las temperaturas de 5 °C, 15 °C y 25 °C respectivamente. Mostrando mayor disconformidad por parte de los consumidores con respecto a fallas en el sabor. Concluyendo que efectivamente el tiempo y temperatura de almacenamiento influyen de forma directa en la aceptabilidad del producto.

De igual forma, se consideró el estudio de Cerna (2016) identificado como “Elaboración de yogurt saborizado con mito (*Carica Candicans Gray*) y su evaluación de estabilidad”, que tuvo como objetivo establecer un procedimiento óptimo para la producción del yogur así como efectuar una evaluación de aceptabilidad la cual se efectuó a través de la *prueba de Jar* en base a tres escalas y se determinó la vida útil a través del análisis de supervivencia de la distribución Weibull utilizando las herramientas estadísticas *Project R*, *Minitab* y *Excel*. Obteniendo como resultado que es necesario adicionar más del 10.7% de pulpa de la fruta para obtener una consistencia del producto adecuada, así mismo se determinó una diferencia significativa entre los consumidores para la aceptabilidad de productos con una concentración de 0,4% y se estableció que el mismo tiene una alta aceptabilidad por parte del consumidor. Finalmente se estipuló que la vida útil para el yogur saborizado fue de 16 días. Conjuntamente se efectuó una evaluación de microorganismos obteniendo que la contabilización de mohos y levaduras fue menor de 5 ufc/ml mientras que para los *coliformes* fue menor de 10 ufc/ml, por lo que se considera apta para el consumo humano.

Adicionalmente, el estudio de Savran, Pérez y Halkman (2018), tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de *salmonella enteritidis* durante el almacenamiento de yogur

a distintas temperaturas (4, 12, 20 y 25 °C) para predecir el comportamiento de esta bacteria según dichas temperaturas. Para este estudio se optó por el modelo de *Geeraerd* como el más adecuado para describir la supervivencia. Para evaluar el efecto de la temperatura de almacenamiento en parámetros cinéticos como la tasa de mortalidad (k_{max}) y se desarrollaron modelos secundarios. El k_{max} fue máxima a 25 °C y mínima a 4 °C con $k_{max} = 0.28$ y 0.039 h^{-1} , respectivamente. Los resultados indicaron que la *salmonella* pudo sobrevivir más tiempo durante el almacenamiento cuando la temperatura era baja (aprox., 304 h a 4 °C, 60 h a 25 °C). Concluyó que el abuso de temperatura puede implicar el crecimiento de microorganismos patógenos y de deterioro, ocasionando una posible contaminación por las bacterias *enteropatógenas* en los productos de yogur, esto representa un riesgo residual que afecta la vida útil y, por ende, la aceptabilidad alimentaria del yogur.

Entre tanto, el estudio de Hoda et al. (2020) se orientó en conocer la Supervivencia de *Lactobacillus helveticus* CNRZ32 en yogur en polvo durante el procesamiento y almacenamiento. Para ello todas las muestras fueron secadas por aspersión a dos temperaturas de aire de entrada específicas de 150 °C y 120 °C, con una temperatura de salida fija de 60 °C. La supervivencia de *L. helveticus* en el yogur en polvo después del secado por aspersión y durante el almacenamiento durante varios meses se evaluó utilizando el recuento bacteriano y el porcentaje de supervivencia como dos criterios principales. Los resultados indicaron que *L. helveticus* CNRZ32 puede sobrevivir durante tres meses en el polvo obtenido mediante secado por atomización a 120 °C. El porcentaje de supervivencia al final de ese período fue de ~80,0 % con un recuento aceptable de 6,0 log ufc/g. Concluyó que estos resultados podrían tener una aplicación potencial en la producción de *L. helveticus* incorporado en el yogur en polvo mediante secado por aspersión para la fortificación de nuevos productos lácteos.

Finalmente, se tiene el estudio de García (2021) identificado como “Determinación de la vida útil del pan de molde libre de *gluten* con quinua (*Chenopodium quinoa*)”, para lo cual se utilizó las variaciones en el tiempo de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas y de aceptabilidad. El producto se elaboró utilizando almidón de papa, harina de quinua, y conservante (*propionato de calcio*). Para la evaluación de las propiedades se almaceno el producto durante 12 días a 25 °C y 80% de humedad relativa y se utilizó las técnicas de modelamiento matemático por migración de humedad y el análisis de supervivencia. Obteniendo como resultado para la primera técnica la vida útil fue superior a los 50 días para el *polipropileno* y a los 43 días para el *polietileno* con una *isoterma de sorción de Oswin* y la vida útil obtenida como resultado del análisis de supervivencia con un factor de falla del 50% fue de más de 5 días para el *polipropileno* y de 3 días para el *polietileno*. Concluyendo que los materiales de empaque ($p < 0,05$) influyeron significativamente en la humedad, aceptabilidad general y vida útil del producto.

2.2. Marco teórico

Vida útil

La vida útil o duración de vida puede definirse como el período de tiempo dentro del cual el alimento se considera seguro para el consumo (Rasane, Jha, & Sharma, 2015). En general, un fabricante intenta desarrollar un producto con la vida útil más larga posible, de acuerdo con el costo, la facilidad de manejo y el uso por parte de distribuidores, minoristas y consumidores (Arioui, Ait, & Cheriguene, 2017).

La duración de vida de un producto alimenticio es un parámetro crítico para determinar la aceptabilidad del consumidor, considerando que una vida útil insuficiente provoca insatisfacción o quejas de los consumidores y esta situación afecta solo la aceptación y venta del producto sino también la marca (Fu & Labuza, 1997). Esta es una razón

suficiente para que los procesadores de alimentos presten una enorme atención a la estabilidad y almacenamiento adecuado del producto.

La duración de vida de la mayoría de los productos comestibles está restringida por cambios en sus cualidades sensoriales. Por lo que, la estimación sensorial de la vida útil de los alimentos en la actualidad es un tema de investigación continua y se ha extendido a los mecanismos de deterioro que ocurren, así como al crecimiento y adelanto de metodologías para su estimación, lo cual resulta fundamental tanto para los consumidores como para los fabricantes (Garitta et al. 2018). Por lo tanto, para extender al máximo los tiempos de comercialización y asegurar la frescura del producto, las empresas de alimentos deben apoyarse en metodologías precisas para la estimación de la vida útil (Gambaro, Ares, & Gimenez, 2006).

Métodos para la estimación de la vida útil sensorial

Podrían usarse varios métodos para determinar la vida útil sensorial de un producto alimenticio. Estas metodologías determinan la vida útil sensorial como el tiempo necesario para que las puntuaciones de aceptabilidad global del producto no caigan por debajo de cierto valor predeterminado, garantizando que, en ese momento, los consumidores aun puedan consumir el producto alimenticio (Gambaro, Ares, & Gimenez, 2006).

Dependiendo del objetivo específico del estudio, los experimentos de vida útil sensorial podrían realizarse aplicando metodologías discriminatorias, descriptivas o afectivas (Giménez, Ares, & Ares, 2012). No importa qué metodología se escoja, la estimación sensorial de vida útil requiere la selección de un criterio de falla o un punto de corte, que corresponde al deterioro máximo que se considera aceptable. En otras palabras, la vida útil sensorial se estima como el tiempo de almacenamiento cuando el producto alcanza

un cierto nivel de deterioro predeterminado, por encima del cual no se puede vender (Garitta et al. 2018).

Hough, Calle, Serrat y Curia (2007) introdujeron este método para la estimación de la vida útil del material alimenticio. El concepto clave del análisis de supervivencia fue enfocar el riesgo de vida útil en el consumidor que rechaza el producto, más que en el deterioro del producto y el panel de consumidores pareció ser la herramienta más apropiada para determinar la vida útil y la calidad de un producto alimenticio. Sin embargo, ensamblar paneles de consumidores para mediciones múltiples repetitivas es poco práctico y costoso.

Por otro lado, un panel sensorial es más adecuado para mediciones repetidas; sin embargo, sus resultados serían más analíticos y no reflejarían la percepción del consumidor. Por lo tanto, al correlacionar los datos del consumidor con los datos obtenidos se podría obtener una estimación justa de la vida útil del producto alimenticio (Meltem, Develi, & Bilge, 2017).

Según Giménez, Ares y Ares (2012) se han utilizado varios criterios de falla al considerar los datos sensoriales:

- Incremento o reducción de la característica promedio de un atributo sensorial.
- Vida de almacenamiento, definida como el tiempo requerido para conseguir una aceptabilidad no deseada.
- Diferencia escasamente perceptible, definida como el tiempo requerido para comparar diferencias derivadas de un producto fresco.
- Desigualdad al confrontar el análisis de perfil inicial con el final.
- Asociar data de forma analítica que nos permita identificar patrones de falla en un determinado tiempo.

- Evaluación general de forma predeterminada que orienta aceptar o rechazar de un producto por parte del consumidor.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es la ciencia que describe cómo nuestros sentidos perciben diferentes alimentos. La evaluación sensorial puede ser humana (descrita por personas que usan sus ojos, oídos, boca) o mecánica (por máquinas que toman medidas) (O'Sullivan, 2017). Al evaluar las características de un producto alimenticio, primero evaluamos su apariencia, luego su olor, textura, consistencia y sabor o gusto, mientras que la reacción a un estímulo sensorial se puede dividir en tres dimensiones diferentes: percepción cualitativa, percepción cuantitativa y reacción hedónica (Yang & Lee, 2019).

Para obtener esa información, se debe utilizar métodos analíticos o afectivos durante la evaluación sensorial (Cruz et al. 2010). El propósito de las pruebas analíticas es evaluar en detalle la calidad sensorial de un producto, mientras que se utilizan pruebas afectivas para medir la aceptabilidad o preferencia de un producto por parte de los consumidores (O'Sullivan, 2017).

El objetivo básico al elegir los métodos de evaluación sensorial es hacer coincidir la prueba correcta con la pregunta correcta que se desea responder. Entre las pruebas analíticas que son evaluadas principalmente por los expertos del panel, se puede utilizar la prueba de discriminación para determinar si existen diferencias sensoriales o similitudes entre productos, sin describir su naturaleza, mientras en la medida en que se conozca la naturaleza de las diferencias entre productos, se puede usar una prueba de clasificación como la *prueba de comparación pareada*, para posicionar diferentes productos de acuerdo con sus características sensoriales. Se puede usar una prueba de clasificación para evaluar diferencias notables entre varios productos dependiendo de la intensidad de la diferencia y se puede usar una prueba de puntuación para evaluar la

intensidad específica de las características sensoriales de los productos (Swiader & Marczevska, 2021).

Los métodos de evaluación sensorial pueden utilizarse para determinar la vida útil de productos alimenticios. Los cambios en las características sensoriales de los productos alimenticios afectan la determinación de su vida útil, frescura y la calidad de un producto son características a las que los consumidores están prestando cada vez más atención (Giménez, Ares, & Ares, 2012).

Análisis de supervivencia

La vida útil de un producto alimenticio no se limita solo a su deterioro físico o químico, sino que es una función compuesta que depende de la interacción del consumidor con el alimento (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007). Por lo tanto, la idea fundamental de la técnica de análisis de supervivencia se centra en determinar el riesgo de vida útil sobre la base de la percepción del consumidor referido a la aceptación o el rechazo del producto, en lugar de su deterioro (Richards, Buys, & Kock, 2016).

El análisis de supervivencia es una rama de la estadística ampliamente utilizada en estudios clínicos, epidemiología, biología, sociología y estudios de confiabilidad (Cruz et al. 2010). Uno de los métodos gráficos para determinar el final de la vida útil de un producto alimenticio fue introducido por Gacula en el año 1975, que implica un diseño de muestreo escalonado (Giménez, Ares, & Ares, 2012).

En esta técnica, se somete el número de muestras a un aumento del tiempo de almacenamiento y dado que todas las muestras pertenecen al mismo lote, el producto se evalúa durante todo el período de almacenamiento hasta que se determina que es inaceptable y los consumidores no capacitados pueden evaluar el producto. Este método se vuelve ventajoso sobre otros métodos como las pruebas de consumidores, donde la

variabilidad de un lote a otro es un problema; y el método de juicio de equipo, donde la evaluación se limita a un equipo familiarizado con el producto (Cardelli & Labuza, 2001).

Esta técnica fue denominada "*Método Weibull Hazard*" y se ha utilizado para determinar la vida útil de muchos alimentos, como el yogur (Cruz et al. 2010), café tostado y molido (Cardelli & Labuza, 2001), quesos mantecosos (Sánchez & Pérez, 2017) y hamburguesas de pescado (Marques, Lise, Lima, & Mitterer, 2020).

La metodología de análisis de supervivencia es una técnica simple que emplea cincuenta o cien individuos para expresar su aceptación o rechazo de diferentes muestras formuladas y/o muestras almacenadas en diferentes condiciones como temperatura, presión, humedad, entre otros, suficiente para estimar la vida útil o una fórmula definida (Garitta et al. 2018).

Una de las ventajas de esta técnica es que la prueba utiliza los datos reales obtenidos del usuario final del producto, lo que proporciona el escenario real del producto de acuerdo con las preferencias del consumidor (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007). No existe una prueba estadística para evaluar la bondad de ajuste de los distintos modelos paramétricos. Por lo tanto, la evaluación visual de cómo los modelos paramétricos se ajustan a la estimación no paramétrica son determinados por la práctica común utilizada para elegir el modelo apropiado (Cruz et al. 2010).

Acción de los conservantes para alargar la vida útil en el yogur

Debido a inconvenientes como la acidez excesiva presente en los procesos de conservación del yogurt, originada por el desarrollo de microorganismos, se hace necesario emplear métodos fisicoquímicos de conservación, sin embargo, sus efectos no siempre son los esperados ya que según Lectong y Quiñonez (2020), las sustancias químicas que se usan como conservantes degradan los nutrientes y por su naturaleza

poseen niveles de toxicidad que representan un riesgo para los consumidores. Asimismo, Loyola (2021) señaló que algunos conservantes dentro de su acción contra el crecimiento de la bacteria *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, tienen como efecto adverso la inhibición de otros beneficios naturales presentes en el yogur.

Deterioro de los alimentos lácteos

De acuerdo con Lupano (2013) los lácteos y principalmente el yogurt, al no contar con la debida protección de la cadena de frío o exponerse a temperaturas descontroladas por mal almacenaje o envasado inapropiado, sufren alteraciones de los componentes de aroma, viscosidad, color y sabor, causando en consecuencia, elevados niveles de acidez, crecimiento de microorganismos y desarrollo de patógenos en su estructura. Dicha alteración según Fernández y García (2010) va contra el marco legal determinado para dicho alimento y se convierte en un riesgo para la salud pública ya que al ser consumido genera daños al tracto digestivo y posibles reacciones alérgicas entre niños, jóvenes y adultos.

Desnaturalización de proteínas, aminoácidos y lípidos

De acuerdo con Mazri (2012) en los productos lácteos las altas presiones son capaces de afectar la estructura de las proteínas causando cambios intramoleculares en los grupos de aminoácidos funcionales, de manera que cuando estos productos son expuestos a presiones superiores a 300 MP a temperatura ambiente, se provocará una desnaturalización de las proteínas lácteas, lo que se conoce también como la *pérdida de la estructura de orden superior*. Estos antecedentes conllevan, según Fernández y Gracia (2010) a la disminución de la calidad y deterioro de alimentos.

Yogur

El yogur es un producto lácteo fermentado con o sin la adición de algún derivado natural de la leche como leche desnatada en polvo, concentrados de suero o nata, con una estructura de gel que resulta de la coagulación de las proteínas de la leche debido al *ácido láctico* secretado por especies definidas de cultivos de bacterias como *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, además, estas bacterias deben ser viables y abundantes en el momento de su consumo (Chandan, Gandhi, & Shah, 2017).

