

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



“VIDA ÚTIL DE CINCO MARCAS COMERCIALES DE CAFÉ
TOSTADO (*Coffea arabica*) EN FUNCIÓN DE SU CALIDAD
SENSORIAL”

Presentada por:

BACH. BLANCA LUZ ANGELICA VÁSQUEZ OCHOA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

Jaén - Perú

2018



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

LEY DE CREACIÓN N° 29304 - RESOLUCIÓN DE FUNCIONAMIENTO N° 647-2011 - CONAFU
COORDINACIÓN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la sala de Docentes de la Universidad Nacional de Jaén, siendo las 16 horas con 30 minutos del día viernes 10 de agosto del 2018, reunidos los Miembros de Jurado para calificar la Sustentación de tesis titulado "VIDA ÚTIL DE CINCO MARCAS COMERCIALES DE CAFÉ TOSTADO (COFFEA ARABICA) EN FUNCIÓN DE SU CALIDAD" de Blanca Luz Angélica Vásquez Bach. De la Carrera Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias.

Luego de escuchar las respuestas a las observaciones formuladas, el jurado declara por unanimidad.

APROBADO

Con el calificativo de:

Muy BUENO

En consecuencia, queda en condición de ser considerado APTO y recibir el título de INGENIERO DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

Jaén, 10 de Agosto del 2018.

.....
Mg. Segundo Alipio Cruz Hoyos
PRESIDENTE

.....
Mg. Martin Díaz Torres
SECRETARIO

.....
Mg. Hans Himbler Minchán Velayarce
MIEMBRO

.....
M.Sc. Luis Alberto Núñez Alejos
ASESOR

.....
Ph.D. Omar Zeballos Cáceres
CO - ASESOR

DEDICATORIA

A:

- Dios, por estar conmigo e iluminar mi mente y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que me han acompañado durante esta etapa universitaria.
- Mi padre Julio Vásquez, por impulsar todos los días de mi vida a ser una mujer de coraje y a mi madre Luz Angelica, por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

- Al M. Sc. Luis Alberto Núñez Alejos, por haberme orientado y asesorado durante el desarrollo del trabajo de investigación.
- Al Ing. Juan Antonio Ticona Yujra por haberme orientado durante la investigación.
- Al Ph.D. Omar Zeballos Cáceres, por su constante guía en este trayecto de investigación.
- Al Ing. Gerardo Alarcón Cubas e Ing. Fernando Aguirre De Los Ríos por brindar el apoyo de recursos humanos y materia prima para el desarrollo de la investigación, en consenso con la Cooperativa de Servicios Múltiples Sol&cafe Ltda.
- Al equipo de catación, Jeinner Cubas Vásquez, Yulisa Ojeda Lizana, Elías Coronel Alarcón y María Pérez Bernal en cargados de los estudios sensoriales.
- A los caficultores seleccionados en el muestreo de las cinco marcas comerciales de café tostado molido, Juanito Aguilar Fernández, José Santos Díaz Barturen, Lía Gaudencia Guevara Bazán, Floiran Padilla Carrasco y Lindaura Ramirez Aguilar por el esfuerzo que realizan en campo para producir un café de calidad y sirva de ayuda para realizar esta investigación.
- A todas las personas que aportaron en esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE GENERAL | i |
| ÍNDICE DE TABLAS | iii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | v |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| I. INTRODUCCIÓN | 10 |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA | 12 |
| 2.1. LA HISTORIA DEL CAFÉ | 12 |
| 2.2. TAXONOMÍA | 13 |
| 2.3. FRUTO DEL CAFÉ | 15 |
| 2.4.1. BENEFICIO POR VÍA HÚMEDA | 16 |
| 2.4.2. BENEFICIO POR VÍA SECA | 19 |
| 2.5. CAFÉ TOSTADO MOLIDO | 20 |
| 2.6. CALIDAD DEL CAFÉ | 22 |
| 2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ | 25 |
| 2.8. TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL..... | 28 |
| 2.8.1. DETERIORO DE ALIMENTOS Y TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL..... | 28 |
| 2.8.2. INDICADORES DE CALIDAD | 33 |
| 2.8.3. LÍMITE DE ACEPTABILIDAD: FIN DE LA VIDA ÚTIL, PERO NO DE LA VIDA SEGURA | 35 |
| 2.8.4. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL CAFÉ..... | 38 |
| 2.9. MÉTODOS SENSITIVOS | 43 |
| 2.9.1. LOGÍSTICA PARA EVALUACIONES SENSORIALES | 43 |
| 2.9.2. LOGÍSTICA PARA EL DESARROLLO DE EVALUACIONES SENSORIALES | 44 |
| 2.9.3. PRUEBAS DE DISCRIMINACIÓN O DIFERENCIACIÓN | 49 |
| 2.9.4. COMPARACIÓN MÚLTIPLE - ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA | 51 |
| 2.9.5. CALCULO DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS MEDIANTE PRUEBAS SENSORIALES..... | 51 |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 56 |
| 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN | 56 |
| 3.2. MATERIALES..... | 56 |
| 3.2.1. PRODUCTO TERMINADO..... | 56 |
| 3.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL EMPAQUE USADO: | 56 |
| 3.2.3. REACTIVOS | 58 |
| 3.2.4. MATERIALES..... | 58 |

| | | |
|--------|---|----|
| 3.2.5. | EQUIPOS | 59 |
| 3.3. | MÉTODOS | 60 |
| 3.3.1. | DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL | 61 |
| 3.3.2. | MÉTODO PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL | 62 |
| 3.3.3. | VARIABILIDAD SENSORIAL DE LAS CINCO MARCAS Y RANGOS DE CALIDAD EN TAZA CON EL TRASCURSO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO..... | 65 |
| 3.3.4. | CALCULO DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ALIMENTOS | 66 |
| 3.3.5. | MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO | 66 |
| 3.3.6. | MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO..... | 67 |
| IV. | RESULTADOS Y DISCUSIONES..... | 68 |
| 4.1. | RESULTADOS..... | 68 |
| 4.1.1. | COMPONENTES GENERALES DEL CAFÉ TOSTADO..... | 68 |
| 4.1.2. | ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO | 70 |
| VI. | DISCUSIONES..... | 83 |
| VII. | CONCLUSIONES | 84 |
| VIII. | RECOMENDACIONES | 85 |
| IX. | BIBLIOGRAFÍA..... | 86 |
| X. | ANEXOS | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: <i>Aplicación de la evaluación sensorial</i> | 50 |
| Tabla 2: <i>Periodos de muestreo para el análisis estadístico de determinación de vida útil</i> | 51 |
| Tabla 3: <i>Análisis de varianza</i> | 52 |
| Tabla 4: <i>Cuadro auxiliar</i> | 52 |
| Tabla 5: <i>esquema del análisis de varianza</i> | 53 |
| Tabla 6: <i>Media y límites superior e inferior</i> | 55 |
| Tabla 7: <i>Materiales empleados en los empaques de las cinco marcas de café tostado.</i> | 57 |
| Tabla 8: <i>Rango sensorial y de marcas comerciales clasificado por el área de control de calidad de la Cooperativa Sol&Café según SCAA</i> | 61 |
| Tabla 9: <i>Escala de calidad del café.</i> | 64 |
| Tabla 10: <i>Variabilidad sensorial en el transcurso del tiempo de almacenamiento</i> | 66 |
| Tabla 11: <i>formato para prueba sensorial para vida útil</i> | 66 |
| Tabla 12: <i>Análisis fisicoquímicos día 0</i> | 68 |
| Tabla 13: <i>Análisis fisicoquímicos día 120</i> | 68 |
| Tabla 14: <i>Análisis fisicoquímicos día 240</i> | 69 |
| Tabla 15: <i>Grado de color de las cinco marcas comerciales de café tostado molido (Coofea arabica)</i> | 70 |
| Tabla 16: <i>Análisis microbiológico día 0</i> | 70 |
| Tabla 17: <i>Análisis microbiológico día 120</i> | 71 |
| Tabla 18: <i>Análisis microbiológico día 240</i> | 71 |
| Tabla 19: <i>Requisitos microbiológicos para café tostado, en grano o molido</i> | 72 |
| Tabla 20: <i>La variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza con el trascurso del tiempo de almacenamiento.</i> | 72 |
| Tabla 21: <i>Limites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 1</i> | 74 |
| Tabla 22: <i>Limites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 2</i> | 76 |
| Tabla 23: <i>Limites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 3</i> | 78 |
| Tabla 24: <i>Limites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A4</i> | 79 |
| Tabla 25: <i>Limites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A5</i> | 81 |
| Tabla 26: <i>Resultados análisis sensorial marca A 1</i> | 88 |
| Tabla 27: <i>Resultados análisis sensorial marca A 2</i> | 89 |
| Tabla 28: <i>Resultados análisis sensorial marca A 3</i> | 89 |
| Tabla 29: <i>Resultados análisis sensorial marca A 4</i> | 90 |
| Tabla 30: <i>Resultados análisis sensorial marca A 5</i> | 90 |
| Tabla 31: <i>Suma de cuadrados para la marca A 1</i> | 91 |
| Tabla 32: <i>Suma de cuadrados para la marca A 2</i> | 91 |
| Tabla 33: <i>Suma de cuadrados para la marca A 3</i> | 92 |
| Tabla 34: <i>Suma de cuadrados para la marca A 4</i> | 92 |
| Tabla 35: <i>Suma de cuadrados para la marca A 5</i> | 93 |
| Tabla 36: <i>Análisis de varianza marca A 1</i> | 93 |
| Tabla 37: <i>Análisis de varianza marca A 2</i> | 93 |
| Tabla 38: <i>Análisis de varianza marca A 3</i> | 93 |
| Tabla 39: <i>Análisis de varianza marca A 4</i> | 94 |
| Tabla 40: <i>Análisis de varianza marca A 5</i> | 94 |
| Tabla 41: <i>Valores correspondientes a los niveles de error 5 %y 1%</i> | 94 |
| Tabla 42: <i>Análisis de humedad % con 3 repeticiones y tiempos de 0, 120 y 240 días</i> | 95 |