Aunque estas bacterias son las iniciadoras del yogur comunes, durante las últimas décadas se han utilizado varias otras adjuntas además de estas para la producción de yogur, como el *Lactobacillus hel-veticus*, *Lactobacillus casei* y *Lactobacillus jugurti* y varias especies de *Bifidobacterium*. Los avances recientes también incluyen la adición de ciertas bacterias altamente productoras de *exopolisacáridos* para mejorar la textura del yogur (Prasanna, Grandison, & Charalampopoulos, 2015).

Producción de yogur

La producción comercial de yogur implica el tratamiento térmico de la leche que contiene *sólidos extragrados* no grasos de la leche y otros aditivos a 85 °C durante 30 min, enfriamiento a 43 °C e inoculación con cultivo iniciador al 2% de *thermophilus* y *L. delbrueckii ssp. bulgaricus*. La base de yogur inoculada se deja fermentar y coagular mediante incubación a 42 °C durante aproximadamente 4 h hasta alcanzar una acidez del 0,9%. La base de yogur fermentado se enfría a 4 °C para detener el crecimiento adicional del cultivo y el desarrollo de ácido. Esta base forma el material de partida para la producción de yogur con sabor a frutas más popular (Sfakianakis & Tzia, 2015).

Clasificación del yogur

De acuerdo a la norma INEN N° 2395 (2011) se establece la siguiente clasificación al yogur:

- **De acuerdo al contenido graso:**
 - Tipo I: Producido a base de leche entera o integral.
 - Tipo II: Producido a base de leche semidescremada o semidesnatada.
 - Tipo III: Producido a base de leche descremada o desnatada.
- **De acuerdo a los ingredientes utilizados:**
 - Natural: No incluye fruta, azúcar o edulcorantes.
 - Con fruta: Se adiciona pulpa o zumo de fruta naturales.
 - Azucarado: Incluye azúcares comestibles como sacarosa y/o glucosa.
 - Edulcorado: Incluye edulcorantes, tales como sorbitol, sacarina.
 - Con otros ingredientes: Se adicionan otros ingredientes como hortalizas, miel, chocolate, cacao, frutos secos, coco, café, cereales, especias, y otros ingredientes naturales. Cuando se utiliza café el contenido máximo de cafeína será de 200 mg/kg, en el producto final.
 - Saborizado o aromatizado: Se adicionan saborizantes o aromatizantes.
- **De acuerdo al proceso de elaboración:**
 - Yogur batido: Resultado de la inoculación de la leche pasteurizada en tanques de incubación y posterior coagulación, luego se bate y se realiza el envasado.
 - Yogur coagulado o aflanado: Resultado de leche pasteurizada envasada inmediatamente después de la inoculación, por lo que la coagulación en dicho envase.

- Yogur bebible o fluido: Se siguen los mismos pasos del yogur batido, cuya diferencia radica en destruir el coágulo para mantener una forma líquida, antes del envasado.

Atributos de calidad del yogur

Durante la producción del yogur, los cultivos iniciadores crecen y producen ácido láctico. Esto reduce el *pH* por debajo del punto isoeléctrico de las proteínas de la leche y provoca la coagulación, produciendo la estructura característica del gel y contribuyendo al sabor limpio y ácido del producto. Los organismos iniciadores también producen una variedad de otros compuestos de sabor que comprenden ácidos orgánicos volátiles y no volátiles y compuestos *carbonílicos* tales como *acetaldehído*, *acetona*, *acetoína* y *diacetilo* (MacBean, 2010). El yogur fresco está en su mejor momento, durante las primeras semanas de vida útil, después de las cuales hay una reducción perceptible de las características sensoriales. Por ejemplo, un estudio español realizado por Salvador y Fiszman (2005) sobre yogures de leche entera y desnatada con leche descremada mostró un deterioro gradual de las propiedades sensoriales durante un período de almacenamiento de 91 días, de manera que se encontró que la probabilidad de aceptación por parte del consumidor era alrededor del 40% para el yogur de leche entera y solo el 15% para el yogur de leche desnatada después de 91 días de almacenamiento a 10 °C.

Índices de fallo del yogur

Según establece MacBean (2010), los siguientes elementos son responsables de los índices de fallo del yogur:

- **Deterioro microbiano.** Las levaduras y los mohos son los principales agentes del deterioro microbiano del yogur. En los productos de yogur fresco, pueden estar presentes levaduras y mohos debido a la contaminación en las operaciones de procesamiento, incluidas las preparaciones de frutas añadidas, los materiales de

envasado o las operaciones de llenado. Además, si el empaque en sí carece de integridad como resultado de sellos defectuosos, los organismos de descomposición pueden ingresar al producto. No obstante, con un buen control durante la fabricación, la vida útil de los productos de yogur no debe verse limitada por la contaminación por levaduras y mohos. Aun cuando, es inevitable cierto deterioro del producto debido a la acción bacteriana, el resultado normal es un lento desarrollo de sabor a queso. Este sabor puede no ser evidente durante algunas semanas después de la producción, pero en el caso de los productos simples, puede comenzar a manifestarse en un par de semanas.

- **Organismos viables.** Un índice importante de deterioro del yogur fresco es el nivel de organismos viables en el producto. Esto es cierto tanto para los organismos iniciadores básicos del yogur como para los cultivos *probióticos* añadidos. De acuerdo con las regulaciones en varias partes del mundo, el yogur debe contener un cierto nivel de organismos viables, los cuales disminuyen lentamente a lo largo de la vida útil, independientemente del empaque que se utilice.
- **Envejecimiento natural.** La mayoría de los productos de yogur son frescos en lugar de pasteurizados y contienen cultivos vivos y su sabor es delicado y sutil. Por consiguiente, existe un envejecimiento natural del producto durante toda la vida útil debido al metabolismo bacteriano, incluso en un empaque impermeable. Sin embargo, este proceso de envejecimiento puede aumentar si el empaque es permeable a los gases, lo que permite que se escapen los productos volátiles como el *acetaldehído*.
- **Oxidación.** La luz puede afectar el producto generando una oxidación, reduciendo el atractivo visual del producto. Los *pigmentos de antocianina* en frutos rojos y

β-caroteno en productos amarillos son ejemplos de colores cuya decoloración se acelera en presencia de luz.

Beneficios del consumo de yogur

Durante las últimas décadas, la popularidad del yogur ha aumentado en todo el mundo. Esto se atribuye en gran parte a los resultados de las investigaciones que han destacado los beneficios para la salud asociados con su consumo. Además de la creciente conciencia sobre los beneficios para la salud del yogur, la innovación de productos y la disponibilidad de diferentes sabores y tipos de yogur han contribuido significativamente a su mayor consumo en las últimas décadas (Shah & Champagne, 2016).

Además de los beneficios nutricionales, los productos lácteos fermentados también tienen algunos beneficios fisiológicos como la actividad antimicrobiana y la actividad contra las infecciones gastrointestinales, los efectos anticancerígenos y la reducción del colesterol sérico y la estimulación del sistema inmunológico (Madjd et al. 2016).

Las proteínas de la leche son de excelente calidad debido a la gran cantidad de aminoácidos esenciales presentes en las caseínas y proteínas del suero (*α-lactoalbúmina* y *β-lactoglobulina*). El tratamiento térmico de la leche y la acción de las bacterias iniciadoras durante la producción de yogur provocan la degradación de las proteínas de la leche, lo que aumenta el nivel de proteínas solubles, aminoácidos libres y nitrógeno no proteico; incluso el yogur al estilo griego proporciona más proteínas por porción en comparación con el yogur normal (Sfakianakis & Tzia, 2015).

Almacenamiento del yogur

El yogur comercial tiene las siguientes condiciones de almacenamiento y vida útil:

- 11 días a temperatura de 4 °C a 7 °C.
- No romper la cadena de frío.

- No exponer a temperatura ambiente el producto.
- Mantener el envase cerrado.
- Después de abierto el producto consumase en el menor tiempo posible.

Factores que afectan la vida útil del yogur

- **Conservantes**

Los conservantes que se añaden al yogur, por lo general, se trata de aditivos que prolongan la vida útil de alimentos y bebidas evitando el ataque de microorganismos. Técnicamente, los conservantes son productos químicos que se utilizan para envenenar los microorganismos y evitar que los alimentos a los que se agregan se fermenten sin causar ningún efecto dañino a la persona que los consumió.

La natamicina (C₃₃H₄₇NO₁₃) también conocida como *pimaricina* es un compuesto antifúngico poliénico, es un ingrediente alimentario que se ha utilizado en ciertos quesos, salchichas, frutas y en muchas industrias alimentarias; debido a que es ligeramente soluble en agua y otros disolventes orgánicos polares y está aprobada para su uso como tratamiento superficial de alimentos (Juneja, Dwivedi, & Yan, 2012).

Su superioridad sobre otros antifúngicos naturales se ha atribuido a su amplio espectro de actividad antifúngica a bajas concentraciones y a su eficacia sin alteraciones en las características organolépticas de los productos alimenticios tales como queso, yogur, carnes y jugos (Dzibordi, Adubofuor, & Faustina, 2013). Ente ellos, la *natamicina* tiene un amplio espectro de actividad contra los hongos de descomposición y se considera un polvo muy estable con eficacia contra *Aspergillus flavus* y la producción de *aflatoxinas* (Juneja, Dwivedi y Yan (2012).

Las industrias alimentarias que dependen de la fermentación por bacterias han descubierto que la natamicina es muy útil porque no interfiere con los procesos de fermentación o maduración, y se une irreversiblemente a la membrana celular de los hongos debido a su alta afinidad por el *ergosterol*. Esto provoca una hiperpermeabilidad de la membrana que conduce a una rápida fuga de iones y péptidos esenciales y, en última instancia, a la *lisis celular*. Como la membrana bacteriana no contiene esteroides, la *natamicina* no es eficaz contra las bacterias (Adams & Moss, 2008)

Por lo que, la *natamicina* es un conservante antifúngico natural eficaz contra levaduras y mohos, que presenta un amplio espectro de actividad y eficacia a concentraciones muy bajas, destacando que posee una fuerte actividad antifúngica contra los hongos que pueden producir micotoxinas y crear un peligro para la salud pública (Sara, Ekbal, Abdou, & Mohammed, 2014).

El yogur tiene una vida útil limitada, especialmente porque su pH relativamente bajo (3,7 - 4,3) favorece el crecimiento de mohos y levaduras entre las que se mencionan la *Candida parapsilosis*, *Candida diffluens*, *Kluyveromyces marxianus*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Yarrowia lipolytica*, *Zygosaccharomyces bailii* o *Penicillium brevicompactum* (Delavenne et al. 2013). Además, la contaminación por hongos puede conducir a la producción de micotoxinas como las *aflatoxinas*, que causan enfermedades en el hombre (Nwagu & Amadi, 2009).

En el estudio de Var, Guzeler, Kabak y Golge (2004) se ha determinado que varios niveles de *natamicina* (5, 10, 15 y 20 ppm) inhiben por completo el crecimiento de mohos y levaduras durante la vida de almacenamiento, por lo que, desde el punto de

vista microbiológico, extendería la vida útil de los yogures por un periodo superior a 4 meses a 4 ± 1 °C.

En el estudio de El-Sayed, Hagrass, Asker, & Farag (2013) mencionaron que no se detectó crecimiento de mohos en muestras de yogur en presencia de natamicina después de 30 días de almacenamiento, por lo que, se informó que la natamicina demostró ser un agente antifúngico adecuado y eficaz, que aumenta la vida útil del yogur sin cambiar sus características organolépticas. Los resultados positivos de las puntuaciones sensoriales globales coincidieron con los obtenidos por Misirlilar, Kinik y Yerlikaya (2012), destacando que esto podría atribuirse al hecho de que la *natamicina* mejora la calidad de conservación además de prevenir el crecimiento de levaduras y mohos hasta el final del tiempo de almacenamiento.

Así mismo, estos resultados concuerdan con los hallazgos del estudio de Sara, Ekbal, Abdou y Mohammed (2014) en el que estimaron que el yogur tratado con *natamicina* 10 ppm podría extender la vida útil hasta 40 días con buenas características de evaluación sensorial durante el período de almacenamiento en refrigeración.

- **Temperatura**

El tiempo de almacenamiento y la temperatura pueden afectar la supervivencia bacteriana, por lo que la manipulación de la temperatura ambiental podría ser útil para reducir la pérdida de bacterias viables (Yang et al. 2018). En general, las altas temperaturas disminuyen de manera importante la viabilidad de los microorganismos (Mani, Palou, & López, 2014), mientras que las bajas temperaturas, como la refrigeración, son mejores para la supervivencia de ciertos probióticos (Champagne, Ross, Saarela, Flemming, & Charalampopoulos, 2011).

En este sentido, Cais y Pikul (2001) notaron un deterioro de las características sensoriales del yogur junto con la extensión del tiempo de almacenamiento, demostrando que existe un efecto significativo de la temperatura sobre la calidad del yogur. Obteniendo que, durante el período de almacenamiento de 4 semanas en condiciones refrigeradas, se indicó que la calidad del yogur natural disminuyó. Observando además que el almacenamiento del yogur natural a 2 temperaturas diferentes tiene una influencia significativa en su calidad después de 2 semanas. En consecuencia, se recomendó que para obtener una mejor calidad del yogur durante un período de 4 semanas es fundamental mantenerlo en una temperatura refrigerada más baja. Sin embargo, según la investigación realizada por Chougrani et al. (2009), el tiempo de almacenamiento tuvo un efecto positivo en el sabor del yogur elaborado con leche descremada dado que fue el que obtuvo la mejor calificación.

Finalmente, en el estudio de Jakubowska y Karamucki (2019) el tiempo y la temperatura de almacenamiento fueron los factores que diferenciaron la calidad sensorial del yogur, obteniendo que aquellos almacenados a una temperatura más baja fueron más aceptados sensorialmente en comparación con los que se mantuvieron a una temperatura más alta; destacando que aspectos como sabor, aroma, textura o color fueron el reflejo de su calidad y juegan un papel determinante en la elección final de los productos por parte del comprador.

2.3. Definición de términos básicos

- Evaluación sensorial: es la ciencia que describe cómo nuestros sentidos perciben diferentes alimentos (O'Sullivan, 2017).
- Metodología de análisis de supervivencia Weibull: es una técnica simple que se emplea para expresar la aceptación o rechazo de diferentes muestras formuladas y/o muestras almacenadas en diferentes condiciones como temperatura, presión,

humedad, entre otros, suficiente para estimar la vida útil o una fórmula definida (Garitta et al. 2018).

- Vida útil: se define como el período de tiempo en condiciones de almacenamiento definidas dentro del cual un alimento sigue siendo aceptable para el consumo humano en términos de su seguridad, atributos nutricionales y características sensoriales (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007).
- Yogur: se define como un producto lácteo fermentado obtenido de la coagulación de la leche por la acción de organismos de los tipos *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*, pudiendo estar presente *Lactobacillus acidophilus* (Tanzilur, Abu Zubair, & Chakma, 2020).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Datos Geográficos:

Cajamarca se encuentra ubicada en el norte del Perú, a una altitud de 2750 msnm y a 856 km de Lima, la capital peruana. Limita por el norte con la República de Ecuador, por el sur con el departamento de La Libertad, por el este con el departamento de Amazonas y por el oeste con los departamentos de Piura y Lambayeque.

El límite más importante de este departamento está marcado hacia el este por la cuenca del río Marañón, que lo separa de Amazonas.

La situación geográfica de Cajamarca, cerca de la línea ecuatorial, ha modificado completamente su sistema de vida y la fecundidad de sus suelos es realmente grande. La región está ubicada en el lecho de un lago prehistórico.

Datos Climatológicos:

El clima de Cajamarca es templado, moderadamente lluvioso y con amplitud térmica moderada.

La media anual de temperatura máxima y mínima es de 21.6 °C y 5.6°C, respectivamente.

La precipitación más alta y baja es de 238mm y 20mm y estos son en marzo y agosto, respectivamente.

La humedad relativa más alta y baja es de 87% y 68% y estos son en marzo y agosto, respectivamente.

El mes con más sol es octubre, con un promedio de insolación y el mes con menos sol es marzo, con un promedio de insolación: 5h and 54.

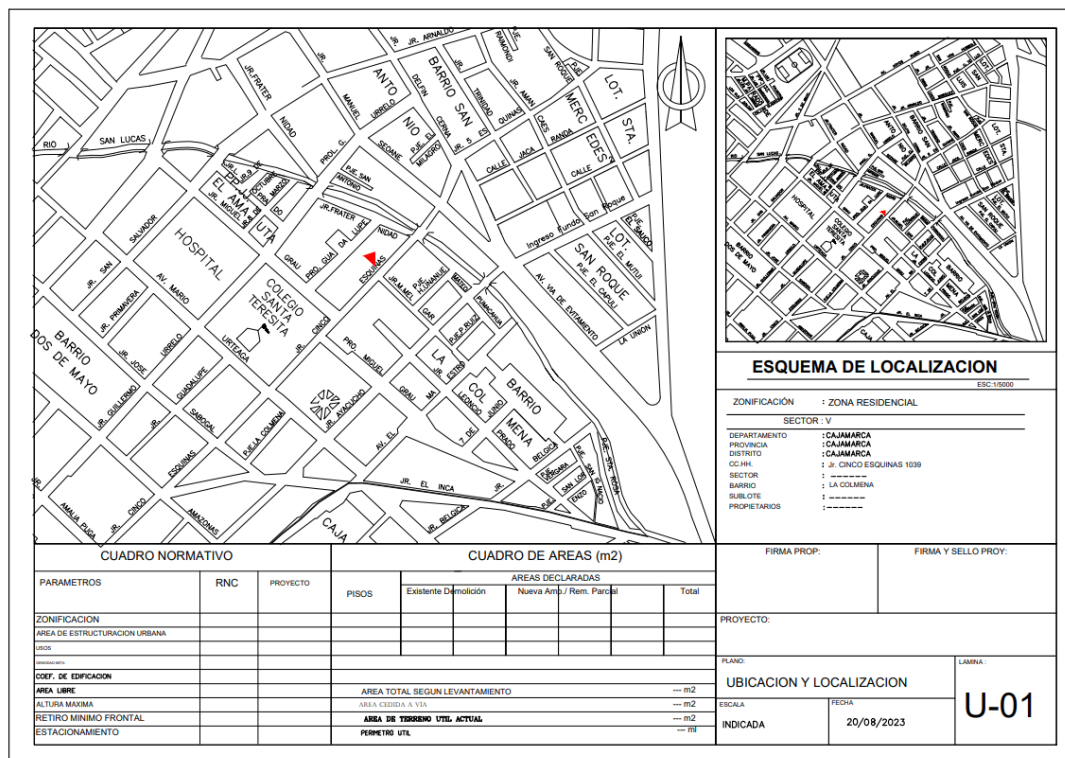
Localización:

El análisis físico-sensorial de la investigación se llevó a cabo en el mes de agosto, en la dirección Jr. Cinco esquinas N°1039, lugar donde se realiza la elaboración de productos lácteos Milsky S.A.

Mapa:

Figura 1

Plano de ubicación y localización



Nota. Elaboración propia, 2022

3.2. Materiales

Materia Prima

- Yogur casero con conservante y sin conservante, elaborado por productos lácteos Milsky S.A.
- Leche de vaca entera, del establo Fleivick.

- Cultivo de nombre comercial Yo-flex.
- Natamicina al 0.02%.
- Materiales y Equipos
- Colador.Cocina eléctrica.
- Termómetro de mercurio para cocina.
- Caja de triplay que contiene en su interior tecnopor y focos de color amarillo.
- Batidor.
- Refrigerador.

Materiales y Equipos para la Evaluación Sensorial

- Muestras de yogur.
- Mesa.
- Charolas de plástico.
- Vasos de No.0.
- Cucharas de diferentes tamaños.
- Etiquetas.
- Hojas de evaluación.
- Vasos de vidrio.
- Lapiceros.
- Marcadores permanentes.
- Refrigerador.

Otros Materiales Experimentales

- Laptop.
- Memoria USB de 4 GB.

- Cámara fotográfica digital.
- Útiles de escritorio.

3.3. Metodología

Muestra

La muestra estuvo compuesta por 4 tratamientos de yogur casero con conservante y sin conservantes expuesto a temperatura ambiente (13°C) y 5°C sometido a diferentes tiempos de almacenamiento.

Tipo, diseño y método de investigación

Tipo de investigación

La presente investigación según su finalidad y diseño interpretativo, se puede catalogar como aplicada, dado que los hallazgos del estudio permitió responder preguntas específicas para un problema práctico, que en este caso correspondió a la determinación de la vida útil sensorial del yogur artesanal sustentado en el modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull, estableciendo el periodo de caducidad del producto en el cual se cumple con los requerimientos sensoriales de los consumidores.

Según la naturaleza de los datos, el mismo el cuantitativo dado que a través de las pruebas sensoriales y de aceptabilidad, se obtuvo data numérica la cual fue analizada y procesada para determinar la vida útil sensorial del producto.

Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolla en cuatro fases, descritas a continuación:

Fase I: Preparación del producto

Consiste en acompañar la preparación del yogur según el procedimiento que aborda la empresa Milsky S.A. para la producción de yogur casero; una vez obtenido el producto

final con conservante y sin conservantes serán preparadas muestras separadas para ser almacenadas a temperatura ambiente (13°C) y 5 °C (refrigeración).

Fase II: Aplicación de las pruebas de perfil sensorial

Se efectuó una evaluación de perfil sensorial del producto por un panel compuesto por 8 jueces, que analizarán sabor, color, textura, olor y apariencia en base a la escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 1 representa “Me gusta extremadamente” y 9 “Me disgusta extremadamente”, con muestras almacenadas con un periodo de producción de 1, 6, 12 y 18 días y expuestas a condiciones con conservante y sin conservante; además de ser sometidos a temperatura ambiente (13°C) y 5 °C. Para la evaluación de perfil sensorial todas las mediciones se realizarán a las 10:00 a.m. y se utilizará el análisis estadístico de varianza ANOVA con el uso del software estadístico Infostat.

Fase III: Evaluación de aceptabilidad y criterios de falla

Las muestras con conservante y sin conservante que fueron almacenadas a temperatura ambiente (13°C) y 5 °C, estas serán valoradas por un panel de evaluadores compuesto por 50 consumidores, a los cuales se les dará a probar las muestras en el horario establecido de 10:00 a.m. bajo las condiciones previamente almacenadas con un periodo de producción de 1, 4, 7, 10, 13, 16, 18 días y se solicitó contestar las siguientes preguntas: ¿Usted consumiría este producto? ¿Sí o No? Los hallazgos obtenidos servirán para determinar la aceptación y los criterios de falla, que para este caso vendrían a representar los rechazos.

Fase IV: Estimación de la vida útil sensorial

A partir de la información recolectada previamente, se procederá a obtener las características de las funciones de la distribución de Weibull y posteriormente se

efectuará el ploteo del gráfico lineal y exponencial lo que permitirá determinar la vida útil sensorial del producto.

Método de investigación

El método de investigación asociado al presente estudio corresponde al científico, el cual implica desarrollar y probar teorías desde una perspectiva objetiva y crítica, basado en la observación sistemática y la obtención de datos cuantitativos que apoyados en el desarrollo de procesos lógicos permiten obtener una solución al problema del científico planteado, estos procesos incluyen la inducción, que identifica similitudes dentro del fenómeno, hecho o principio en estudio, por lo que, se hacen amplias generalizaciones a partir de observaciones específicas y la deducción que identifica una particularidad por su semejanza con un conjunto de hechos aceptados lo que permite probar las hipótesis y teorías planteadas.

VARIABLES, NIVELES Y TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de las Variables

VARIABLES	Tipo	Dimensiones	Indicadores	Método y Técnica
Vida útil sensorial (Y)	Dependiente	Tiempo	Días	Modelo paramétrico de Weibull
Parámetros de producción del yogur (X₁)		Temperatura de almacenamiento y uso de conservantes.	T (°C) y natamicina al 0.02%.	Análisis estadístico de la prueba sensorial con escala hedónica de 9 puntos.
Aceptabilidad (X₂)	Independiente	Atributo sensorial.	Sabor, color, textura, olor, apariencia.	Prueba sensorial y de aceptabilidad.
Criterio de falla (X₃)		Atributo sensorial.	Funciones características de la distribución de Weibull.	Modelo paramétrico de Weibull.

Fuente. Elaboración propia, 2022.

Niveles

Prueba de aceptabilidad

Para la prueba de aceptabilidad, se entregará a los consumidores una encuesta (Ver Anexo 1) que contendrá la siguiente pregunta: ¿Usted consumiría este producto? ¿Sí o No? Y los hallazgos obtenidos, se analizarán a través de la Metodología de Supervivencia para cuantificar la tasa de rechazos y posterior estimar la vida útil de la muestra de yogur apoyado en el modelo paramétrico de Weibull.

Prueba sensorial

Se invitó a consumidores habituales del producto, para que evalúen aspectos relacionados con el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad sensorial para cada una de las cuatro muestras de yogur en vasos de 10 ml (con conservante y sin conservante refrigeradas a temperatura ambiente (13°C) y 5 °C. Para la recolección de información se fijó un horario establecido para la el total de mediciones (10:00 a.m.); haciendo uso de la escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 1 representa “Me gusta extremadamente” y 9 “Me disgusta extremadamente, para luego realizar el análisis estadístico de varianza ANOVA con el uso del software estadístico Infostat.

Tratamiento y análisis de datos

El análisis estadístico para evaluar el color, olor, sabor, textura y aceptabilidad sensorial se realizó a través de un software estadístico y se efectuó en base a un análisis de varianza ANOVA, para evaluar la aceptación de la muestra y en relación a la vida útil del yogur a continuación se describe el procedimiento estadístico utilizado en el presente estudio.

Determinación de la aceptabilidad y de la vida útil sensorial del yogur artesanal

Determinación de la aceptabilidad o rechazo del yogur artesanal

Para calcular la aceptabilidad o rechazo del yogur expuesto a las diferentes condiciones de temperatura y uso o no de conservante, se establecieron rangos de medición para los días 1, 4, 7, 10, 13, 16 y 18, que fueron evaluados por un panel compuesto por 50 personas, mediante una encuesta que califica con SI o NO la aceptabilidad o rechazo del producto. Además, se estableció un criterio de falla de 50%.

Determinación de la vida útil sensorial del yogur artesanal

Para el análisis de los datos, estos se organizarán para cada consumidor, los datos de aceptación/ rechazo se incluyen en una fila que indica sí aceptó (Sí) o rechazó (No) la muestra de cada tiempo de almacenamiento.

A los consumidores se les presentarán cuatro muestras con diferentes tiempos de almacenamiento, lo que permitirá identificar tres tipos de censura. Si el consumidor rechaza la muestra en el primer tiempo de almacenamiento considerado, no se observa la vida útil para ese consumidor (T) ya que es más corto que el primer tiempo de almacenamiento ($T \leq t_1$) y los datos se dejan censurados. Si un consumidor acepta consumir la muestra almacenada para t_2 y rechaza la muestra almacenada para t_3 , el momento exacto en el que rechaza el producto (es decir, la vida útil) ocurre entre t_2 y t_3 ($t_2 < T < t_3$) y los datos están censurados por intervalos. Finalmente, si un consumidor acepta todas las muestras, entonces no se observa rechazo, por lo que, la vida útil es mayor que el último tiempo de almacenamiento considerado ($T > t_3$) y los datos están correctamente censurados.

Por lo que, la vida útil sensorial se estima considerando los datos de aceptación/ rechazo de cada consumidor individual. Al definir una variable aleatoria T como el tiempo de almacenamiento en el que un consumidor rechaza la muestra, la función de supervivencia $S(t)$ se puede definir como la probabilidad de un consumo que acepta un producto almacenado durante un período de tiempo superior a t , es decir, $S(t) = P(T > t)$. Alternativamente, la función de distribución acumulativa $F(t)$ se puede definir como la probabilidad de que un consumidor rechace un producto almacenado por un período de tiempo más corto que t , es decir $F(t) = P(T \leq t)$. $F(t)$ se puede interpretar como la proporción de consumidores que rechazarán un producto alimenticio almacenado por un período de tiempo menor que t (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007).

La vida útil sensorial del yogur se evaluó mediante la Metodología de Supervivencia, aplicando la distribución Weibull, apoyados en un *software* estadístico, esta metodología se enfoca en el rechazo del producto por parte del consumidor. Para realizar la determinación de vida útil por análisis supervivencia se usó la siguiente secuencia propuesta por Hough, Calle, Serrat y Curia (2007):

- Evaluación sensorial.
- Ajuste de datos para la distribución Weibull y determinación de parámetros.
- Determinación de la bondad de ajuste.
- Determinación del valor esperado.
- Determinación del intervalo de confianza.
- Determinación de las funciones características de la distribución de Weibull.

En este sentido, según el estudio de Cruz et al. (2010) se establece lo siguiente:

- T : variable aleatoria, que representa el tiempo de almacenamiento del yogur que resulta en el rechazo de la muestra por parte del consumidor.

- F (T): función de rechazo; que representa la probabilidad de que el consumidor rechace el yogur por debajo del tiempo t, es decir, $F(t) = P (T \leq t)$.
- S (T): función de supervivencia; probabilidad de que un consumidor acepte el yogur después del tiempo t, es decir, $S (t) = P (T > t)$.

En la distribución Weibull para T, la función de rechazo viene dada por:

$$F(t) = 1 - \exp \left[-\exp \left(\frac{\ln(t) - \mu}{\sigma} \right) \right] \text{ (Ec. 1)}$$

$$F(t) = 1 - \exp \left[-\left(\frac{t}{\alpha} \right)^\beta \right] \text{ (Ec. 2)}$$

Dónde:

F (t) es la función de fallo o rechazo;

t es el tiempo (días, horas, etc.);

μ y σ son los parámetros del modelo;

β es el parámetro de forma;

α es el parámetro de escala.

Con las ecuaciones (1) y (2) se obtienen las siguientes relaciones:

$$\sigma = \frac{1}{\beta} \text{ (Ec. 3)}$$

$$\mu = \ln(\alpha) \text{ (Ec. 4)}$$

Se calcularán los parámetros de estimación de Weibull α y β (con sus errores estándar). Los valores de α y β para las muestras almacenadas a temperatura ambiente y 5° C. Usando estos parámetros, se determinará la gráfica de la función de rechazo (F (t)) en función del tiempo y se estimará la vida útil sensorial del yogur con conservante y sin conservante, según el porcentaje de rechazo obtenido. Estos valores β y α serán analizados para conocer la confiabilidad del ajuste del modelo.

Una vez que se obtiene la función de verosimilitud para un modelo dado, se puede utilizar un software especializado para estimar los parámetros (μ y σ) que maximizan la función de verosimilitud para el conjunto de datos experimentales dados, para eso se ensayan los diferentes modelos paramétricos y se realiza una evaluación visual de cómo se ajustan a la estimación no paramétrica (Hough, Calle, Serrat, & Curia, 2007).