| | |
|--|-----|
| Tabla 43: <i>Análisis de ceniza (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días</i> | 95 |
| Tabla 44: <i>Análisis de grasa (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días</i> | 95 |
| Tabla 45: <i>Análisis de proteínas (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días</i> | 95 |
| Tabla 46: <i>Análisis de Ph con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días</i> | 96 |
| Tabla 47: <i>Análisis de varianza para la marca A 1</i> | 96 |
| Tabla 48: <i>Análisis de varianza para la marca A 3</i> | 96 |
| Tabla 49: <i>Análisis de varianza para la marca A 4</i> | 97 |
| Tabla 50: <i>Análisis de varianza para la marca A 5</i> | 97 |
| Tabla 51: <i>F. Calculado para 0 días de análisis fisicoquímicos</i> | 97 |
| Tabla 52: <i>Prueba de Duncan para 0 días</i> | 98 |
| Tabla 53: <i>F. Calculado para 120 días de análisis fisicoquímicos</i> | 98 |
| Tabla 54: <i>Prueba de Duncan para 120 días</i> | 98 |
| Tabla 55: <i>F. Calculado para 240 días de análisis fisicoquímicos</i> | 99 |
| Tabla 56: <i>Prueba de Duncan para 240 días</i> | 99 |
| Tabla 57: <i>ANVA combinado</i> | 99 |
| Tabla 58: <i>Duncan para fecha (media y significancia)</i> | 100 |
| Tabla 59: <i>Datos de materia prima A1</i> | 107 |
| Tabla 60: <i>Datos de materia prima A2</i> | 107 |
| Tabla 61: <i>Datos de materia prima A3</i> | 107 |
| Tabla 62: <i>Datos de materia prima A4</i> | 108 |
| Tabla 63: <i>Datos de materia prima A5</i> | 108 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| <i>Figura 1:</i> Árbol de la familia del café | 14 |
| <i>Figura 2:</i> Composición del fruto del café (<i>coffea arabica</i>) | 15 |
| <i>Figura 3:</i> Calificación y descripción de la calidad de la bebida de café variedad Colombia, según la pérdida de peso en la tostación (Escala de 9 puntos. 9-7 calidad superior; 6-4 calidad media; 3-1 rechazo)..... | 21 |
| <i>Figura 4:</i> Resumen de deterioro de los alimentos y vida de anaquel, indicadores críticos en la vida útil y límites de aceptabilidad. | 37 |
| Figura 5: Isotermas de adsorción a 22 °C de café tostado, en granos y molido. | 40 |
| <i>Figura 6:</i> Gráfico Arrhenius de la liberación de volátiles de granos de café tostado a diferentes temperaturas (Expresado en ratio de liberación de volátiles vs. Temperatura -1 (K))..... | 41 |
| <i>Figura 7:</i> Efecto de la Aw en el tiempo de vida del café tostado molido. | 41 |
| <i>Figura 8 :</i> Efecto de la temperatura en el tiempo de vida del café tostado molido. | 42 |
| <i>Figura 9:</i> logística para evaluaciones sensoriales | 43 |
| <i>Figura 10:</i> Producto terminado en las cinco marcas comerciales: A1 (Café Tres Ríos), A2 (Café Amojú), A3 (Pakas Coffee), A4 (Uun Coffee) y A5 (Dios Te Dé). | 57 |
| <i>Figura 11:</i> Esquema del diseño experimental. | 60 |
| <i>Figura 12:</i> Escala de categorías en base con el Puntaje Total obtenido para cafés de especialidad por el método SCAA y las cinco marcas comerciales de la Cooperativa Sol&Café, según su rangos de puntaje sensorial tota..... | 65 |
| <i>Figura 13:</i> sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 1. | 75 |
| <i>Figura 14:</i> sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 2. | 77 |
| <i>Figura 15:</i> sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 3. | 78 |
| <i>Figura 16:</i> sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 4. | 80 |
| <i>Figura 17:</i> sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A4. | 82 |
| Figura 18: Muestras de Café | 100 |
| Figura 19: Análisis de proteínas con la unidad de digestión y destilador Kjeldahl | 100 |
| <i>Figura 20:</i> Análisis para determinar fibra con el equipo digestor de fibra | 100 |
| Figura 21: Análisis de extracto etéreo y el equipo Soxhlet | 100 |
| <i>Figura 22:</i> Análisis para determinar la humedad con el equipo estufa | 101 |
| <i>Figura 23:</i> Análisis para determinar cenizas con el equipo mufla..... | 101 |
| <i>Figura 24:</i> Iniciar el control de tiempos con | 101 |
| <i>Figura 25:</i> Oler los volátiles del café detectando aroma en seco o fragancia. | 102 |
| <i>Figura 26:</i> Control de temperatura 92 °C, para verter sobre el café molido..... | 102 |
| <i>Figura 27:</i> Muestras colocadas 15 minutos antes como máximo de realizar a infusión, preparar la repeticiones. | 102 |
| <i>Figura 28:</i> Pesado relación optima de 8.25 gramos por 150 ml de agua | 102 |
| <i>Figura 29:</i> Adición de agua a temperatura establecida | 103 |
| <i>Figura 30:</i> Proceso de romper la capa o costra con una cuchara redondeada, oler los vapores, para medir el aroma..... | 103 |
| <i>Figura 31:</i> Porceso de limpieza de y eliminación de las partículas de la superficie del pirex. .103 | |
| <i>Figura 32:</i> Control de la temperatura a 70 °C de 8 a 10 minutos, para iniciar la evaluación sensorial. | 103 |
| <i>Figura 33:</i> Proceso de aspiración del vapor y exparcir la bebida uniformemente sobre toda la lengua y el paladar | 104 |

| | |
|---|-----|
| <i>Figura 34:</i> Toma de datos de la características organoléptica durante el proceso de catación. | 104 |
| <i>Figura 35:</i> Preparación de medios de cultivo..... | 105 |
| <i>Figura 36:</i> Esterilización de material..... | 105 |
| <i>Figura 37:</i> Preparación de la 10 g de muestra café tostado y 90 ml de caldo peptona 0.1 %. .. | 105 |
| <i>Figura 38:</i> Lectura en placa de recuento de aeróbios mesófilos incubado en 35 °C por 72 h del café tostado molido. | 105 |
| <i>Figura 39:</i> Recuento de mohos y levaduras del café tostado molido. | 106 |
| <i>Figura 40:</i> Resultado de análisis de coliformes con la prueba presultiva en caldo (LST), ausencia de burbuja (-) a las 48 h. | 106 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| ANEXO 1: Formato de catación elaborado por la SCAA | 88 |
| Anexo 2: Resultados de análisis sensorial por el método SCAA según el rango establecido por la cooperativa Sol & Café | 88 |
| ANEXO 3: Tablas de evaluación sensorial de alimentos para determinar la vida útil | 91 |
| ANEXO 4: Tablas de datos de análisis fisicoquímicos | 95 |
| ANEXO 5: Tablas de análisis de varianza para cada marca comercial de datos de análisis fisicoquímico..... | 96 |
| ANEXO 6: Evaluación estadística para análisis fisicoquímicos..... | 97 |
| ANEXO 7: Fotos de los análisis fisicoquímicos del café tostado molido..... | 100 |
| ANEXO 8: Fotos de los análisis sensoriales de las cinco marcas café tostado molido..... | 101 |
| Anexo 9: En las fotos se muestran los análisis microbiológico (recuento de mohos y levaduras, recuento de aeróbios mesófilos y coliformes) de las cinco marcas comerciales de café tostado molido. | 105 |
| ANEXO 10: Trazabilidad de la materia prima obtenida para el estudio..... | 107 |

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue determinar la vida útil de cinco marcas comerciales de café tostado molido, almacenado por 240 días y temperatura de $(25 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C})$ y humedad relativa de $(74 \pm 2 \text{ } \%)$. El empaque usado fue (PET/ BOPPM/ CPE). Se tuvo el control de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos cumpliendo con la ley de inocuidad y la NTP de café tostado y molido. La estimación de vida útil, se realizó con café tostado de cinco marcas comerciales, usando criterios de la metodología descriptiva cuantitativa y el respectivo formato establecido por SCAA *Specialty Coffee Association of America*, para evaluar el rango sensorial en el tiempo. También se consideró tomar la metodología de la SCAA en la infusión de la bebida, para estimar el tiempo de vida útil, aplicando pruebas sensitivas de comparación múltiple (Espinoza, 2003, 98). Se registró un rango sensorial de 180 días como el tiempo máximo dentro del parámetro sensorial de cada marca. Paralelamente se determinó la vida útil del café, para que obtengan el grado de calidad 3,0: las maracas A1 llevaron en media (181 y 201), A2 (181 y 201), A3 (176 y 196), A4 (185 y 203), A5 (185 y 198) días.