Para estimar la vida útil, se debe elegir la probabilidad de que un consumidor rechace un producto ($F(t)$). Varios estudios sobre modelos de predicción de la vida útil utilizaron un rechazo del 25% (Gambaro, Ares, & Gimenez, 2006) mientras que Cruz et al. (2010) en un estudio similar utilizando yogur probiótico, determino su vida útil, considerando un 25% de probabilidad de que lo rechace. Teniendo en cuenta que pocos consumidores probarán el producto cerca del final de su vida útil, y que de los pocos que lo hacen, el 75% todavía encontrarán aceptable el producto, este valor de $F(t) = 25\%$ parece razonable desde un punto de vista práctico.

Sin embargo, se han consideraron rechazos del 25% como del 50% en varios estudios. Por lo que, en el presente estudio, se utilizará el rechazo del 50% para estimar la vida útil del yogur en consonancia con el estudio de Fu y Labuza (1997), considerando que es un criterio más equitativo y ajustado a la realidad del consumidor, para validar la vida útil del producto.

Presentación de la información

La información obtenida como resultado de los análisis efectuados, será presentada según corresponda, a través de tablas, figuras y análisis descriptivos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factores que afectan la vida útil sensorial del yogur

Para determinar si la adición de conservantes y la temperatura afectan la vida útil sensorial del yogur se valorarán los atributos como: sabor, olor, color, apariencia y textura del producto para los días 1, 6, 12 y 18 de fabricación, con la finalidad de determinar diferencias entre los tratamientos a los que fueron sometidos se efectúa un análisis estadístico sobre la variabilidad los atributos del yogur en el tiempo, dicha determinación de diferencias fue calificado por un panel de expertos. En este sentido, se aplicó el estadístico ANOVA, utilizando el software estadístico *Infostat* y para el análisis se consideraron las siguientes hipótesis:

- H_0 (hipótesis nula) = No existe diferencias entre los grupos.
- H_1 (Hipótesis alternativa) = Existe diferencias entre los grupos.

Estableciendo que si $F_t < F_c$ que el σ de significancia que corresponde a 0,05, se rechaza la hipótesis nula y en consecuencia se acepta a la hipótesis alternativa. Obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 2

Análisis de Varianza para el Atributo de Sabor

F de V	SC	GL	CM	Fc	Ft 5%
Modelo	65,63	3	21,88	5,47	0,0015
Tratamiento	65,63	3	21,88	5,47	0,0015
Error	496,25	124	4,0		
Total	561,88	127			

Nota. F de V= fuente de la variable; SC= suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=medias de cuadrados; Fc= estadístico de contraste F y Ft= Nivel de significación alfa tabulada (5).
Elaboración propia, 2022.

Según los resultados observados el valor de Ft es menor de 0,05 por lo que, se rechaza la Ho, concluyendo que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el atributo de sabor.

Tabla 3

Análisis de Varianza para el Atributo de Color

F de V	SC	GL	CM	Fc	Ft 5%
Modelo	0,19	3	0,06	2,10	0,1034
Tratamiento	0,19	3	0,06	2,10	0,1034
Error	3,69	124	0,03		
Total	3,88	127			

Nota. F de V= fuente de la variable; SC= suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=medias de cuadrados; Fc= estadístico de contraste F y Ft= Nivel de significación alfa tabulada (5%).

Elaboración propia, 2022.

Según los resultados observados el valor de Ft es mayor de 0,05 por lo que, se acepta la Ho, concluyendo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el atributo de color.

Tabla 4

Análisis de Varianza para el Atributo de Olor

F de V	SC	GL	CM	Fc	Ft 5%
Modelo	8,15	3	2,72	6,31	0,0005
Tratamiento	8,15	3	2,72	6,31	0,0005
Error	53,34	124	0,43		
Total	61,49	127			

Nota. F de V= fuente de la variable; SC= suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=medias de cuadrados; Fc= estadístico de contraste F y Ft= Nivel de significación alfa tabulada (5%).

Elaboración propia, 2022.

Según los resultados observados el valor de Ft es menor de 0,05 por lo que, se rechaza la Ho, concluyendo que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el atributo de olor.

Tabla 5

Análisis de Varianza para el Atributo de Apariencia

F de V	SC	GL	CM	Fc	Ft 5%
Modelo	0,21	3	0,07	1,90	0,1334
Tratamiento	0,21	3	0,07	1,90	0,1334
Error	4,59	124	0,04		
Total	4,80	127			

Nota. F de V = fuente de la variable; SC= suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=medias de cuadrados; Fr= estadístico de contraste F y Ft= Nivel de significación alfa tabulada (5%).

Elaboración propia, 2022.

Según los resultados observados el valor de Ft es mayor de 0,05 por lo que, se acepta la Ho, concluyendo que no existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el atributo de apariencia.

Tabla 6

Análisis de Varianza para el Atributo de Textura

F de V	SC	GL	CM	Fc	Ft 5%
Modelo	131,34	3	43,78	27,22	<0,0001
Tratamiento	131,34	3	43,78	27,22	<0,0001
Error	199,47	124	1,61		
Total	330,80	127			

Nota. F de V = fuente de la variable; SC= suma de cuadrados; GL=grados de libertad; CM=medias de cuadrados; Fr= estadístico de contraste F y Ft= Nivel de significación alfa tabulada (5%).

Elaboración propia, 2022.

Según los resultados observados el valor de Ft es menor de 0,05 por lo que, se rechaza la Ho, concluyendo que existe diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos para el atributo de textura.

Por lo que se demuestran diferencias estadísticas significantes en el yogur para el tratamiento a temperatura ambiente (13°C) y a 5°C y con conservante y sin conservante, para cada una de las variables analizadas como sabor, olor y textura; mientras que no existen diferencias estadísticamente significantes para las variables como color y apariencia al día 18 de fabricación.

Discusión 1

Los resultados obtenidos relacionados al primer objetivo específico *Establecer los factores que afectan la vida útil sensorial del yogur* demuestran similitud con lo observado en la investigación de Mataragas, Dimitriou, Skandamis y Drosinos (2011) quienes analizaron como se afectaba la vida útil del yogur (con frutas) influenciada por su almacenaje a distintas temperaturas (5 - 20 °C), donde observaron un aumento de la *acidez titulable* y una reducción del pH, lo que les permitió establecer predicciones de vida útil sobre yogur almacenado en condiciones de temperatura constante. De igual forma, se valoraron los resultados de Lázaro (2016) en su estudio sobre la vida útil del yogurt, determinados por pruebas aceleradas y estadística de supervivencia, donde, al igual que los resultados del presente estudio evidenciaron que la variación de la temperatura afecta gradualmente los indicadores de *vida útil*, así como los porcentajes de rechazo por parte de los consumidores, tal como se observó en las pruebas sensoriales de este estudio para las variables analizadas de sabor, olor, y textura al demostrar diferencias estadísticas significativas.

4.2. Aceptabilidad del yogur artesanal a distintas temperaturas de almacenamiento y el uso de conservantes

Para calcular la aceptabilidad o rechazo del yogur expuesto a las diferentes condiciones de temperatura y uso o no de conservante, se establecieron rangos de medición para los días 1, 4, 7, 10, 13, 16 y 18, que fueron evaluados por un panel compuesto por 50 personas, mediante una encuesta que califica con SI o NO la aceptabilidad o rechazo del producto. Además, se estableció un criterio de falla del 50% para la valoración del rechazo. Obteniendo los resultados que se muestran a continuación:

Tabla 7

Cantidad de Rechazos según el Tipo de Tratamiento

Fabricación	Sin conservante			Con conservante	
	Temperatura	Ambiente	5°C	Ambiente	5°C
	Tratamientos	T1	T2	T3	T4
Días	1	0	0	0	0
	4	0	0	0	0
	7	3	3	1	1
	10	15	4	2	2
	13	18	9	8	4
	16	21	18	15	10
	18	38	29	28	26

Nota. Elaboración propia, 2022.

La Tabla 7, muestra los niveles de rechazo por parte de los consumidores del yogur sometido a los distintos tipos de tratamientos: temperatura ambiente (13°C) y 5°C, con uso de conservante o no; y que como se espera estos son mayores en función del tiempo de fabricación transcurrido. Evidenciando una mayor aceptabilidad al día 18 de evaluación para el tratamiento 4, seguido de los tratamientos 3, 2 y 1 respectivamente, respetando el criterio de falla del 50%.

Adicionalmente, se determinó la aceptabilidad para los diferentes tratamientos, en base a las respuestas aportadas por el panel de expertos, en el consumo del producto

inmediatamente después de su producción (día 1) y al día 18, considerando la escala hedónica estructurada de 9 puntos, donde 9 representa “Me disgusta extremadamente” y 1 “Me gusta extremadamente”. En este sentido, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8

Aceptabilidad General Media Obtenida para los Tratamientos Consumidos al Día 1

Fabricación	Sin conservante		Con conservante	
Temperatura	Ambiente	5°C	Ambiente	5°C
Atributo	T1	T2	T3	T4
Sabor	1	1	1	1
Color	1	1	1	1
Olor	1	1	1	1
Apariencia	1	1	1	1
Textura	1	1	1	1

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según se observa en la Tabla 8, la media de valoración para cada uno de los atributos evaluados permanece en 1 “Me gusta extremadamente” para todos los atributos evaluados. Posteriormente se evaluaron los niveles de aprobación para los tratamientos a los 18 días de producido el yogur, con el fin de identificar cambios en la aceptabilidad de los consumidores, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 9

Aceptabilidad General Media Obtenida para los Tratamientos Consumidos en el día 18

Fabricación	Sin conservante		Con conservante	
Temperatura	Ambiente	5°C	Ambiente	5 °C
Atributo	T1	T2	T3	T4
Sabor	7,875	4,625	6	3,375
Color	1,375	1	1,125	1
Olor	3,5	1,125	2,25	1
Apariencia	1,375	1	1,25	1
Textura	6,125	1,25	5	1

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según se observa en la Tabla 9, la media de valoración para cada uno de los atributos evaluados se incrementó, no obstante, se detecta una preferencia de los consumidores por el tratamiento 4 que corresponde al yogur que contiene conservante, seguido del tratamiento 2 que no contiene conservante y que al igual que el anterior se mantuvo en una temperatura de 5°C hasta los 18 días de fabricación. Mientras que se evidencia un cierto nivel de disgusto por parte de los consumidores para el tratamiento 3 que corresponde al yogur con conservante y para el tratamiento 1 que es yogur sin conservante, y que al igual que el anterior se mantuvo a temperatura ambiente (13°C) hasta los 18 días de fabricación.

Discusión 2

En base a los resultados obtenidos relacionados con el segundo objetivo específico *Determinar la aceptabilidad del yogur artesanal a distintas temperaturas de almacenamiento y con el uso de conservantes* se logró establecer que los consumidores son sensibles a los cambios que se producen en el yogur como resultado del almacenamiento a diferentes temperaturas y el uso de conservantes, los cuales son factores que amplifican la vida útil del yogur. Este resultado obtenido se contrasta con el de Hoda et al. (2020), donde comprobaron que el porcentaje de *Lactobacillus helveticus* CNRZ32 en el yogur en polvo durante su almacenamiento a una temperatura de salida fija de 60 °C tuvo un recuento aceptable (de 6,0 log ufc/g) así que incorporar *L. helveticus* en el yogur en polvo permitió aumentar su vida útil, siendo esto muy positivo para la fortificación de nuevos productos lácteos. Esto también evidenció similitud con García (2021), donde el porcentaje de vida útil del producto: *pan de molde*, obtenida como resultado del análisis de supervivencia con un factor de falla del 50% fue de más de 5 días para el *polipropileno* y de 3 días para el *polietileno*, además evidencian que los materiales de empaque influyeron significativamente en la humedad, aceptabilidad general y vida

útil del producto. Todo ello demuestra la variabilidad de factores que tienen influencia sobre la vida útil de los alimentos tratados con conservantes.

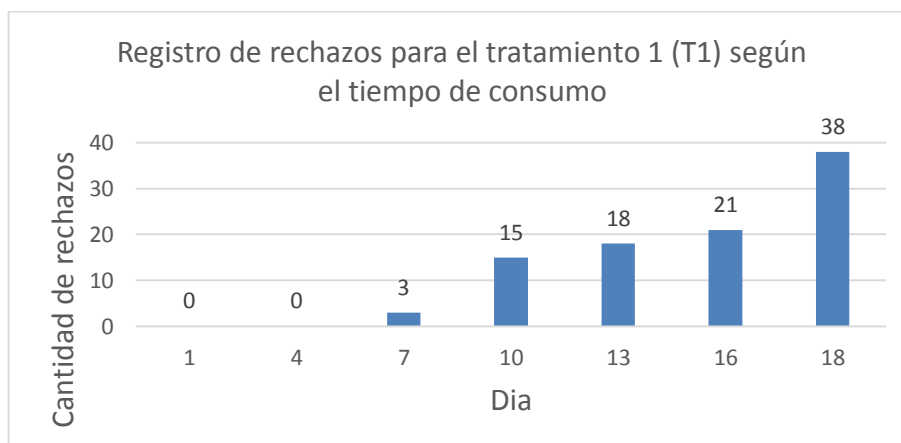
4.3. Estimación de la Vida Útil Sensorial

Con los hallazgos del análisis anterior, se procedió a organizar los resultados obtenidos en la evaluación de aceptabilidad, contabilizando la cantidad de rechazos para cada tratamiento, tal y como se muestra en la Tabla 7, para luego realizar la evaluación de la vida útil sensorial en función a la distribución de Weibull.

A continuación, en la Figura 2 se muestran los rechazos obtenidos para el primer tratamiento sin conservante y almacenado a 5°C:

Figura 2

Registro de Rechazos para el Tratamiento 1 (T1) según el Tiempo de Consumo



Nota. Elaboración propia, 2022.

La figura 2, muestra el comportamiento esperado con un aumento significativo en la cantidad de rechazos de los consumidores cuando se incrementan los días de almacenamiento, para el caso del tratamiento 1 que corresponde al yogur almacenado a temperatura ambiente (13°C) y sin uso de conservantes; en el que se observa un aumento importante del rechazo.

Posteriormente para determinar el tiempo de vida útil, los resultados de la cantidad de rechazos se tabularon según los días en que se detectó el rechazo y se repitió según la cantidad de rechazos en los días correspondientes, como se muestra a continuación:

Tabla 10

Cuantificación de la Cantidad de Rechazos por Consumidor para el Tratamiento 1 (T1)

DIA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	
1	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+	+	94	+		+	+	+	+	92	+	+	+	+	+	+
10	+	+	91	+	90	+	89	+	+		+	+	+	+	80	+	+	79	78	77	
13	+	77	76	+	75	+	74	+	+		64	+	+	+	63	+	+	62	61	60	
16	+	59	58	+	57	56	55	+	+		43	+	+	+	42	+	+	41	40	39	
18	38	37	37	+	35	34	33	+	+		7	6	+	+	5	+	4	3	2	1	

Nota. Elaboración propia, 2022.