Palabras claves: vida útil, calidad sensorial.

ABSTRACT

The objective of this investigation was determine the shelf life of five brands of ground roasted coffee, stored for 240 days at a temperature of $(25 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C})$ and a relative humidity of $(74 \pm 2 \text{ } \%)$. The packaging used was (PET/ BOPPM/ CPE). Physical, chemical and microbiological parameters were controlled in compliance with the safety law and the NTP of roasted and ground coffee. The shelf life estimation was made with roasted coffee from five brands, using criteria from the quantitative descriptive methodology and the respective format established by the SCAA Specialty Coffee Association of America, to evaluate the sensory range over time. It was also considered to take the SCAA methodology in the infusion of the beverage, to estimate the useful life time, applying sensitive multiple comparison tests (Espinoza, 2013, 98). A sensory range of 180 days was recorded as the maximum time within the sensory parameter of each mark. At the same time, the useful life of the coffee was determined in order to obtain a quality grade of 3.0: the A1 marks were used on average (181 and 201), A2 (181 and 201), A2 (181 and 201), A3 (176 and 196), A4 (185 and 203), A5 (185 and 198) days.

Keywords: shelf life and sensory quality.

I. INTRODUCCIÓN

Kilcast y Subramanian; citado por Basilio, (2015, p.1) indica que actualmente, los consumidores demandan alimentos de calidad aceptable lo cual esperan que se mantenga entre la producción y el consumo. De allí, la urgencia de que los productores de alimentos deben contar con los medios necesarios para predecir la vida útil de un determinado alimento. Teniendo en cuenta la gran importancia de vender la calidad aceptable de este producto es que se realiza el presente estudio, en acuerdo con la Coop. Sol&Café, conocer la vida útil en función de su calidad sensorial para las cinco marcas comerciales de café tostado y molido, que esta cooperativa produce.

A diferencia del plano local la mayoría de las empresas expenden café tostado molido sin indicación de fecha de vencimiento, en consecuencia el consumidor desconoce la durabilidad del producto, adquiriendo quizá un café vencido provocando las mermas de consumo. Esto tuvo en cuenta la cooperativa Sol&Cafe para vender sus productos con la calidad óptima deseada e información precisa para el consumidor, cumpliendo con las disposiciones para Habilitación Sanitaria y Validación Técnica del Plan HACCP, para la fabricación de alimentos y bebidas debe de contar con estudios que sustenten el tiempo de vida útil declarado en la descripción o etiqueta del producto. También se tuvo en cuenta que a futuro se puede exportar y los principales puntos críticos son saber las fechas exactas de durabilidad de este producto, facilitando la comercialización y el envío oportuno a su destino final, por el tiempo que implica el transporte y logística.

Para poner en contexto el consumo del café a nivel nacional e internacional el MINAGRI (2016), señala que actualmente el consumo per cápita anual llega apenas a los 500 gramos, frente a otros países como Brasil que consume 6 kg per cápita al año o naciones nórdicas que alcanzan los 10 kilos. También MINAGRI (2016), señala que más de 223 mil familias de pequeños productores dedican al cultivo del café a lo largo y ancho de 338 distritos rurales, 68 provincias y 17 regiones a nivel nacional generando cada año

más de 54 millones de jornales directos y 5 millones de jornales indirectos en la cadena de valor. Así mismo una importante fuente generadora de empleo e ingresos y un gran demandante de insumos, bienes y servicios; también, es uno de los productos principales para la ejecución de programas y proyectos de desarrollo alternativo en el sector.

El Perú se convirtió en los últimos años en uno de los principales referentes en cafés especiales, donde figura entre los 10 principales países productores y exportadores de ese tipo de café junto a México, Brasil, Honduras, Guatemala, Costa Rica, entre otros y el segundo exportador mundial de café orgánico y las principales regiones productoras son Junín, Pasco, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Puno y Cusco.

Por lo tanto, el objeto de estudio que se planteó en la investigación es obtener la vida útil del café tostado y molido (*coffea arabica*) de cinco marcas comerciales en función de su calidad sensorial.

Esta investigación dio respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuál es vida útil de las cinco marcas de café tostado molido en condiciones de temperatura (25 ± 2 °C) y humedad relativa (74 ± 2 %) en un tiempo de almacenamiento de 8 meses? ¿Cuál es la vida útil, según el rango calidad sensorial de cinco marcas comerciales del café tostado y molido? ¿Qué marca de café tostado molido es mayor y menor durabilidad?

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LA HISTORIA DEL CAFÉ

El café arábico es originario de las tierras altas de más de 1000 m.s.n.m. de Etiopía y Sudán, África. En los años 575 y 890, los persas lo llevaron a Arabia y Yemen, en tanto que los nativos africanos lo extendieron a Mozambique y Madagascar. De aquí los holandeses y los portugueses, entre los años 1600 y 1700, lo trasladaron a Ceilán, posteriormente a Java y a la India, así como a otras regiones de Asia y África. (Mora, 2008, p. 8)

Los datos históricos registran la llegada de plantaciones de café a Lima en 1760 desde la ciudad de Guayaquil, cuando ésta formaba parte del virreynato del Perú, pero dan cuenta de que ya existían algunas plantas en Huánuco, aunque sin fecha exacta ni lugar de procedencia. Nadie pudo dar cuenta de quién las sembró por primera vez.

Recientes descubrimientos apuntan al distrito de Chinchao, como la zona donde comenzó a cultivarse el café entre 1740 y 1760, y precisamente a partir de este descubrimiento la Junta Nacional del Café está financiando una investigación para rastrear mayor información sobre la llegada del grano aromático a Chinchao, y cómo fue ampliando su cobertura hacia localidades aledañas, hasta diseminarse por los valles de toda selva central y de ahí a otras zonas del país.

El café encontró en los valles interandinos y selva alta del Perú un terreno propicio para florecer. La altitud, el calor y la suficiente humedad de estas zonas hicieron que a fines del siglo XVIII, el café se hubiera posicionado en la selva alta semitropical de Huanuco, Moyabamba, Cusco y Jaén, a fin de satisfacer el creciente mercado local. La historia da cuenta que ya entonces el café comenzó a llevarse a otras partes del virreynato.

Este producto se cultivó inicialmente junto a la caña de azúcar, coca, tabaco y cacao. Pero a partir de 1850 el valle del río Perené, colonizado por los franceses, alemanes, ingleses e italianos y que ahora pertenecen a Chanchamayo, Tarma y La Merced se consolidaron como zonas cafetaleras de primer nivel.(JNC 2016).

2.2. TAXONOMÍA

El café pertenece al género *Coffea* y a la familia de las rubiáceas la cual tiene muchas especies originarias en su mayoría del trópico, y que se distinguen por ciertos caracteres de la flor. Entre estas familias se encuentran las quininas, la ipecacuana, los jazmines, las gardenias, entre otras. Esto es importante saberlo, ya que las enfermedades de una especie pueden ser comunes a otras de la misma familia.

Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea* son conocidas como *coffea arabica linneo* (conocida como Arábica o Arábica) y *Coffea canephora* (conocida como Robusta).

Las características que definen sus cualidades, dependen en sumo grado de sus variedades y de su procedencia.

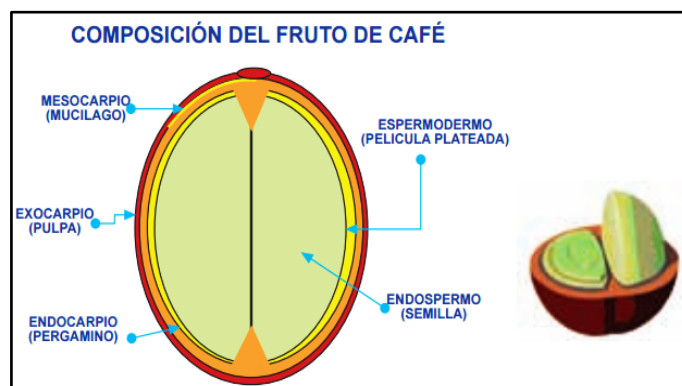
La taxonomía del cafeto puede considerarse de la forma:

1. Grupo. Fanerógama, por ser planta de flores aparentes (órganos sexuales visibles).
2. Clase. Angiospermas, por ser una fanerógama con semillas contenida en ovarios cerrados.
3. Subclase. Dicotiledóneas, por ser un angiosperma que contiene dos hojas embrionarias o semillas.
4. Orden. Rubiales, por ser dicotiledóneas con ovario ínfero, flor radiada, tetra o pentámera (4 ó 5 piezas en cada verticilo).
5. Familia. Rubiáceas, por ser rubial, que posee flores antinomosfas (regulares), tetraciclicas (4 vertigos), pentámeras, ovario ínfero y bilobulado; y óvulos uniteguminados, hojas simples con estípulas.

2.3. FRUTO DEL CAFÉ

El fruto del cafeto es una drupa que contiene 2 semillas, las que se encuentran separadas por el tabique interno del ovario. El color verde del fruto, según su maduración, cambia a verde amarillento y posteriormente a rojo vinoso.

La Figura 2 describe las partes principales del fruto del café.



Fuente: (Soto, 2010, p.15).

Figura 2: Composición del fruto del café (Coffea arabica)

Se distinguen tres partes principales en el fruto: el exocarpio constituido por una sola capa de células de paredes finas, el mesocarpio, que es una sección parenquimatosa rica en azúcares, taninos y sustancias colorantes, y el endocarpio o pergamino que es una cubierta de consistencia coriácea. Soto; citado por Pacheco. (2016, p. 6).

2.4. PROCESO DE BENEFICIO

El beneficio del café es la extracción de las semillas del fruto. Consiste en la remoción de la pulpa del fruto, dejando la semilla que posteriormente será secada. (Figueroa; citado por Pacheco (2016, p. 6).

Los métodos de beneficio más usados en nuestro país son: Beneficio Vía húmeda, Beneficio Vía seca, pero también existen otros métodos según los resultados que se desee obtener a nivel sensorial y lo para lo que el clima permita (proceso de pulpa natural y /o miel y Semi Washed entre otros)

2.4.1. Beneficio por vía húmeda

a. Cosecha selectiva y acopio interno

La cosecha o recolección de café, es la acción de recolectar los frutos maduros o cerezas.

La recolección de los frutos maduros se realiza selectivamente con los dedos, evitando la destrucción de las yemas ubicadas en los nudos de las ramas. No deben cosecharse los granos verdes o inmaduros, porque se rompen en la despulpadora, causando granos mordidos; además, de la manifestación a sabores astringentes en la bebida. En la época de cosecha se pueden realizar dos o tres recolecciones, según el estado de madurez de los frutos.

El acopio del café es la acción de transportar el café cosechado en sacos al lugar donde se procederá al beneficio húmedo. El café debe colocarse en lugares frescos, evitando el amontonamiento y la exposición al sol, porque se provocan manchas en el pergamino, dando una bebida de inferior calidad. Duicela, et al. (2010, p.4).

b. El boyado

El boyado es una práctica recomendada antes del despulpado del café cereza y consiste en sumergir las cerezas de café en un recipiente con agua (tanque de cemento, tanques o tinas de plástico) para eliminar las hojas, pedazos de palos, o cualquier otra materia extraña, además de los frutos vanos o inmaduros que flotan en el agua. Duicela, et al. (2010, p.4).

c. Despulpado

El despulpado es la acción de eliminación de la cáscara y parte de la pulpa usando máquinas despulpadoras. Cuando la cereza se encuentra en el estado óptimo de maduración, es jugosa, facilitando la labor del despulpado y permitiendo realizar este proceso sin el uso de agua. Este proceso se conoce como despulpado en seco (sin adición de agua).

Durante la época de cosecha, la despulpadora debe calibrarse varias veces, ya que al inicio los frutos son pequeños. Como consecuencia de un mal funcionamiento de la despulpadora, en el café se provocaría los siguientes daños: granos mordidos, granos trillados, granos aplastados, granos

parcialmente despulpados, granos que se pasan a la pulpa y granos sin despulpar que pasan enteros. Estos granos dañados son considerados como defectos en el análisis de caracterización física; además, provocan sabores a fermento, mohoso, sucio, tierra y agrio. Duicela, et al. (2010, p.4).

d. Fermentado

La fermentación es el proceso biológico de eliminación del mucílago que cubre al pergamino. Este mucílago ya descompuesto se disuelve fácilmente en agua y se elimina por medio de lavado. La fermentación natural es producida por numerosos microbios como diferentes levaduras, hongos y bacterias que se alimentan del azúcar de la pulpa y del mucílago. Estos microbios se multiplican con extremada rapidez y producen sustancias llamadas enzimas que desprenden el mucílago. Para fermentar el café se utilizan tanques de fermentación, que pueden ser de madera, plástico o concreto. No son recomendables los recipientes de hierro porque manchan el pergamino.

Dependiendo de la temperatura ambiental, la madurez del café y el diseño de los tanques fermentadores, la fermentación demora entre 12 y 20 horas. El punto óptimo de fermentación se determina frotando una cantidad de café con las manos. Si el grano es áspero y al remover el sonido es como de cascajo, está listo para iniciar el lavado.

Otra manera de probar el punto óptimo de fermentación, es introducir un palo en la masa de café; si deja huella sin desmoronarse, está fermentado.

Una fermentación incompleta puede causar los siguientes problemas: dificultad en el lavado del café, secado más demorado y por ende más costoso y el mucílago que queda adherido a la ranura del grano en el lavado, favorece el desarrollo de hongos durante el almacenamiento. Cuando existe una sobre fermentación algunas consecuencias se describen a continuación: Pérdida de peso en el café, pergamino manchado y granos defectuosos que producen una bebida de mala calidad, con sabores avinagrados, picantes y desabridos. Duicela, et al. (2010, p.5).

e. Lavado

El lavado se realiza para eliminar todo el mucílago y sustancias solubles que se forman durante la fermentación. En el caso de los cafés fermentados naturalmente se requiere 40 litros de agua por cada kilo de café pergamino seco. Debe efectuarse el lavado manteniendo el cuidado para que no queden restos de mucílago adheridos al pergamino.

Los granos de café se restriegan para que el mucílago se desprenda hasta que queden completamente limpios. El lavado puede realizarse en tanques tina o de fermentación, recipientes, canalones, de acuerdo al volumen de producción a beneficiarse y al tipo de planta de beneficio. El agua utilizada para lavar, como en todas las etapas de elaboración, debe ser limpia para asegurar la calidad del producto final. El agua sucia o agua contaminada con sedimento fino y el agua reciclada con un gran contenido de sólidos pueden dejar gustos terrosos y otros sabores extraños. Duicela, et al. (2010, p.5).

f. Secado

El secado es la etapa de beneficio que tiene el propósito de disminuir la humedad del grano hasta llegar al 10-12.5%, porcentaje con el que se puede almacenar para evitar los ataques de hongos o adquirir olores y sabores indeseables. El secado al sol se realiza en tendales o patios de cemento, entablillados de madera, zarandas de plástico o malla metálica y en marquesinas. El secado al sol permite lograr una mejor calidad, si los granos no se rehumedecen durante el secamiento; por eso, es conveniente cubrir el café con lonas inmediatamente en caso de lluvias. Este tipo de secado se debe efectuar lo más uniforme posible; para lograrlo deben esparcirse los granos en capas delgadas de 3-5 centímetros de espesor, conforme aumente el secamiento, removiendo 3-4 veces al día para acelerar y emparejar el grado de secado. El tiempo del secado al sol depende de las condiciones climáticas de la región, del espesor de la capa de café y de la frecuencia con la que se remueva el grano. El café pergamino para secarse requiere de 40-50 horas de sol. Se debe evitar las mezclas de café totalmente seco con café que no se ha secado completamente, ya que los cafés con falta de secado toman olores

desagradables y son atacados por hongos afectando la calidad de todo el producto final.

Por otra parte, el secado artificial se realiza en diversos tipos de secadoras que utilizan aire caliente a presión. El secado en la guardiola o secadora no debe sobrepasar los 45 grados centígrados. Este sistema de secado artificial se recomienda en fincas con alta producción y en zonas húmedas donde el secado natural es muy dificultoso por la lluvia y la baja luminosidad. En la actualidad se recomienda el secado en marquesinas o secadores solares. Duicela, et al. (2010, p.5).

g. Trillado

El trillado del café pergamino es el paso en el cual se separa el pergamino del grano, teniendo estricto control para no dañar la calidad del café, razón por la cual, el proceso y las maquinarias deben ser supervisadas continuamente. La piladora debe ser revisada y ajustada cuidadosamente para que los granos no se quiebren o maltraten. Duicela et al. (2010). Duicela, et al. (2010, p.5).