A continuación, los datos se organizaron en rango K en orden inverso a su tiempo de fallo para la determinación de los valores de H:

Tabla 11

Cuantificación del Rango y Riesgo Acumulado para el Tratamiento 1 (T1)

K	día	H	ΣH	log (t)	log (H/100)
95	7	1,05	1,05	0,84510	-1,9777
94	7	1,06	2,12	0,84510	-1,6744
93	7	1,08	3,19	0,84510	-1,4960
92	10	1,09	4,28	1,00000	-1,3687
91	10	1,10	5,38	1,00000	-1,2694
90	10	1,11	6,49	1,00000	-1,1878
89	10	1,12	7,61	1,00000	-1,1185
88	10	1,14	8,75	1,00000	-1,0581
87	10	1,15	9,90	1,00000	-1,0044
86	10	1,16	11,06	1,00000	-0,9562
85	10	1,18	12,24	1,00000	-0,9123
84	10	1,19	13,43	1,00000	-0,8720
83	10	1,20	14,63	1,00000	-0,8347
82	10	1,22	15,85	1,00000	-0,7999
81	10	1,23	17,09	1,00000	-0,7673
80	10	1,25	18,34	1,00000	-0,7367

K	día	H	ΣH	log (t)	log (H/100)
79	10	1,27	19,60	1,00000	-0,7077
78	10	1,28	20,88	1,00000	-0,6802
77	13	1,30	22,18	1,11394	-0,6540
76	13	1,32	23,50	1,11394	-0,6289
75	13	1,33	24,83	1,11394	-0,6050
74	13	1,35	26,18	1,11394	-0,5820
73	13	1,37	27,55	1,11394	-0,5598
72	13	1,39	28,94	1,11394	-0,5385
71	13	1,41	30,35	1,11394	-0,5178
70	13	1,43	31,78	1,11394	-0,4979
69	13	1,45	33,23	1,11394	-0,4785
68	13	1,47	34,70	1,11394	-0,4597
67	13	1,49	36,19	1,11394	-0,4414
66	13	1,52	37,71	1,11394	-0,4236
65	13	1,54	39,25	1,11394	-0,4062
64	13	1,56	40,81	1,11394	-0,3893
63	13	1,59	42,40	1,11394	-0,3727
62	13	1,61	44,01	1,11394	-0,3565
61	13	1,64	45,65	1,11394	-0,3406
60	13	1,67	47,31	1,11394	-0,3250
59	16	1,69	49,01	1,20412	-0,3097
58	16	1,72	50,73	1,20412	-0,2947
57	16	1,75	52,49	1,20412	-0,2799
56	16	1,79	54,27	1,20412	-0,2654
55	16	1,82	56,09	1,20412	-0,2511
54	16	1,85	57,94	1,20412	-0,2370
53	16	1,89	59,83	1,20412	-0,2231
52	16	1,92	61,75	1,20412	-0,2093
51	16	1,96	63,71	1,20412	-0,1958
50	16	2,00	65,71	1,20412	-0,1823
49	16	2,04	67,75	1,20412	-0,1691
48	16	2,08	69,84	1,20412	-0,1559
47	16	2,13	71,97	1,20412	-0,1429
46	16	2,17	74,14	1,20412	-0,1299
45	16	2,22	76,36	1,20412	-0,1171
44	16	2,27	78,63	1,20412	-0,1044
43	16	2,33	80,96	1,20412	-0,0917
42	16	2,38	83,34	1,20412	-0,0791
41	16	2,44	85,78	1,20412	-0,0666
40	16	2,50	88,28	1,20412	-0,0541
39	16	2,56	90,84	1,20412	-0,0417
38	18	2,63	93,48	1,25527	-0,0293
37	18	2,70	96,18	1,25527	-0,0169
36	18	2,78	98,96	1,25527	-0,0046
35	18	2,86	101,81	1,25527	0,0078
34	18	2,94	104,75	1,25527	0,0202
33	18	3,03	107,79	1,25527	0,0326
32	18	3,13	110,91	1,25527	0,0450
31	18	3,23	114,14	1,25527	0,0574
30	18	3,33	117,47	1,25527	0,0699
29	18	3,45	120,92	1,25527	0,0825

K	día	H	ΣH	log (t)	log (H/100)
28	18	3,57	124,49	1,25527	0,0951
27	18	3,70	128,19	1,25527	0,1079
26	18	3,85	132,04	1,25527	0,1207
25	18	4,00	136,04	1,25527	0,1337
24	18	4,17	140,21	1,25527	0,1468
23	18	4,35	144,55	1,25527	0,1600
22	18	4,55	149,10	1,25527	0,1735
21	18	4,76	153,86	1,25527	0,1871
20	18	5,00	158,86	1,25527	0,2010
19	18	5,26	164,12	1,25527	0,2152
18	18	5,56	169,68	1,25527	0,2296
17	18	5,88	175,56	1,25527	0,2444
16	18	6,25	181,81	1,25527	0,2596
15	18	6,67	188,48	1,25527	0,2753
14	18	7,14	195,62	1,25527	0,2914
13	18	7,69	203,31	1,25527	0,3082
12	18	8,33	211,65	1,25527	0,3256
11	18	9,09	220,74	1,25527	0,3439
10	18	10,00	230,74	1,25527	0,3631
9	18	11,11	241,85	1,25527	0,3835
8	18	12,50	254,35	1,25527	0,4054
7	18	14,29	268,63	1,25527	0,4292
6	18	16,67	285,30	1,25527	0,4553
5	18	20,00	305,30	1,25527	0,4847
4	18	25,00	330,30	1,25527	0,5189
3	18	33,33	363,63	1,25527	0,5607
2	18	50,00	413,63	1,25527	0,6166
1	18	100,00	513,63	1,25527	0,7107
SUMATORIA				110,5731	-22,5885

Nota. Elaboración propia, 2022.

Para el cálculo de los valores de riesgo (H), se utilizó la siguiente ecuación:

$$H(x) = \frac{100}{K}$$

Dónde:

k= rango inverso H= riesgo

Para el primer valor, se obtuvo

$$H(x) = \frac{100}{95} = 1,05$$

Posteriormente se estimó los valores de riesgo acumulado (ΣH) para cada tiempo de fallo, sumando el riesgo actual con el valor previo. Para determinar la función de probabilidad acumulada para la distribución de Weibull, se utilizó la siguiente ecuación:

$$F(x) = 1 - e^{\left(\frac{-x}{\alpha}\right)^\beta}$$

Dónde:

β = Parámetro de forma (determina la forma de la distribución)

α = Parámetro de escala (determina la amplitud de la dispersión).

La función transformada de Weibull se expresa, de la siguiente manera:

$$H(t) = -\ln * (1 - F(t))$$

En la distribución de Weibull se establece una relación lineal entre $t(H)$ y H , se obtiene:

$$\text{Log } t(H) = \text{Log } \sigma + \frac{1}{\beta} * (\log(H))$$

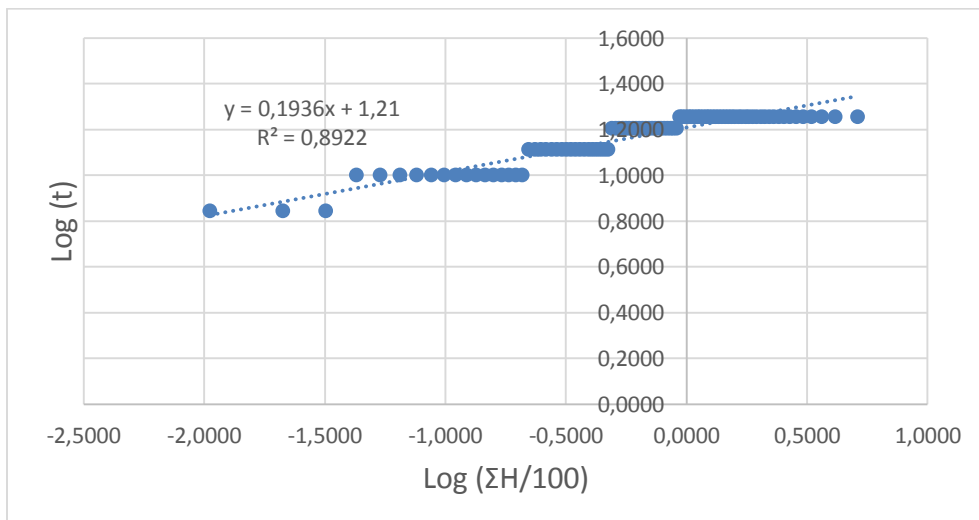
Dónde:

Log = intercepto (t) y $1/\beta$ = Pendiente (p)

Por lo que, se graficaron los datos obtenidos para determinar los parámetros de Weibull, como se muestra a continuación en la Figura 3 y Figura 4:

Figura 3

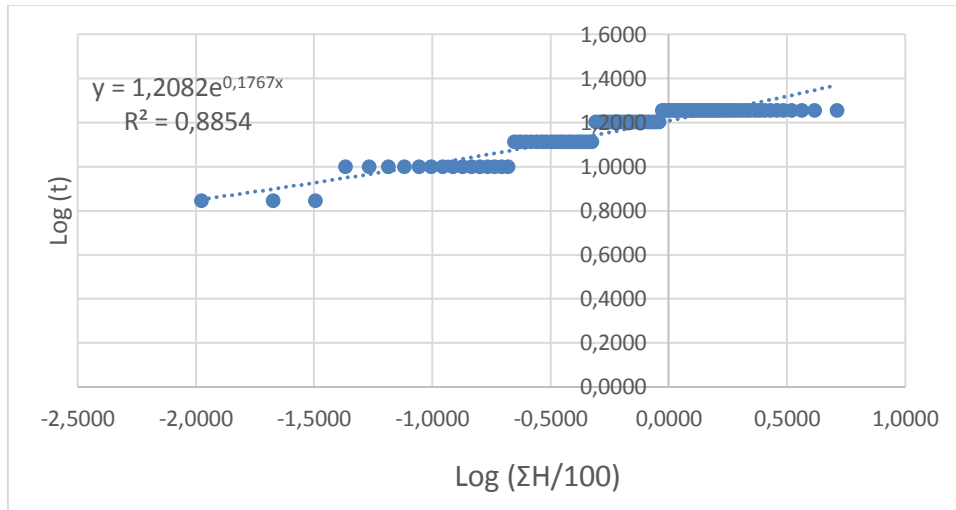
Gráfico Lineal de Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 1 (T1)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Figura 4

Gráfico exponencial de Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 1 (T1)



Nota. Elaboración propia, 2022.

El parámetro α de la distribución de Weibull corresponde al valor de 10^i , donde i es el intercepto y el parámetro β corresponde al valor de $1/p$ donde p es la pendiente. Utilizando el ajuste por mínimos cuadrados se calculó el intercepto y la pendiente. Este mismo procedimiento, se realizó para el resto de los tratamientos, cuyos resultados se encuentran en el anexo A2 al A5. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 12

Resultados de la Ecuación Lineal y Exponencial de los Riesgos de Weibull

Tratamiento	Ecuación lineal	Ecuación exponencial	R ²
T1	$y = 0,1936x + 1,21$	$y = 1,2082e^{0,1767x}$	0,8922
T2	$y = 0,1836x + 1,2274$	$y = 1,2268e^{0,1687x}$	0,8335
T3	$y = 0,1412x + 1,2356$	$y = 1,2354e^{0,1261x}$	0,8048
T4	$y = 0,1455x + 1,2417$	$y = 1,2416e^{0,131x}$	0,7428

Nota. Elaboración propia, 2022.

Posteriormente se calculó los parámetros α y β , el valor esperado $E(t)$, o el valor medio para la distribución de Weibull se obtiene según la expresión:

$$E(t) = \alpha * \Gamma * \left[1 + \frac{1}{\beta} \right]$$

Donde Γ es la conocida función Gamma, en base a esta ecuación se obtuvo la vida útil para cada tratamiento, como se muestra a continuación:

Tabla 13

Vida Útil Estimada para los Tratamientos Evaluados

Tratamiento	Parámetro de escala (α)	Parámetro de forma (β)	Vida útil estimada (días)
T1 (Sin conservante / temp. Ambiente)	16,22	5,17	14,92
T2 (Sin conservante / 5°C)	16,88	5,45	15,58
T3 (Con conservante / temp. Ambiente)	17,20	7,08	16,10
T4 (Con conservante / 5°C)	17,45	6,87	16,31

Nota. Elaboración propia, 2022.

Según se observa en la Tabla 13, el tratamiento 4 que implica el uso de conservante y almacenamiento a una temperatura de 5°C obtuvo la mayor vida útil sensorial considerando el 50% de probabilidad de rechazo del consumidor, con 16,31 días, seguido del tratamiento 3 que refiere el uso de conservante a una temperatura ambiente (13°C) que obtuvo 16,10 días. En relación a la vida útil para los tratamientos sin conservante se obtuvo una diferencia pequeña con respecto al almacenamiento, siendo el tratamiento 2 que no contiene conservante y a una temperatura de 5°C el que obtuvo una vida útil estimada de 15,58 días, mientras que el tratamiento 1 que no contiene conservante y se mantuvo a temperatura ambiente (13°C) alcanzó una menor vida útil estimada de 14,92 en comparación con los demás tratamientos.

Discusión 3

Esta diferencia puede deberse a la presencia adicional de bacterias probióticas en el yogur, así como la formulación utilizada para la elaboración con una mayor producción de

niveles de ácidos orgánicos, que son percibidos por los consumidores y que pueden contribuir a disminuir la aceptabilidad y por ende vida útil sensorial del producto.

Los resultados obtenidos relacionados al **tercer objetivo específico** *Evaluar de la vida útil sensorial del yogur artesanal en base al modelo paramétrico de Weibull* demostraron la viabilidad de utilizar el modelo estadístico de riesgo para el análisis de supervivencia de Weibull con el fin de determinar la vida útil de los alimentos, en particular, los alimentos funcionales, como yogures probióticos. Asimismo, se asemejaron estos resultados al estudio de Sánchez y Cueva (2016), donde también se empleó la distribución de Weibull demostrando que la vida útil sensorial a una temperatura de almacenamiento de 10 °C alcanzó 7,6 días para el queso de la marca “Huacariz” y 41,7 días para el queso de la marca CEFOP, contando en base a ello con la aceptabilidad sensorial según pruebas realizadas con expertos. También, con los análisis de Cerna (2016) que confirmaron a través del análisis de supervivencia de la distribución Weibull según el estadístico *Project R, Minitab y Excel*, se logra obtener ajustes necesarios para garantizar la aceptabilidad de productos ya que se requirió adicionar más del 10.7% de pulpa de la fruta para obtener una consistencia del producto adecuada según los gustos de los consumidores, comprobando según los análisis microbiológicos y sensoriales que sí está apto para el consumo humano, según su indicador de vida útil.

V. CONCLUSIONES

1. El análisis estadístico ANOVA muestra diferencias estadísticas significativas entre los periodos de almacenamientos (1-18 días) para los atributos sabor, olor y textura, con lo cual se determina que el uso de conservantes y variación de temperatura son factores que afectan la vida útil sensorial del yogur.
2. La aceptabilidad del yogur para los diferentes tratamientos al día 18 de la evaluación está relacionada con la tasa de rechazos de 38, 29, 28 y 26 consumidores para los tratamientos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, esto se refleja en una mayor aceptabilidad para el tratamiento 4, seguido de los tratamientos 3, 2 y 1 respectivamente.
3. La vida útil sensorial del yogur artesanal en base al modelo paramétrico de Weibull mostró que es superior a los 15 días para los tratamientos (2, 3 y 4), obteniendo para el tratamiento 4 una vida útil de 16,31 días, para el tratamiento 3 de 16,10 días y para el tratamiento 2 de 15,58 días, mientras que para el tratamiento 1 se obtuvo 14,92 días.