2.4.2. Beneficio por vía seca

El beneficio por vía seca es un proceso de transformación del café cereza a café natural.

a. Secado del café cereza

El tratamiento que se da al café cereza consiste en deshidratarlo, por medios naturales o artificiales, hasta un nivel en que puede ser llevado a la piladora para la eliminación física de las envolturas del almendro. El café secado con todas las envolturas se conoce como café bolo seca que luego de ser pilado se denomina café natural.

Para preparar el café natural se deben tomar en consideración las recomendaciones indicadas para el beneficio por la vía húmeda, en las fases de cosecha selectiva, acopio, boyado (opcional), secado y pilado. En éste método de beneficio no se realiza el despulpado ni el lavado. Duicela, et al. (2010, p.9).

b. Café bolo seca

El café bolo seca son las cerezas de café secadas con todas sus envolturas, al sol o mediante métodos artificiales. El café cereza cosechado se coloca en el tendal de cemento a plena exposición solar, durante 10-20 días, según las condiciones climáticas de la zona. En este proceso, la café cereza se extiende en los tendales en capas de 5 centímetros de espesor removiéndole de 3-5 veces al día. Conforme progresa el secado se disminuye el espesor de la capa de los frutos, hasta llegar a 3 centímetros y obtener el café bolo seca de color castaño oscuro, de aspecto quebradizo y con un sonido de la almendra desprendida dentro de la cáscara.

El café en proceso de secado, debe cubrirse con una lona, por las noches o cuando haya riesgos de lloviznas, para evitar los rehumedecimientos y las condiciones predisponentes para el ataque de hongos, finalizado este proceso se realiza el pilado y tenemos como producto final el café natural. Duicela, et al. (2010, p.10).

2.5. CAFÉ TOSTADO MOLIDO

a. Tostado

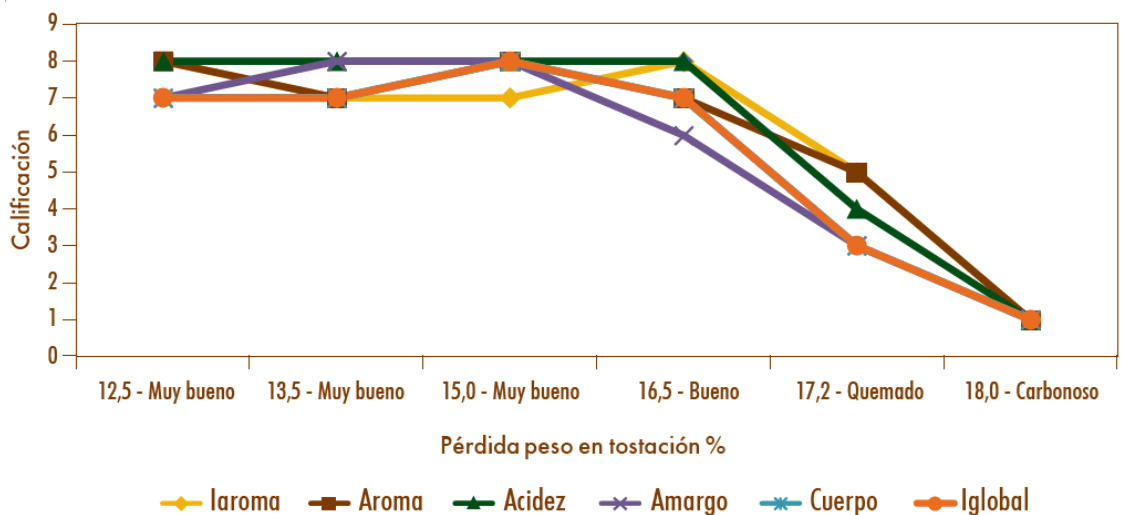
La tostación del café es un proceso que depende de la temperatura, del tiempo, de la tecnología del equipo tostador y de la carga; en general, los granos se tuestan durante 6 a 15 minutos. Según el grado de tostación, los granos de café tostado presentan diferentes características en el color, aspecto, volumen, densidad, pérdida de peso y cambios en la composición química que producen diferentes sabores y aroma. García; citado por Pacheco (2016, p. 16), define que la temperatura de torrefacción está entre 200 - 220 °C comúnmente.

En la torrefacción se desarrollan diversas reacciones entre los componentes del grano de café almendra, mediante la acción del calor. Entre estos cambios se destacan la desecación, la caramelización de la sacarosa, la degradación de aminoácidos, la reacción de Maillard, la despolimerización de carbohidratos, las oxidaciones de los lípidos y ácidos clorogénicos, la formación de ácidos, el cambio de la coloración del grano de verde a marrón y la producción de compuestos volátiles y de las melanoidinas.

En la tostación se pierde peso por la evaporación del agua y por los volátiles y CO₂ formados. Estas pérdidas de peso en la tostación se miden en porcentaje. Una tostación grado bajo corresponde a pérdidas de peso inferiores a 14%, media entre 14% y 17% y altas por encima de 17%.

La intensidad de las propiedades organolépticas de la bebida de café varía con el grado de tostación así: A mayor grado se intensifican el amargo y el cuerpo y se disminuye la acidez de la bebida (Figura 3). Las mezclas de las variedades de café Arábica de Colombia preparadas en una tostación media presentan características sensoriales muy buenas, equilibradas y suaves.

Los hongos y microorganismos del grano de café se mueren con el calor en la tostación, sin embargo, no toda la OTA del grano se degrada. Por el contrario, los defectos fenol y vinagre producidos en el cultivo o beneficio sí se sienten desde el aroma del café tostado. (CENICAFE, 2013, p. 106)



Fuente: (CENICAFE, 2013).

Figura 3: Calificación y descripción de la calidad de la bebida de café variedad Colombia, según la pérdida de peso en la tostación (Escala de 9 puntos. 9-7 calidad superior; 6-4 calidad media; 3-1 rechazo).

Es necesario que los operarios de la tostación se capaciten y familiaricen con estos fenómenos, para lograr una tostación óptima y el buen desarrollo de los sabores y aromas del café tostado.

Las tostaciones en grados altos producen bebidas quemadas, con amargos y cuerpos muy fuertes y desagradables, mientras que cuando no se tuesta el

tiempo necesario, las bebidas de café resultan insípidas y aguadas, y el color del grano tostado es canela o marrón muy claro.

b. Molienda del café

El café tostado debe molerse para aumentar el área superficial de contacto con el agua y así facilitar la extracción de los compuestos del aroma y sabor. Mientras más finas las partículas, más rápida es la velocidad en la preparación de la infusión. El tamaño de la molienda está determinado por el método y equipo de preparación.

En general, el molido grueso (tamaño de 1 mm) se aplica para percoladores de café domésticos, el molido medio (0,5 mm) para cafeteras de goteo y el molido fino (menor a 50 micras) para preparaciones espresso Peláez y Moreno; citado por CENICAFE, (2013). El café molido debe empacarse y protegerse de la humedad y del oxígeno para evitar el defecto a rancio.

Durante la molienda, almacenamiento y preparación del extracto de la bebida de café se pierde gran parte de los compuestos volátiles producidos en la tostación, por esta razón, se requiere de empaques herméticos y condiciones de almacenamiento frescas y secas para conservar el producto hasta su consumo. (CENICAFE, 2013, p. 108)

2.6. CALIDAD DEL CAFÉ

a. Características del café de buena calidad

El café de buena calidad es al mismo tiempo sano e inocuo, sus cualidades organolépticas son balanceadas y agradables, la composición química es natural, y además, no contiene sustancias contaminantes, ni adulterantes.

Inocuidad indica que tanto los frutos de café, como los granos en pergamino y en almendra no contienen sustancias químicas tóxicas o microorganismos, en niveles que causen daño a la salud de las personas, al preparar o consumir la bebida.

La inocuidad del café se pierde por el contacto del grano o de la bebida durante su procesamiento o almacenamiento con sustancias contaminantes como insecticidas, combustibles, micotoxinas o aguas sucias. Además, estas

contaminaciones originan defectos en el grano y en la bebida de café, como mohoso, tierra, químico y ahumado. (Puerta; citado por CENICAFE, 2013, p. 108).

b. Calidad física

El fruto de café de buena calidad es sano y maduro; el grano pergamino tiene apariencia homogénea, olor fresco característico a café, color amarillo claro y una humedad entre el 10% y el 12%. El café en almendra bueno tiene apariencia homogénea y sana, olor fresco, color verdeazulado, humedad entre el 10% y el 12%; su tamaño varía según la variedad y se mide en mallas de 12/64 a 18/64 de pulgada. Los granos caracoles son más pequeños y si están sanos presentan buena calidad.

Actualmente, en las Cooperativas de todo el país se incentiva al caficultor por la calidad del café vendido, cuando más del 75% de la almendra está sana (FNC; citado por CENICAFE, 2013, p. 82.)

c. Calidad de la bebida

La calidad de la bebida de café está conformada por varias características organolépticas que son el aroma, la acidez, el amargo, el cuerpo, el dulzor, el sabor y la impresión global principalmente.