VI. RECOMENDACIONES

1. Es necesario efectuar estudios adicionales que valoren el impacto del uso de conservantes y la temperatura de almacenamiento del yogurt artesanal, a través de la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos medidos antes de la elaboración de yogur, posterior a esta y al finalizar el periodo de almacenamiento propuesto, con la finalidad de evaluar aquellas variaciones/alteraciones de las condiciones iniciales en el producto, en función del tiempo.
2. Es importante mantener una temperatura de conservación/almacenamiento por debajo de los 5°C para el yogur artesanal de Milsky S.A., con la finalidad de mantener sin variaciones sus características sensoriales hasta por 15 días y estas sean aceptables por los consumidores.
3. Los fabricantes de alimentos deben prestar atención a la calidad sensorial de los alimentos, con el fin de ofrecer un producto competitivo con elevadas características de calidad que puedan ser reproducibles y que satisfaga las crecientes necesidades de los consumidores.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, R., & Moss, M. (2008). *Food Microbiology*. Cambridge, Reino Unido: RSC Publishing,.
- Agraria. (23 de 06 de 2017). *Proyecto Euromonitor Internartional*.
<https://agraria.pe/noticias/mercado-de-yogur-en-peru-crecera-a-una-tasa-de-6-anual-14161>
- Arioui, F., Ait, D., & Cheriguene, A. (2017). Physicochemical and sensory quality of yogurt incorporated with pectin from peel of Citrus sinensis. *Food Sci Nutr.*, 5(2), 358–364. DOI:10.1002/fsn3.400
- Aryana, K., & Olson, D. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9987-10013. DOI:<https://doi.org/10.3168/jds.2017-12981>
- Cais, D., & Pikul, J. (2001). The effect of refrigeration storage temperatures on the quality and durability of natural yoghurt. *Chłodnictwo*, 8–9, 84–88.
- Cardelli, C., & Labuza, P. (2001). Application of Weibull Hazard Analysis to the Determination of the Shelf Life of Roasted and Ground Coffee. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, 34, 273-278.
- Cerna, J. (2016). *Elaboración de yogurt saborizado con mito (carica candidans gray) y su evaluación de estabilidad*. [Tesis Profesional, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión]. Repositorio institucional.
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/763>
- Champagne, C., Ross, P., Saarela, M., Flemming, K., & Charalampopoulos, D. (2011). Recommendations for the viability assessment of probiotics as concentrated cultures and in food matrices. *Int J Food Microbiol*, 149(3), 185-93.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21803436/>

- Chandan, R., Gandhi, A., & Shah, N. (2017). Yogurt. *Yogurt in Health and Disease Prevention*, 6, 3–29. DOI:10.1016/b978-0-12-805134-4.00001-8
- Chougrani, F., Cheriguene, A., & Bensoltane, A. (2009). Sensorial and Physico-Chemical Characteristics of Yoghurt Manufactured with Ewe's and Skim Milk. *World J. Dairy Food Sci.*, 4(2), 136–140.
<https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?DOI=10.1.1.517.3899&rep=rep1&type=pdf>
- Costa, M., Frasao, B., Rodrigues, B., Silva, A., & Conte, C. (2016). Effect of different fat replacers on the physicochemical and instrumental analysis of low-fat cupuassu goat milk yogurts. *Journal of Dairy Research*, 83(4), 493–496. DOI:10.1017/S0022029916000674
- Cruz, A., Walter, E., Cadena, R., Faria, J., Bolini, H., Pinheiro, H., & Sant'Ana, A. (2010). Survival analysis methodology to predict the shelf life of probiotic flavoured yoghurt. *Food Res Int.*, 4, 1444–1448. DOI:10.1016/j.foodres.2010.04.028
- Cruz, A., Cavalcanti, R., Guerreiro, L., Sant'Ana, A., Nogueira, L., Oliveira, C., ... & Bolini, H., (2013). Developing a prebiotic yogurt: Rheological, physico-chemical and microbiological aspects and adequacy of survival analysis methodology. *Journal of food engineering*, 114(3), 323-330.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.08.018>.
- Curia, A., Guerrero, M., Langhor, K., & Hough, G. (2005). Survival analysis applied to sensory shelf-life of yogurts–I: Argentine formulations. *Journal of Food Science*, 70(7), S442–S445.
- Delavenne, E., Ismail, R., Pawtowski, A., Mounier, J., Barbier, G., & Le Blay, G. (2013). Assessment of lactobacilli strains as yogurt bioprotective cultures. *Food Control*, 30(1), 206-213.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956713512003751>

Difonzo, G., Squeo, G., Calasso, M., Pasqualone, A., & Caponio, F. (2019). Physico-chemical, microbiological and sensory evaluation of ready-to-use vegetable pâté added with olive leaf extract. *Foods*, 8(4), 138. DOI:10.3390/foods8040138

Dzigbordi, B., Adubofuor, J., & Faustina, W. (2013). The effects of different concentrations of natamycin and the point of addition. *International Food Research Journal*, 20(6), 3287-3292.

[http://ifrj.upm.edu.my/20%20\(06\)%202013/45%20IFRJ%2020%20\(06\)%202013%20Rohman%20Joseph%20002.pdf](http://ifrj.upm.edu.my/20%20(06)%202013/45%20IFRJ%2020%20(06)%202013%20Rohman%20Joseph%20002.pdf)

El-Sayed, S., Hagrass, A., Asker, M., & Farag, A. (2013). Effect of using vitamin B producing microorganisms as adjunct cultures in the manufacture of yoghurt. *Egyptian J. Dairy Sci.*, 27, 127-136.

https://www.researchgate.net/publication/259322849_Effect_of_using_vitamin_B_producing_microorganisms_as_adjunct_cultures_in_the_manufacture_of_yoghurt

Fernández, J. & García, T. (2010). Predicción de la vida útil de los alimentos. *Parameters*, 39(12), 57.

<http://libreria.unellez.edu.ve/wp-content/uploads/2020/07/Prediccion-de-la-vida-util-de-los-alimentos.pdf>

Fu, B., & Labuza, T. (1997). *Shelf-life testing: procedures and prediction methods*. New York: Chapman & Hall.

Gambaro, A., Ares, G., & Gimenez, A. (2006). Shelf life estimation of apple-baby food. *J Sens Stud.*, 21, 101–111. DOI:10.1111/j.1745-459X.2006.00053.x.

- García, D. (2021). *Determinación de la vida útil del pan de molde libre de gluten con quinua (Chenopodium quinoa)*. [Tesis Profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4617/garcia-ramon-diego-fernando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Garitta, L., Langohr, K., Elizagoyen, E., Gugole, F., Gómez, G., & Hough, G. (2018). Survival analysis model to estimate sensory shelf life with temperature and illumination as accelerating factors. *Food Quality and Preference*, 68, 371-376. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.03.014>.
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325. DOI:[10.1016/j.foodres.2012.07.008](https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.008)
- Goyal, S., & Goyal, G. (2012). Computerized model for estimating shelf life of roasted coffee sterilized milk drink. *Advances in Computer Science & Its Applications*, 1(3), 185–188.
- Hashemi, H., Hadi, M., Mesbahi, G., & Amin, M. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1-8. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.fshw.2015.03.002>
- Hough, G., Calle, L., Serrat, C., & Curia, A. (2007). Number of consumers necessary for shelf life estimations based on survival analysis statistics. *Food Quality and Preference*, 18(5), 771-775.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2011). *Norma 2395: Leches fermentadas. Requisitos*.

- Jakubowska, a., & Karamucki, T. (2019). The effect of storage time and temperature on the quality of natural yoghurt. *Acta Sci. Pol. Zootechnica*, 18(4), 29–38.
https://asp.zut.edu.pl/2019/18_4/asp-2019-18-4-04.pdf
- Juneja, V., Dwivedi, H., & Yan, X. (2012). Novel Natural Food Antimicrobials. *Annual Review of Food Science and Technology*, 3, 381-403.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22385168/>
- Lázaro, M. (2016). *Vida útil determinada por pruebas aceleradas y estadística de supervivencia de yogurts de leche de cabra descremada frutados con mango (Mangifera indica) y plátano (Musa paradisiaca)*. [Tesis Profesional, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio institucional.
<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/10211>
- Lectong, N., & Quiñonez, N. (2020). *Efecto de La E-Polilisina y propóleo como conservantes en la vida útil del yogurt* [Tesis de Maestría, Universidad Manuel Félix López]. Repositorio institucional.
<http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1357>
- Loyola, M. (2021). *Evaluación del efecto del benzoato de sodio y sorbato de potasio sobre el crecimiento de Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus del yogur*. [Tesis Profesional Universidad Central del Ecuador]. Repositorio institucional.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/23605>
- Lupano, C. (2013). *Modificaciones de componentes de los alimentos: cambios químicos y bioquímicos por procesamiento y almacenamiento*. Universidad Nacional de La Plata. E-Book: ISBN 978-950-34-1028-8.
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/32177>
- MacBean, R. (2010). *Packaging and the Shelf Life of Yogu*. Australia: Parmalat Australia Ltd.

- Madjd, A., Taylor, M., Mousavi, N., Delavari, A., Malekzadeh, R., Macdonald, I., & Farshchi, H. (2016). Comparison of the effect of daily consumption of probiotic compared with low-fat conventional yogurt. *Am. J. Clin. Nutr.*, 103, 323–329.
- Mani, E., Palou, E., & López, A. (2014). Probiotic viability and storage stability of yogurts and fermented milks prepared with several mixtures of lactic acid bacteria. *Journal of Dairy Science*, 97(5), 2578-2590.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030214002549>
- Marques, C., Lise, C., Lima, V., & Mitterer, M. (2020). Survival analysis and cut-off point to estimate the shelf life of refrigerated fish burgers. *Food Sci. Technol*, 40(1), 325-334. DOI:<http://orcid.org/0000-0002-6761-9321>
- Mataragas, M., Dimitriou, V., Skandamis, P., & Drosinos, E. (2011). Quantifying the spoilage and shelf-life of yoghurt with fruits. *Food microbiology*, 28(3), 611-616.
<https://doi.org/10.1016/j.fm.2010.11.009>
- Mazri, C. (2012). *Efecto de las altas presiones hidrostáticas en la desnaturalización de las proteínas del lactosuero* [Tesis de Maestría, Universidad de Zaragoza]. Repositorio institucional.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=204816>
- Meltem, N., Develi, N., & Bilge, E. (2017). Estimation of the shelf life of pezik pickles using Weibull hazard analysis. *Food Science and Technology*, 37(1), 125-130. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.33216>
- Misirlilar, F., Kinik, O., & Yerlikaya, O. (2012). Effect of protective culture and biopreservatives on strained yoghurt quality. *African Journal of Microbiology Research*, 6(22), 4696-4701.
https://www.researchgate.net/publication/276265248_Effect_of_protective_culture_and_biopreservatives_on_strained_yoghurt_quality

- Montemurro, M., Pontonio, E., Coda, R., & Rizzello, C. (2021). Plant-based alternatives to yogurt: state-of-the-art and perspectives of new biotechnological challeng. *Foods*, 10, 316. <https://DOI.org/10.3390/foods10020316>
- Nguyen, H., Shpigelman, A., Buggenhout, S., Moelants, K., Haest, H., Buyschaert, O., & Loey, A. (2016). The evolution of quality characteristics of mango piece after pasteurization and during shelf life in a mango juice drink. *European Food Research*, 242(5), 1-10. DOI:10.1007/s00217-015-2578-8
- Nwagu, T., & Amadi, E. (2009). Bacteria population of some commercially prepared yoghurt sold in Enugu state Eastern Nigeria. *African Journal of Microbiology Research*, 4(10), 984-.
https://www.researchgate.net/publication/236230107_Bacteria_population_of_s_ome_commercially_prepared_yoghurt_sold_in_Enugu_State_Eastern_Nigeria
- O'Sullivan, M. (2017). *Innovative tech-nologies for the food and beverage industry. In A handbook for Sensory and Consumer-Driven New Product Development.* Cambridge, MA, USA: Elsevier.
- Parra, R. (2012). Yogur en la salud humana. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 162-177. DOI:<https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875008.pdf>
- Prasanna, P., Grandison, A., & Charalampopoulos, D. (2015). Microbiological, chemical and rheological prop-erties of low fat set yoghurt produced with exopolysaccharide (EPS) producing Bifidobacterium strains. *Food Res. Int.*, 51, 15–22.
- Rasane, P., Jha, A., & Sharma, N. (2015). Predictive modelling for shelf life determination of nutricereal based fermented baby food. *J Food Sci Technol.*, 52(8), 5003–5011.

- Richards, M., Buys, E., & Kock, R. D. (2016). Survival analysis, consumer perception and physico-chemical analysis of low fat UHT milk stored for different time periods. *International Dairy Journal*, 57, 1-6. DOI:10.1016/j.idairyj.2016.02.037
- Salvador, A., & Fiszman, S. (2005). Textural and Sensory Characteristics of Whole and Skimmed Flavored Set-Type Yogurt During Long Storage. *Journal of Dairy Science*, 87(12), 4033-41. DOI:10.3168/jds.S0022-0302(04)73544-4
- Sánchez, J., & Cueva, J. (2016). Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 7, 1-11.
<http://dx.DOI.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.08>
- Sánchez, J., & Oblitas, J. (2017). Aplicación del análisis Weibull y redes neuronales artificiales para la predicción de la vida útil de queso mantecoso envasado al vacío. *Rev.fac.ing.univ. Antioquia*, 82, 1-6.
DOI:<https://doi.org/10.17533/udea.redin.n82a07>
- Sánchez, J., & Pérez, J. (2017). Vida útil sensorial del queso mantecoso por pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria*, 7(3), 2015-222.
DOI:10.17268/sci.agropecu.2016.03.
- Sara, E., Ekbal, I., Abdou, A., & Mohammed, H. (2014). The role of natamycin fortification to extend shelf life of plain yoghurt. *Benha Veterinary Medical Journal*, 27(2), 140-149. <https://bvmj.bu.edu.eg/issues/27-2/13.pdf>
- Savran, D., Pérez, F., & Halkman, A. (2018). Modelling survival of Salmonella Enteritidis during storage of yoghurt at different temperatures. *International journal of food microbiology*, 271, 67-76.
<https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.02.017>

- Sfakianakis, P., & Tzia, C. (2015). Conventional and Innovative Processing of Milk for Yogurt Manufacture; Development of Texture and Flavor: A Review. *Foods*, 3(1), 176–193. DOI:10.3390/foods3010176
- Shah, N., & Champagne, C. (2016). *Cultured milk and yogurt*. USA: Blackwell Publishing.
- Swiader, K., & Marczevska, M. (2021). Trends of Using Sensory Evaluation in New Product Development in the Food Industry. *Foods*, 10, 446. DOI:<https://doi.org/10.3390/foods1002044>
- Tanzilur, M., Abu Zubair, K. S., & Chakma, M. P. (2020). Development of Quality Parameters for Yogurt with Strawberry Juice. *Food and Nutrition Sciences*, 11(12), 328-334. DOI:10.4236/fns.2020.1112075
- Var, I., Guzeler, N., Kabak, B., & Golge, O. (2004). The effects of natamycin on the shelf life of yogurt. *Archiv Für Lebensmittelhygiene*, 55(1), 7-9. https://www.researchgate.net/publication/286461488_The_effects_of_natamycin_on_the_shelf_life_of_yogurt/link/5773896d08ae1b18a7dcd17/download
- Vargavisi, É., & Pápai, G. (2015). How to maintain the effective levels of probiotics throughout the shelf life in yoghurt: A review. *Acta Agraria Kaposváriensis*, 19(1), 65–74.
- Yang, E., Fan, L., Yan, J., Jiang, Y., Doucette, C., Fillmore, S., & Walker, B. (2018). Influence of culture media, pH and temperature on growth and bacteriocin production of bacteriocinogenic lactic acid bacteria. *AMB Express*, 8(1), 1-9. DOI:10.1186/s13568-01
- Yang, J., & Lee, J. (2019). Application of Sensory Descriptive Analysis and Consumer Studies to Investigate Traditional and Authentic Foods: A Review. *Foods*, 8(54).

ANEXOS

Anexo 1

Evaluación de aceptabilidad del Yogur Artesanal

Saludos, el objetivo del presente estudio tiene como fin efectuar una *Evaluación de la Vida Útil Sensorial del Yogur Artesanal Sustentado en el Modelo Estadístico de Riesgo para el Análisis de supervivencia de Weibull*; para ello se le solicita nos colabore con un análisis sensorial sobre el producto gastronómico que ha sido seleccionado para esta prueba.

Nombre del evaluador	
Fecha de evaluación	
Nombre del producto	

Por favor responder según la escala de evaluación identificada, cuál es su opinión para la muestra y el factor evaluado:

Escala de evaluación

1	“Me gusta extremadamente”
9	“Me disgusta extremadamente”

Muestra	Sabor	Color	Textura	Olor	Apariencia
T1					
T2					
T3					
T4					

Evaluación de Weibull Yogur Artesanal

Por favor responder la siguiente pregunta para cada una de las muestras

¿Usted consumiría este producto? ¿Sí o No?

Muestra	Si	No
T1		
T2		
T3		
T4		

¡Gracias!

Anexo 2.

Procedimiento de cálculo para la estimación de la vida útil por el método Weibull:

- Los resultados de la cantidad de rechazos se tabularon según los días en que se detectó el rechazo y se repitió según la cantidad de rechazos en los días correspondientes.
- Posteriormente los datos se organizaron en rango K en orden inverso a su tiempo de fallo para la determinación de los valores de H.
- Para el cálculo de los valores de riesgo (H), se utilizó la siguiente ecuación:

$$H(x) = \frac{100}{K}$$

Dónde: k= rango inverso H= riesgo

- Posteriormente se estimaron los valores de riesgo acumulado (ΣH) para cada tiempo de fallo, sumando el riesgo actual con el valor previo.
- Para determinar la función de probabilidad acumulada para la distribución de Weibull, se utilizó la siguiente ecuación:

$$F(x) = 1 - e^{\left(\frac{-x}{\alpha}\right)^\beta}$$

Dónde:

β = Parámetro de forma (determina la forma de la distribución)

α = Parámetro de escala (determina la amplitud de la dispersión).

- El parámetro α de la distribución de Weibull corresponde al valor de 10^i , donde i es el intercepto y el parámetro β corresponde al valor de $1/p$ donde p es la pendiente de la gráfica Lineal de los Riesgos del Método Weibull para cada Tratamiento, que se obtiene graficando el Log (t) vs Log ($\Sigma H/100$).
- Una vez calculados los parámetros α y β , el valor esperado E(t), o el valor medio para la distribución de Weibull se obtuvo según la expresión:

$$E(t) = \alpha * \Gamma * \left[1 + \frac{1}{\beta}\right]$$

- Donde Γ es la conocida función Gamma (calculada en Excel).

Anexo 3

Cuantificación del Rango y Riesgo Acumulado para el Tratamiento 2 (T2)

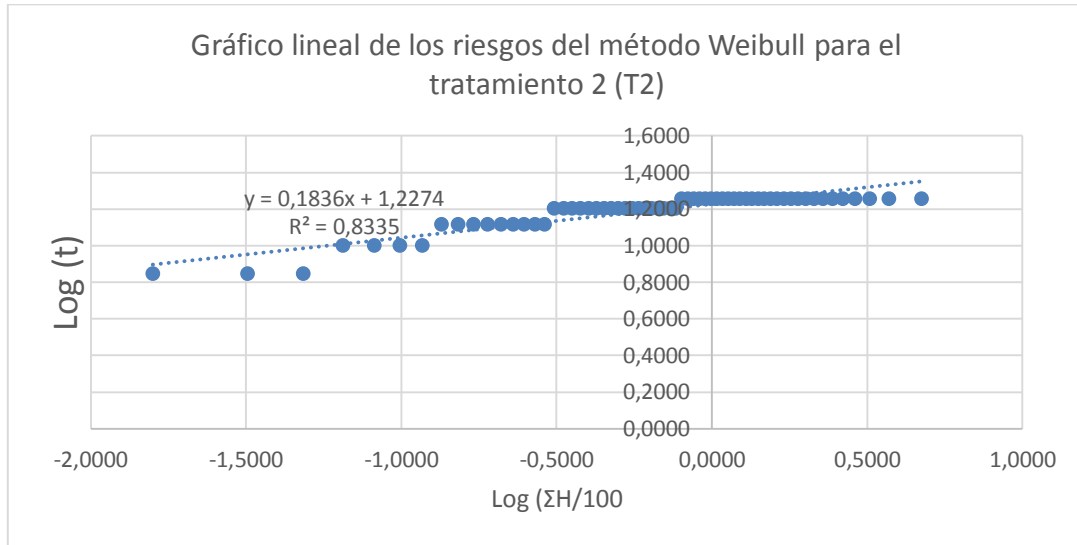
R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx2	ΣY2	Σx*y
63,00	7,00	1,59	1,59	0,85	-1,80	-3,24	0,71	-2,31
62,00	7,00	1,61	3,20	0,85	-1,49	-2,23	0,71	-1,60
61,00	7,00	1,64	4,84	0,85	-1,32	-1,73	0,71	-1,24
60,00	10,00	1,67	6,51	1,00	-1,19	-1,41	1,00	-1,41
59,00	10,00	1,69	8,20	1,00	-1,09	-1,18	1,00	-1,18
58,00	10,00	1,72	9,93	1,00	-1,00	-1,01	1,00	-1,01
57,00	10,00	1,75	11,68	1,00	-0,93	-0,87	1,00	-0,87
56,00	13,00	1,79	13,47	1,11	-0,87	-0,76	1,24	-0,94
55,00	13,00	1,82	15,28	1,11	-0,82	-0,67	1,24	-0,83
54,00	13,00	1,85	17,14	1,11	-0,77	-0,59	1,24	-0,73
53,00	13,00	1,89	19,02	1,11	-0,72	-0,52	1,24	-0,64
52,00	13,00	1,92	20,95	1,11	-0,68	-0,46	1,24	-0,57
51,00	13,00	1,96	22,91	1,11	-0,64	-0,41	1,24	-0,51
50,00	13,00	2,00	24,91	1,11	-0,60	-0,36	1,24	-0,45
49,00	13,00	2,04	26,95	1,11	-0,57	-0,32	1,24	-0,40
48,00	13,00	2,08	29,03	1,11	-0,54	-0,29	1,24	-0,36
47,00	16,00	2,13	31,16	1,20	-0,51	-0,26	1,45	-0,37
46,00	16,00	2,17	33,33	1,20	-0,48	-0,23	1,45	-0,33
45,00	16,00	2,22	35,55	1,20	-0,45	-0,20	1,45	-0,29
44,00	16,00	2,27	37,83	1,20	-0,42	-0,18	1,45	-0,26
43,00	16,00	2,33	40,15	1,20	-0,40	-0,16	1,45	-0,23
42,00	16,00	2,38	42,53	1,20	-0,37	-0,14	1,45	-0,20
41,00	16,00	2,44	44,97	1,20	-0,35	-0,12	1,45	-0,17
40,00	16,00	2,50	47,47	1,20	-0,32	-0,10	1,45	-0,15
39,00	16,00	2,56	50,04	1,20	-0,30	-0,09	1,45	-0,13
38,00	16,00	2,63	52,67	1,20	-0,28	-0,08	1,45	-0,11
37,00	16,00	2,70	55,37	1,20	-0,26	-0,07	1,45	-0,10
36,00	16,00	2,78	58,15	1,20	-0,24	-0,06	1,45	-0,08
35,00	16,00	2,86	61,01	1,20	-0,21	-0,05	1,45	-0,07
34,00	16,00	2,94	63,95	1,20	-0,19	-0,04	1,45	-0,05
33,00	16,00	3,03	66,98	1,20	-0,17	-0,03	1,45	-0,04
32,00	16,00	3,13	70,10	1,20	-0,15	-0,02	1,45	-0,03
31,00	16,00	3,23	73,33	1,20	-0,13	-0,02	1,45	-0,03
30,00	16,00	3,33	76,66	1,20	-0,12	-0,01	1,45	-0,02

R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx2	ΣY2	Σx*y
29,00	18,00	3,45	80,11	1,26	-0,10	-0,01	1,58	-0,01
28,00	18,00	3,57	83,68	1,26	-0,08	-0,01	1,58	-0,01
27,00	18,00	3,70	87,38	1,26	-0,06	0,00	1,58	-0,01
26,00	18,00	3,85	91,23	1,26	-0,04	0,00	1,58	0,00
25,00	18,00	4,00	95,23	1,26	-0,02	0,00	1,58	0,00
24,00	18,00	4,17	99,40	1,26	0,00	0,00	1,58	0,00
23,00	18,00	4,35	103,75	1,26	0,02	0,00	1,58	0,00
22,00	18,00	4,55	108,29	1,26	0,03	0,00	1,58	0,00
21,00	18,00	4,76	113,05	1,26	0,05	0,00	1,58	0,00
20,00	18,00	5,00	118,05	1,26	0,07	-0,01	1,58	-0,01
19,00	18,00	5,26	123,32	1,26	0,09	-0,01	1,58	-0,01
18,00	18,00	5,56	128,87	1,26	0,11	-0,01	1,58	-0,02
17,00	18,00	5,88	134,75	1,26	0,13	-0,02	1,58	-0,03
16,00	18,00	6,25	141,00	1,26	0,15	-0,02	1,58	-0,04
15,00	18,00	6,67	147,67	1,26	0,17	-0,03	1,58	-0,05
14,00	18,00	7,14	154,81	1,26	0,19	0,04	1,58	0,06
13,00	18,00	7,69	162,51	1,26	0,21	0,04	1,58	0,07
12,00	18,00	8,33	170,84	1,26	0,23	0,05	1,58	0,09
11,00	18,00	9,09	179,93	1,26	0,26	0,07	1,58	0,10
10,00	18,00	10,00	189,93	1,26	0,28	0,08	1,58	0,12
9,00	18,00	11,11	201,04	1,26	0,30	0,09	1,58	0,14
8,00	18,00	12,50	213,54	1,26	0,33	0,11	1,58	0,17
7,00	18,00	14,29	227,83	1,26	0,36	0,13	1,58	0,20
6,00	18,00	16,67	244,49	1,26	0,39	0,15	1,58	0,24
5,00	18,00	20,00	264,49	1,26	0,42	0,18	1,58	0,28
4,00	18,00	25,00	289,49	1,26	0,46	0,21	1,58	0,34
3,00	18,00	33,33	322,83	1,26	0,51	0,26	1,58	0,41
2,00	18,00	50,00	372,83	1,26	0,57	0,33	1,58	0,51
1,00	18,00	100,00	472,83	1,26	0,67	0,46	1,58	0,72

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 4

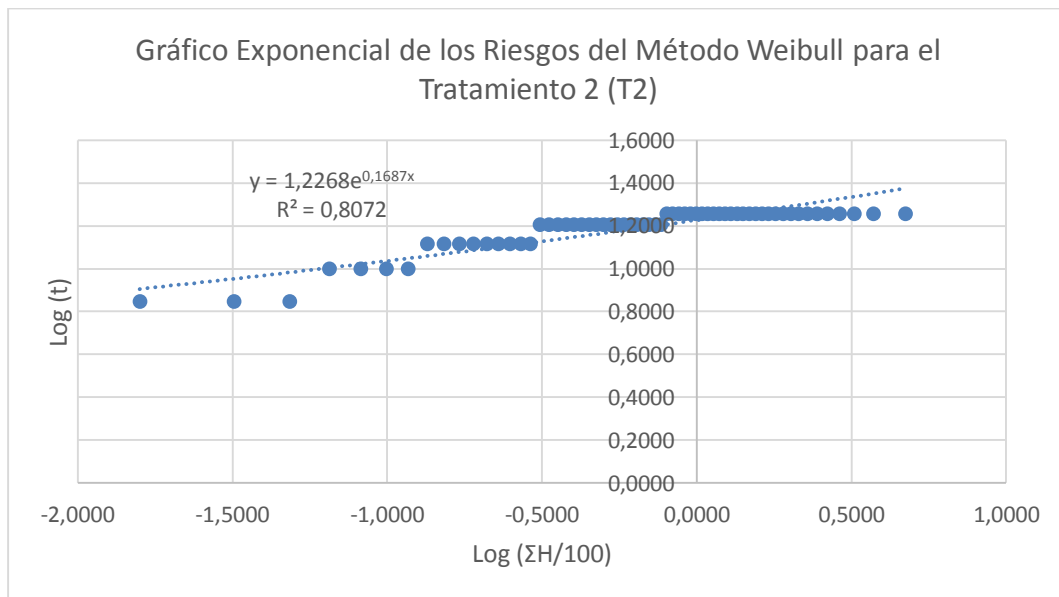
Gráfico Lineal de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 2 (T2)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 5

Gráfico Exponencial de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 2 (T2)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 6

Cuantificación del Rango y Riesgo Acumulado para el Tratamiento 3 (T3)

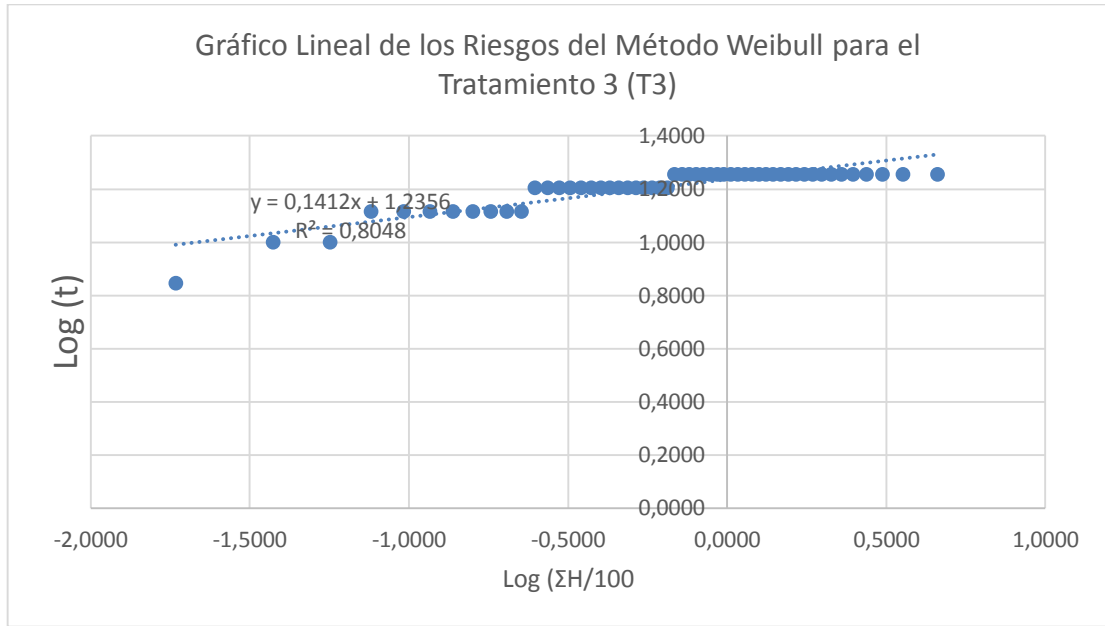
R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx^2	ΣY^2	$\Sigma x*y$
54	7	1,85	1,85	0,84510	-1,7324	-3,0012	0,7142	-2,1434
53	10	1,89	3,74	1,00000	-1,4273	-2,0371	1,0000	-2,0371
52	10	1,92	5,66	1,00000	-1,2471	-1,5551	1,0000	-1,5551
51	13	1,96	7,62	1,11394	-1,1179	-1,2497	1,2409	-1,5507
50	13	2,00	9,62	1,11394	-1,0167	-1,0337	1,2409	-1,2827
49	13	2,04	11,66	1,11394	-0,9332	-0,8708	1,2409	-1,0806
48	13	2,08	13,75	1,11394	-0,8618	-0,7427	1,2409	-0,9216
47	13	2,13	15,87	1,11394	-0,7993	-0,6389	1,2409	-0,7928
46	13	2,17	18,05	1,11394	-0,7436	-0,5529	1,2409	-0,6861
45	13	2,22	20,27	1,11394	-0,6931	-0,4804	1,2409	-0,5962
44	13	2,27	22,54	1,11394	-0,6470	-0,4186	1,2409	-0,5194
43	16	2,33	24,87	1,20412	-0,6043	-0,3652	1,4499	-0,5296
42	16	2,38	27,25	1,20412	-0,5646	-0,3188	1,4499	-0,4623
41	16	2,44	29,69	1,20412	-0,5274	-0,2782	1,4499	-0,4033
40	16	2,50	32,19	1,20412	-0,4923	-0,2424	1,4499	-0,3514
39	16	2,56	34,75	1,20412	-0,4590	-0,2107	1,4499	-0,3055
38	16	2,63	37,38	1,20412	-0,4273	-0,1826	1,4499	-0,2647
37	16	2,70	40,09	1,20412	-0,3970	-0,1576	1,4499	-0,2285
36	16	2,78	42,86	1,20412	-0,3679	-0,1353	1,4499	-0,1962
35	16	2,86	45,72	1,20412	-0,3399	-0,1155	1,4499	-0,1675
34	16	2,94	48,66	1,20412	-0,3128	-0,0978	1,4499	-0,1419
33	16	3,03	51,69	1,20412	-0,2866	-0,0821	1,4499	-0,1191
32	16	3,13	54,82	1,20412	-0,2611	-0,0682	1,4499	-0,0988
31	16	3,23	58,04	1,20412	-0,2362	-0,0558	1,4499	-0,0809
30	16	3,33	61,38	1,20412	-0,2120	-0,0449	1,4499	-0,0652
29	16	3,45	64,83	1,20412	-0,1883	-0,0354	1,4499	-0,0514
28	18	3,57	68,40	1,25527	-0,1650	-0,0272	1,5757	-0,0429
27	18	3,70	72,10	1,25527	-0,1421	-0,0202	1,5757	-0,0318
26	18	3,85	75,95	1,25527	-0,1195	-0,0143	1,5757	-0,0225
25	18	4,00	79,95	1,25527	-0,0972	-0,0094	1,5757	-0,0149
24	18	4,17	84,11	1,25527	-0,0751	-0,0056	1,5757	-0,0089
23	18	4,35	88,46	1,25527	-0,0532	-0,0028	1,5757	-0,0045
22	18	4,55	93,01	1,25527	-0,0315	-0,0010	1,5757	-0,0016
21	18	4,76	97,77	1,25527	-0,0098	-0,0001	1,5757	-0,0002
20	18	5,00	102,77	1,25527	0,0119	-0,0001	1,5757	-0,0002
19	18	5,26	108,03	1,25527	0,0336	-0,0011	1,5757	-0,0018
18	18	5,56	113,59	1,25527	0,0553	-0,0031	1,5757	-0,0048
17	18	5,88	119,47	1,25527	0,0773	-0,0060	1,5757	-0,0094
16	18	6,25	125,72	1,25527	0,0994	-0,0099	1,5757	-0,0156
15	18	6,67	132,39	1,25527	0,1218	-0,0148	1,5757	-0,0234
14	18	7,14	139,53	1,25527	0,1447	-0,0209	1,5757	-0,0330