Una taza de café de buena calidad es suave, limpia, tiene acidez agradable, amargo moderado y aromas intensos tostados, dulces, herbales o a frutas. Los aromas y sabores a vinagre, stinker (hediondo), fenólico, terroso, químico, ahumado, reposo, acre y carbonoso, son defectos graves de la bebida de café, que indican deterioro o contaminación. (CENICAFE, 2013, p. 82)

1. Aromas.

La fragancia es el olor del café tostado y molido con agua se denomina aroma de la bebida. Las intensidades y tipos de aromas indican la calidad y frescura del café y permite identificar las condiciones en que se realizaron los procesos de manejo de plagas, beneficio, almacenamiento y preparación. El café de buena calidad tiene aromas intensos y agradables que están compuestos por cientos de sustancias volátiles. Estas sustancias juntas producen las diferentes descripciones y categorías del aroma del café, como:

tostados, dulces, caramelo, chocolate, herbal, floral, leguminoso, cereal, especias. (CENICAFE, 2013, p. 82)

2. Acidez.

Es la característica organoléptica que se destaca en los ácidos como el cítrico de las frutas cítricas. Esta sensación es esperada en el café Arábica que es beneficiado por la vía húmeda y también es muy apreciada en el café. La intensidad de la acidez se puede modificar mediante la fermentación y la tostación. La acidez se torna indeseable cuando es agria, picante, acre, astringente o ausente, derivada de inadecuadas prácticas de cosecha y en el beneficio del café. La bebida de café con defecto fermento presenta una acidez alta y agria. En el café Robusta se espera una acidez más neutra o baja. (CENICAFE, 2013, p. 82)

3. Amargor.

Es una característica natural de la bebida, otorgada por la cafeína, la trigonelina, los compuestos fenólicos, los ácidos clorogénicos, las melanoidinas y otros compuestos. Su intensidad depende del grado de tostación y de las cantidades de café y formas de preparar la bebida. (CENICAFE, 2013, p. 83)

4. Cuerpo.

Es una sensación táctil que se siente en la lengua como una mayor o menor concentración, debido a los sólidos solubles de la bebida de café. Los solubles del café dependen de la composición química del grano, de la especie del tipo de beneficio, del grado de tostación y tamaño de la molienda, de la preparación de la bebida, como el tiempo de contacto entre el café y el agua, la temperatura y calidad del agua y el tipo de preparación. (CENICAFE, 2013, p. 83)

5. Dulzor.

Es una cualidad que da suavidad a los cafés Arábica, está conformada por sustancias dulces como los azúcares. Los cafés Robusta son menos dulces. (CENICAFE, 2013, p. 83)

6. Sabor.

Es la integración de las sensaciones percibidas por los diferentes sentidos al probar una bebida de café, comprende las sensaciones gustativas de dulzor, acidez y amargor, además, las sensaciones olfativas y las del sentido del tacto en la lengua como la astringencia, el cuerpo y las sensaciones de calor y frío. El sabor residual se refiere a la sensación que permanece en la boca, después de probar y escupir la porción sorbida de la bebida; así, puede perdurar una sensación limpia y agradable con sabores dulces o frutales, o también sucia, pesada, desagradable, agria, áspera, picante. (CENICAFE, 2013, p. 83)

7. Impresión global.

Se refiere a la calificación general y a la clasificación de una bebida de café según su calidad, está relacionada con las calificaciones dadas a los aromas, cuerpo, amargo, acidez, dulzor y el sabor. (CENICAFE, 2013, p. 83)

2.7. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ

a. Carbohidratos

Los carbohidratos presentes en el café verde varían desde azúcares simples hasta almidones y dextrinas. Los almidones y dextrinas presentes en el café verde son hidrolizados y posteriormente solubilizados en el proceso de tostado (Clarke y Macrae, Bonnlander *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 19) mencionan que de los mono y disacáridos en el café verde, sólo quedan trazas de azúcares simples después del tostado. La Sucrosa, su principal azúcar soluble, es parcialmente hidrolizada y el resto es caramelizado. Los azúcares reductores son deshidratados, polimerizados, y parcialmente degradados a compuestos como aldehídos, además de agua, y dióxido de carbono. Farah *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 20) señalan que los azúcares del café actúan como precursores de otros compuestos aromáticos, tales como ácidos carboxílicos, furanos, furfural, etc.

Buffo y Cardelli; citado por Pacheco (2016, p. 20) mencionan que en presencia de los aminoácidos, con azúcares reductores da a su vez formación de compuestos melanoidinos por la reacción de Maillard. A temperaturas más elevadas, se da lugar a la caramelización de los azúcares. Estas

reacciones le otorgan el color marrón característico al café, dependiendo del grado de tostado que se realice.

En el caso de la Celulosa, Hemicelulosa y Lignina, los cuales constituyen la estructura de las células del grano de café, no son afectadas de manera significativa durante el tostado. Las reacciones de hidrólisis que sufren son muy pequeñas en comparación a las de los carbohidratos más simples Redgewell y Fisher, citado por Pacheco (2016, p. 20)

b. Proteínas

Bonnlander *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21) señalan el contenido de proteína cruda (Nitrógeno Kjeldahl multiplicado por 6.25) cambia mínimamente durante el tostado, mientras que los compuestos nitrogenados cambian por completo.

La proteína contenida en el café verde es aproximadamente 14 por ciento, pero prácticamente toda es desnaturalizada, con una correspondiente reducción de la solubilidad en agua, después del proceso de tostado. Debido a su insolubilidad, las proteínas tienen poca influencia en el sabor. Sin embargo, la pequeña fracción que es llevada al extracto, aporta una suave textura coloidal a la taza Bonnlander *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21).

Durante la pirólisis, se da la hidrólisis de los enlaces peptídicos, liberándose carbonilos, aminas, aminoácidos. Compuestos como el dimetil sulfuro son liberados, el cual es considerado como un constituyente muy importante del aroma y sabor, especialmente característico en los café de muy buena calidad Bonnlander *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21).

Bonnlander *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21) mencionan que de los aminoácidos libres, sólo quedan trazas después del tostado. Los principales productos de reacción son los compuestos de Maillard (Melanoidinos, sus precursores, y volátiles).

Songer, citado por Pacheco (2016, p. 21) señala que las proteínas solubles en agua, actúan encapsulando los compuestos aromáticos, siendo poco contribuyentes en el sabor por sí mismos. Sin embargo, sus productos de

descomposición pueden tener fuerte impacto aromático (como las aminas y compuestos aminados).

c. Lípidos

El tostado rompe la estructura celular del grano, permitiendo que los aceites se muevan con mayor libertad. Al romperse el citoplasma, coalescen las gotas de aceite en la pared celular, volviéndose móvil. Los aceites se difunden a través del grano, y salen al exterior. Esto le da una apariencia “aceitosa” a la superficie del grano, en tostado oscuros Nicoli *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21).

Frankel, citado por Pacheco (2016, p. 21) señala que durante el tostado, el calentamiento de los glicéridos del café verde, en presencia de agua y ácidos, provoca una hidrólisis parcial a glicerina y ácidos grasos. Illy y Navarini citado por Pacheco (2016, p. 21) mencionan que los ácidos grasos tiene el efecto de reducir la tensión superficial del extracto del café, lo que producirá menos espuma en el mismo.

Aunque los lípidos no aporten directamente al sabor, la fracción del aceite y los ácidos grasos cumplen la función de carriers de los compuestos aromáticos, por lo que su remoción trae un efecto perjudicial al sabor del café Bonnländer *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 21).

d. Acidez

La acidez en el café tostado proviene principalmente de 2 fuentes:

- Ácidos volátiles, provenientes de la hidrólisis de los carbohidratos durante la pirólisis.
- Ácidos no volátiles, presentes en el grano de café verde.

Buffo y Cardelli, citado por Pacheco (2016, p. 22) señala que la acidez durante el tostado varía considerablemente dependiendo del grado de tostado que se dé. Al inicio del tostado (177 °C), se da la formación de ácidos volátiles, tales como el ácido acético y fórmico (y homólogo). Conforme continúa el tostado, parte de estos ácidos empiezan a ser volatilizados, llegando a un punto donde el ratio de formación de ácidos volátiles, iguala a los liberados

por el grano, comúnmente en tostados medios. En tostados oscuros, prevalece la volatilización sobre la formación, disminuyendo su contenido (Bonnländer *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 22))

Homma, citado por Pacheco (2016) menciona que los ácidos no volátiles, en su mayor parte son degradados durante el tostado. El ácido clorogénico es hidrolizado a ácido cafeico y ácido quínico, y estos a su vez son degradados a compuestos fenólicos, por la reacción de pirólisis. El grado de hidrólisis es dependiente del tiempo de tostado. Sivetz y Foote citado por Pacheco (2016, p. 22) mencionan que los compuestos fenólicos son importantes por su contribución al aroma, más que por su acidez.

Balzer, citado por Pacheco (2016, p. 22) señalan que el mayor grado de acidez se logra en tostados ligeros, ya que la producción de ácidos volátiles, por su bajo peso equivalente, compensa la pérdida de acidez causada por la descomposición del ácido clorogénico. En tostados mayores, el valor de la acidez disminuye, ya que continúa la hidrólisis del ácido clorogénico, y la volatilización de los ácidos volátiles.