R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx2	ΣY2	Σx*y
13	18	7,69	147,22	1,25527	0,1680	-0,0282	1,5757	-0,0445
12	18	8,33	155,56	1,25527	0,1919	-0,0368	1,5757	-0,0580
11	18	9,09	164,65	1,25527	0,2166	-0,0469	1,5757	-0,0739
10	18	10,00	174,65	1,25527	0,2422	-0,0586	1,5757	-0,0924
9	18	11,11	185,76	1,25527	0,2689	-0,0723	1,5757	-0,1140
8	18	12,50	198,26	1,25527	0,2972	-0,0883	1,5757	-0,1392
7	18	14,29	212,54	1,25527	0,3274	-0,1072	1,5757	-0,1689
6	18	16,67	229,21	1,25527	0,3602	-0,1298	1,5757	-0,2045
5	18	20,00	249,21	1,25527	0,3966	-0,1573	1,5757	-0,2478
4	18	25,00	274,21	1,25527	0,4381	-0,1919	1,5757	-0,3024
3	18	33,33	307,54	1,25527	0,4879	-0,2381	1,5757	-0,3751
2	18	50,00	357,54	1,25527	0,5533	-0,3062	1,5757	-0,4824
1	18	100,00	457,54	1,25527	0,6604	-0,4362	1,5757	-0,6873

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 7

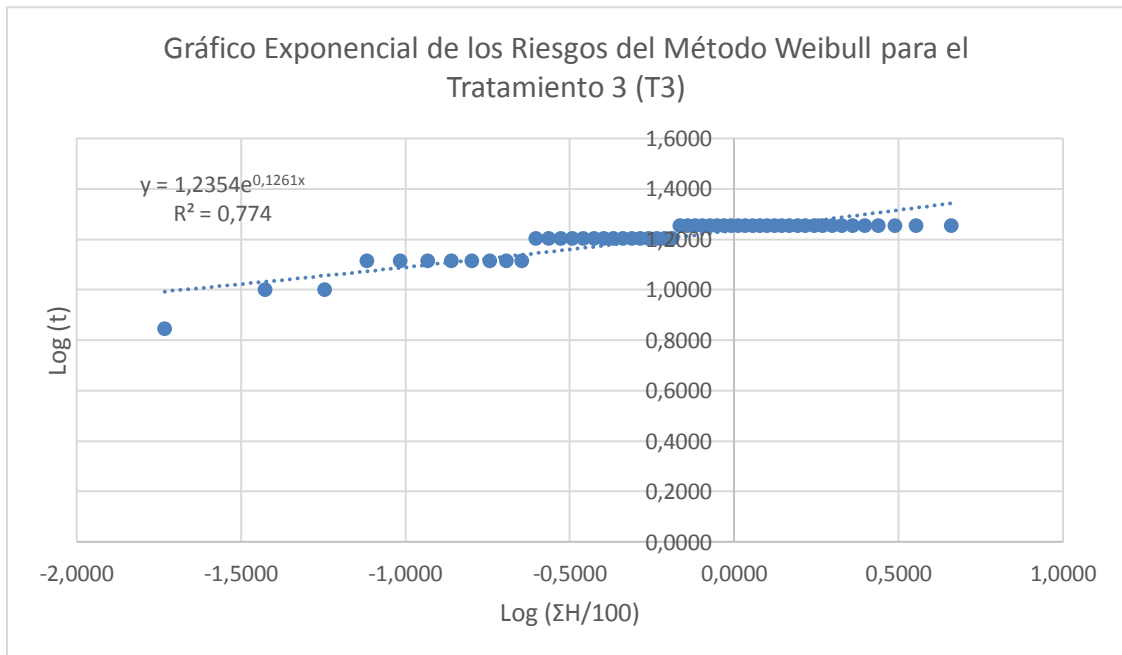
Gráfico Lineal de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 3 (T3)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 8

Gráfico Exponencial de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 3 (T3)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 9

Cuantificación del Rango y Riesgo Acumulado para el Tratamiento 4 (T4)

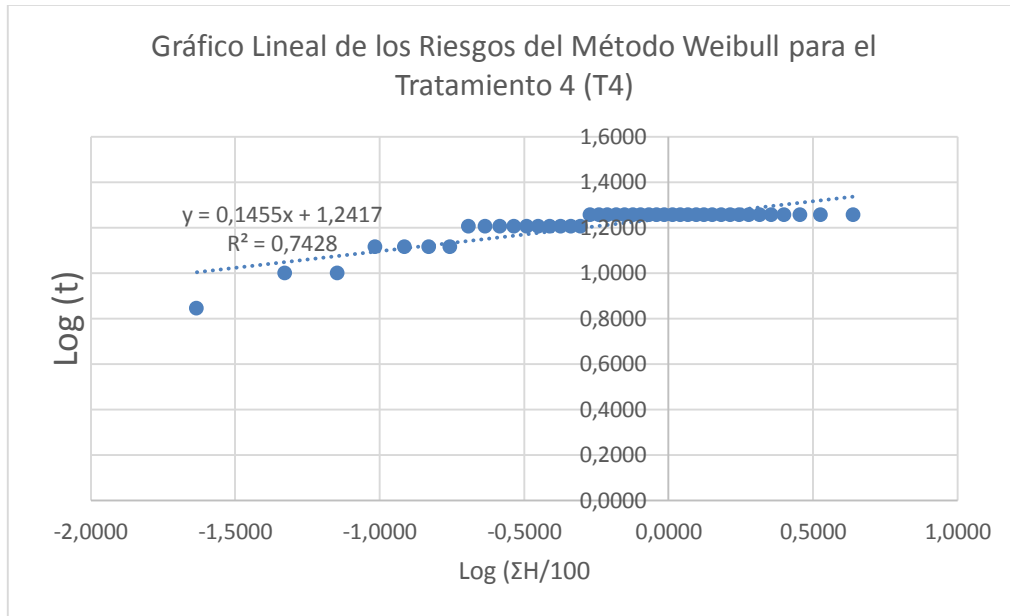
R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx2	ΣY2	Σx*y
43	7	2,33	2,33	0,84510	-1,6335	-2,6682	0,7142	-1,9056
42	10	2,38	4,71	1,00000	-1,3273	-1,7617	1,0000	-1,7617
41	10	2,44	7,15	1,00000	-1,1460	-1,3132	1,0000	-1,3132
40	13	2,50	9,65	1,11394	-1,0157	-1,0316	1,2409	-1,2801
39	13	2,56	12,21	1,11394	-0,9133	-0,8341	1,2409	-1,0350
38	13	2,63	14,84	1,11394	-0,8285	-0,6865	1,2409	-0,8518
37	13	2,70	17,54	1,11394	-0,7559	-0,5713	1,2409	-0,7090
36	16	2,78	20,32	1,20412	-0,6920	-0,4789	1,4499	-0,6944
35	16	2,86	23,18	1,20412	-0,6349	-0,4031	1,4499	-0,5845
34	16	2,94	26,12	1,20412	-0,5830	-0,3399	1,4499	-0,4929
33	16	3,03	29,15	1,20412	-0,5354	-0,2866	1,4499	-0,4156
32	16	3,13	32,28	1,20412	-0,4911	-0,2412	1,4499	-0,3497
31	16	3,23	35,50	1,20412	-0,4498	-0,2023	1,4499	-0,2933
30	16	3,33	38,83	1,20412	-0,4108	-0,1687	1,4499	-0,2447
29	16	3,45	42,28	1,20412	-0,3738	-0,1398	1,4499	-0,2026
28	16	3,57	45,85	1,20412	-0,3386	-0,1147	1,4499	-0,1663
27	16	3,70	49,56	1,20412	-0,3049	-0,0930	1,4499	-0,1348
26	18	3,85	53,40	1,25527	-0,2724	-0,0742	1,5757	-0,1169
25	18	4,00	57,40	1,25527	-0,2411	-0,0581	1,5757	-0,0916
24	18	4,17	61,57	1,25527	-0,2106	-0,0444	1,5757	-0,0699
23	18	4,35	65,92	1,25527	-0,1810	-0,0328	1,5757	-0,0516
22	18	4,55	70,46	1,25527	-0,1520	-0,0231	1,5757	-0,0364
21	18	4,76	75,23	1,25527	-0,1236	-0,0153	1,5757	-0,0241
20	18	5,00	80,23	1,25527	-0,0957	-0,0092	1,5757	-0,0144
19	18	5,26	85,49	1,25527	-0,0681	-0,0046	1,5757	-0,0073
18	18	5,56	91,04	1,25527	-0,0407	-0,0017	1,5757	-0,0026
17	18	5,88	96,93	1,25527	-0,0136	-0,0002	1,5757	-0,0003
16	18	6,25	103,18	1,25527	0,0136	-0,0002	1,5757	-0,0003
15	18	6,67	109,84	1,25527	0,0408	-0,0017	1,5757	-0,0026
14	18	7,14	116,99	1,25527	0,0681	-0,0046	1,5757	-0,0073
13	18	7,69	124,68	1,25527	0,0958	-0,0092	1,5757	-0,0145
12	18	8,33	133,01	1,25527	0,1239	-0,0153	1,5757	-0,0242
11	18	9,09	142,10	1,25527	0,1526	-0,0233	1,5757	-0,0367
10	18	10,00	152,10	1,25527	0,1821	-0,0332	1,5757	-0,0523
9	18	11,11	163,21	1,25527	0,2128	-0,0453	1,5757	-0,0713
8	18	12,50	175,71	1,25527	0,2448	-0,0599	1,5757	-0,0944
7	18	14,29	190,00	1,25527	0,2788	-0,0777	1,5757	-0,1224
6	18	16,67	206,67	1,25527	0,3153	-0,0994	1,5757	-0,1566
5	18	20,00	226,67	1,25527	0,3554	0,1263	1,5757	0,1990
4	18	25,00	251,67	1,25527	0,4008	0,1607	1,5757	0,2532

R	día	H	ΣH	Log (t)	Log (H/100)	Σx2	ΣY2	Σx*y
3	18	33,33	285,00	1,25527	0,4548	0,2069	1,5757	0,3260
2	18	50,00	335,00	1,25527	0,5250	0,2757	1,5757	0,4344
1	18	100,00	435,00	1,25527	0,6385	0,4077	1,5757	0,6424

Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 10

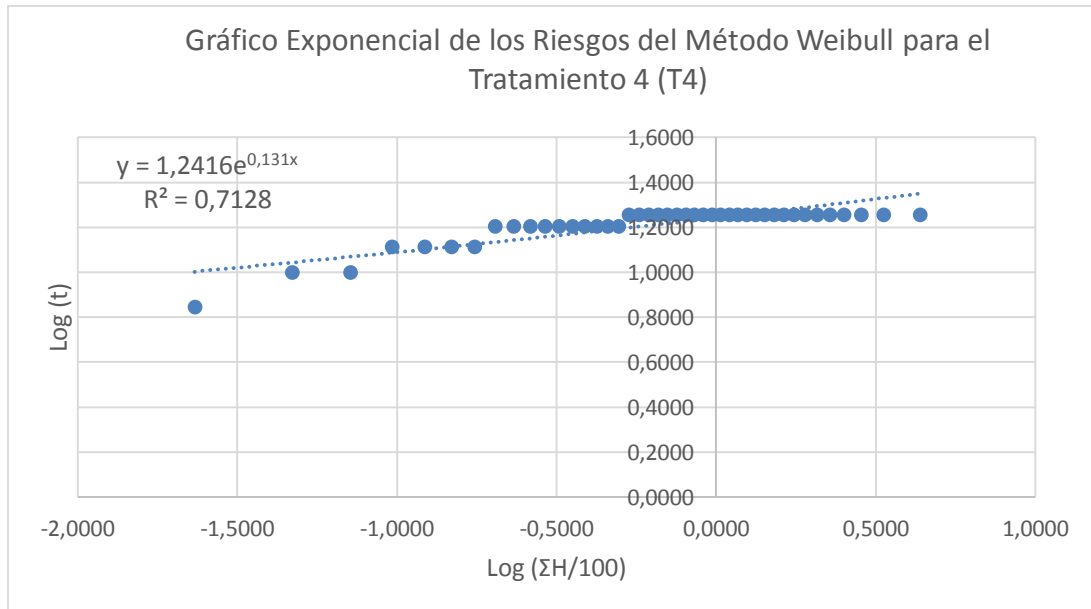
Gráfico Lineal de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 4 (T4)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 11

Gráfico Exponencial de los Riesgos del Método Weibull para el Tratamiento 4 (T4)



Nota. Elaboración propia, 2022.

Anexo 12

Registro Fotográfico de las Pruebas Sensoriales