2.8. TIEMPO DE VIDA EN ANAQUEL

La vida útil de anaquel, de un alimento puede ser definido como una longitud finita de tiempo después de la producción y el embalaje durante el cual el producto alimenticio conserva un nivel de calidad requerido en condiciones de almacenamiento bien definidas. (Vidaurre 2016, p.3).

2.8.1. Deterioro de alimentos y tiempo de vida en anaquel

Realizar estudios de vida en anaquel en los alimentos, resulta un proceso complejo debido a la variedad de multicomponentes que los conforman; pero es necesario partir por recordar, cuales son los cambios físicos, químicos y biológicos que se presentan durante el procesamiento y almacenamiento, así como los diferentes factores que influyen durante el almacenamiento de los productos, de esta manera se puede entender que todos estos cambios que deterioran la calidad del alimento pueden ser monitoreados en el tiempo;

dando como resultado un estudio de la cinética de las reacciones de los alimentos. (Vidaurre 2016, p.3).

a. Cambios químicos durante el procesado y almacenamiento

Muchas reacciones químicas se pueden producir en los alimentos, ya sea por la interacción con los mismos componentes del alimento o con especies externas, como es el caso del oxígeno. Por ejemplo, en los alimentos que contiene abundante cantidad de lípidos en su composición, es el desarrollo de rancidez, la cual puede ocurrir a través de diferentes mecanismos, ya sean: reacciones lipolíticas/hidrolíticas, reacciones de oxidación, etc. Otras reacciones como la oxidación no enzimática como la reacción Maillard. La luz, también puede producir la pérdida de la calidad de algunos alimentos, a través de la pérdida de color en alimentos que contengan colorantes naturales.

El procesado de los alimentos somete a éstos a condiciones controladas con el objetivo de adaptarlos a un estado de seguridad, durabilidad y conveniencia, cosa que se efectúa incidiendo en parámetros clave biológicos, físicos y químicos. Inevitablemente, también pueden ocurrir y ocurren cambios indeseables (Vidaurre 2016, p.3).

- Entre los cambios que pueden clasificarse como deseables figuran:
- Desarrollo y conservación de propiedades organolépticas tales como el color, aroma y textura. Contribuyen de forma importante a alterar las propiedades organolépticas reacciones químicas complejas como la oxidación de los lípidos, la reacción de Maillard, la degradación de Strecker, la caramelización y las reacciones catalizadas por enzimas.
- También puede tener un profundo efecto sobre la textura la alteración química de los polímeros por enlaces de hidrógeno, enclaustramiento hidrofóbico y los enlaces cruzados vía iones multivalentes.
- La mejora de la funcionalidad de los ingredientes alimentarios, como la gelatinización y modificación química del almidón, la isomerización de la glucosa a fructosa y el procesado alcalino de las proteínas de la soja.

- El control de los enzimas, principalmente por desnaturalización térmica pero también por el control del pH, inhibición química, eliminación o modificación de los reactantes y secuestro de cofactores.
- Mejora de la digestibilidad y valor nutritivo e inactivación de agentes antinutricionales. (Vidaurre 2016, p.3).

b. Los cambios indeseables frecuentemente implican:

- La degradación del color, aroma y textura.
- El deterioro de las propiedades funcionales de los ingredientes, tales como la pérdida de capacidad hidratante, la emulsificación o capacidad espumante de las proteínas calentadas.
- La pérdida de valor nutritivo y el desarrollo de compuestos potencialmente tóxicos. Determinadas vitaminas son susceptibles al calor (por ej., C, tiamina, folato, B6) a la oxidación (por ej., C, D, E, A) o fotodegradación (riboflavina). Las proteínas, carbohidratos y lípidos pueden sufrir numerosas reacciones, expuestas detalladamente en capítulos previos. Dependiendo de la severidad de las condiciones y de los constituyentes coexistentes puede originarse una reducción del valor nutritivo y la formación de subproductos indeseables, a veces de significación toxicológica. (Vidaurre 2016, p.3).

Reacciones similares pueden seguir ocurriendo después del procesado a una velocidad determinada por las propiedades inherentes al alimento, tipo de envase y condiciones de almacenamiento y distribución. Estos factores determinan la vida útil de los alimentos.

El Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el año 1993, señala que una vez que el alimento ha sido empacado, existen diversos factores que pueden influir en el tiempo de vida en anaquel de un alimento y se pueden clasificar en factores intrínsecos y factores extrínsecos. (Vidaurre 2016, p.5).

Los factores intrínsecos son propios del producto terminado, estos incluyen los siguientes:

- La actividad de agua (aw).
- El valor de pH y acidez total, tipo de ácido.
- El potencial redox (Eh).

- El oxígeno disponible.
- Nutrientes.
- Microflora natural y recuentos microbiológicos sobrevivientes.
- Bioquímica Natural de la formulación del producto (enzimas, reactantes químicos).
- El uso de conservantes en la formulación del producto (por ejemplo, sal, aditivos, etc).

Los factores intrínsecos están influenciados por variables tales como el tipo de materia prima, calidad de los insumos, formulación y la estructura del producto. (Vidaurre 2016, p.3).

Los factores extrínsecos son aquellos factores que afectan la cadena de almacenamiento y transporte de los alimentos y son:

- El perfil de tiempo-temperatura durante el procesamiento, la presión en el espacio superior.
- Control de la temperatura durante el almacenamiento y la distribución.
- Humedad Relativa (HR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- La exposición a la luz (UV e IR) durante el procesamiento, almacenamiento y distribución.
- Carga microbiana ambiental durante la elaboración, almacenamiento y distribución.
- Composición de la atmósfera dentro de un envase.
- El tratamiento térmico posterior (por ejemplo, el recalentamiento o cocinar antes de su consumo).
- Manejo del Consumidor.

Todos estos factores pueden operar de una manera interactiva y con frecuencia impredecible y la posibilidad de interacciones debe ser investigada. Una interacción particular, se produce cuando los factores tales como la reducción de la temperatura, un tratamiento con calor leve, la acción de un antioxidante y el envasado en atmósfera

controlada operan en concierto para restringir el crecimiento microbiano; a esto se le conoce como «efecto barrera».

Esta forma de factores que, individualmente, no son capaces de prevenir la proliferación microbiana, pero que en combinación pueden proporcionar una serie de obstáculos, les permite a los fabricantes, utilizar técnicas de procesamiento más leves, que conserven mucho más las propiedades sensoriales y nutricionales del producto. La interacción de los factores intrínsecos y extrínsecos puede inhibir o estimular una serie de cambios que limiten el tiempo de vida en anaquel de los alimentos. Estos cambios pueden ser clasificados convenientemente como:

- Microbiológicos.
- Químicos.
- Físicos.

c. Cambios microbiológicos

El crecimiento de un microorganismo específico durante el almacenamiento depende de varios factores, siendo los más importantes: la carga microbiana al inicio del almacenamiento, las propiedades físico-químicas de los alimentos, como el contenido de humedad, pH, presencia de conservantes, el método de procesamiento utilizado en la producción del producto y el ambiente externo que lo rodea, tales como la composición del gas del empaque y la temperatura de almacenamiento. Un número de factores intrínsecos y extrínsecos afectan el crecimiento de algunos patógenos causantes del deterioro de los alimentos. (Vidaurre 2016, p.6).

Como sabemos, el crecimiento de microorganismos que producen intoxicación alimentaria, tales como las especies de *Salmonella* y *Listeria monocytogenes*, no necesariamente cambian el aspecto, olor, sabor o textura del alimento y consecuentemente plantean problemas serios para la salud. Aunque el crecimiento de microorganismo deteriorantes a menudo se puede identificar fácilmente por los cambios sensoriales, por ejemplo: visualmente se puede apreciar el crecimiento de mohos, o también se puede percibir por los sentidos la generación de malos olores,

sabores y cambios en la textura, frecuentemente por acción de las enzimas producidas por microorganismos. (Vidaurre 2016, p.6).

d. Cambios físicos

La migración de la humedad es una de las principales causas de deterioro físico en los alimentos. La pérdida de humedad se ve fácilmente en los productos frescos que son refrigerados y la ganancia de humedad, en productos secos, tales como cereales para el desayuno, galletas, etc. Estos alimentos pierden lacrocantes a través de la captación de humedad. Otro cambio físico, que se puede considerar como un indicador crítico en la pérdida de calidad, es la quemadura por frío, resultante de la migración de humedad de la superficie de los alimentos congelados. Otros fenómenos de migración, que pueden limitar el tiempo de vida en anaquel, en particular en alimentos más complejos, son: la migración de la grasa de un componente a otro. Los cambios físicos en los materiales de empaque, a veces junto con reacciones químicas posteriores, también pueden limitar la vida útil de los alimentos. Como, por ejemplo: cambios en la permeabilidad con el tiempo pueden cambiar el equilibrio de la atmósfera del empaque, dando lugar a cambios microbiológicos y químicos. Las migraciones de los componentes químicos de material del empaque también pueden producir contaminaciones, y esto puede ser particularmente grave en productos con una larga vida en anaquel. (Vidaurre 2016, p.7).

2.8.2. Indicadores de calidad

La evolución de un determinado evento puede ser monitoreado durante el almacenamiento, utilizando metodologías químicas, físicas, biológicas y sensoriales.

Los indicadores químicos, físicos y microbiológicos se pueden medir mediante el uso de análisis instrumental. El análisis instrumental presenta la ventaja indudable de buena reproducibilidad y resultados objetivos. Esto es particularmente cierto en estudios de vida en anaquel de rutina. Al seleccionar la metodología apropiada, los primeros aspectos a considerar son la precisión

requerida; rapidez metodológica, facilidad de uso y costo, la cantidad de muestra necesaria para el análisis, y la disponibilidad de los recursos internos (instrumentos y los operadores). Por ejemplo, los cambios de color de los alimentos podrían evaluarse utilizando un espectrofotómetro o un colorímetro, así como por análisis de imagen, lo que implica la adquisición de la imagen de los alimentos y su posterior tratamiento. (Vidaurre 2016, p.18).

Mientras el análisis espectrofotométrico requiere de la preliminar preparación de la muestra y la dilución, mientras que el uso de un colorímetro da información rápida sobre las características cromáticas del producto con cuestiones de preparación de muestras de menor importancia. Sin embargo, el análisis colorimétrico podría no ser la técnica apropiada cuando un producto que está en estudio es multicolor. El análisis de imágenes, por el contrario, es una técnica eficaz para evaluar el color, incluso para productos alimenticios cromáticamente heterogéneos.

Otro ejemplo es en el caso de las reacciones oxidativas, las cuales podrían ser monitoreadas utilizando desde metodologías simples y de bajo costo como: índice de peróxidos, dienos conjugados, índice de anisidina, u otras metodologías más sofisticadas dirigidas a cuantificar marcadores de oxidación específicos a través del análisis por cromatografía de gases (GC), eventualmente junto con espectrometría de masas (GC-MS). (Vidaurre 2016, p.18).

Indicadores de calidad hacia el indicador crítico; como ya se observó, los diferentes indicadores de calidad pueden cambiar simultáneamente en los alimentos durante el almacenamiento. En esta etapa del proceso de evaluación de la vida en anaquel, surge una pregunta: ¿Entre todos los indicadores de calidad potencialmente explotables, cual es el mejor para el estudio de vida en anaquel? El primer criterio de elección es la precocidad. El indicador crítico podría ser el indicador que se manifiesta más temprano durante el tiempo de almacenamiento. Sin embargo, este proceso de selección es bastante complejo y requiere de consideraciones adicionales mediante el análisis de la función del indicador crítico en un proceso de evaluación de la vida en anaquel.

Una vez que el indicador crítico, es seleccionado, se debe tener conocimiento del límite de aceptabilidad o también llamado el punto de corte. Sin embargo, a veces la identificación del punto corte viene antes de la selección del indicador crítico. Al parecer, esto podría sonar extraño, pero lo que sucede es que con frecuencia el punto de corte se define por las regulaciones o cuando depende de la aceptabilidad del consumidor.

Los puntos de corte cuantitativos son los obtenidos por la medición de un atributo bien definido de calidad (es decir, la puntuación sensorial, el valor de peróxido, la viscosidad, el color, la concentración de nutrientes, etc.), mientras que los cualitativos son los obtenidos mediante la evaluación de la aceptabilidad del consumidor crítico.

Al parecer, esto podría sonar extraño, pero lo que sucede es que con frecuencia el punto de corte se define por las regulaciones o cuando depende de la aceptabilidad del consumidor.

Los puntos de corte cuantitativos son los obtenidos por la medición de un atributo bien definido de calidad (es decir, la puntuación sensorial, el valor de peróxido, la viscosidad, el color, la concentración de nutrientes, etc.), mientras que los cualitativos son los obtenidos mediante la evaluación de la aceptabilidad del consumidor. (Vidaurre 2016, p.18).

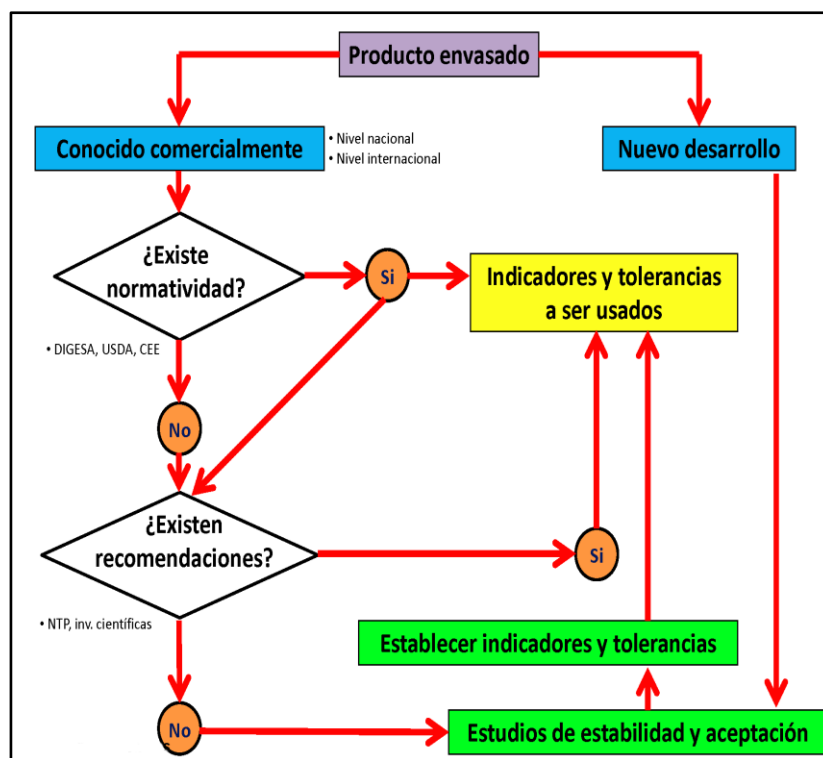
2.8.3. Límite de aceptabilidad: fin de la vida útil, pero no de la vida segura

Básicamente existen dos posibilidades para que un producto pueda llegar a ser inaceptable durante el almacenamiento. La primera es sobre todo relevante por la aparición de los problemas de seguridad, los cuales pueden llegar a tener un riesgo para la salud del consumidor. La segunda es el resultado de los problemas de calidad que podrían engendrar un riesgo para la insatisfacción de los consumidores debido básicamente a problemas relacionado con la calidad, ya sea por deficiencias sensoriales o por la pérdida de la calidad nutricional del producto. El cuadro 5 muestra estas posibilidades. (Vidaurre 2016, p.21).

La ingesta de un alimento en condiciones de riesgo es crítica e inaceptabilidad, esta situación puede ser el resultado del crecimiento de microbios patógenos o también puede derivar de la presencia de contaminantes que migran desde el envase hacia los alimentos o también por la formación de compuestos tóxicos o potencialmente tóxicos que se pueden producir durante el almacenamiento.

Al acercarnos a la definición del límite de aceptabilidad para la evaluación de la vida útil de los alimentos, se plantea una pregunta básica: ¿Se deben considerar los valores límites de presencias de patógenos, compuestos químicos tóxicos, indicados por los organismos reguladores, para estimar la vida en anaquel de un alimento? La única respuesta a esta pregunta es: “No”; porque la definición del tiempo de vida en anaquel no debe ser relacionado con cuestiones de la inocuidad del alimento.

Durante el almacenamiento de un alimento perecedero, se pueden identificar dos posibles periodos: (a) un periodo de tiempo durante el cual el producto es seguro, (b) otro periodo de tiempo durante el cual el producto es inseguro. Sería un error considerar que el límite del tiempo que discrimina la zona de seguridad indica el final de la vida útil de un alimento. La vida útil es una cuestión de calidad y no debe ser relacionada con la inocuidad. Por lo tanto, la vida útil de un alimento es de una longitud de tiempo que se incluye en la zona segura, durante el cual el producto conserva las características de calidad aceptables.



Fuente: (Vidaurre, 2016).

Figura 4: Resumen de deterioro de los alimentos y vida de anaquel, indicadores críticos en la vida útil y límites de aceptabilidad.

Por lo tanto, podemos afirmar, que la vida útil de un alimento debe terminar mucho antes de que se surja cualquier riesgo para la salud del consumidor. En otras palabras, el tiempo de vida útil y el tiempo de vida segura (inocua) no solo son conceptualmente diferentes sino también cuantitativamente.

El límite de aceptabilidad se debe identificar para estimar un valor de conservación dentro del periodo de almacenamiento en el que solo existe un riesgo sostenible para la insatisfacción del consumidor, mientras que ningún riesgo para la salud de los consumidores este presente. El que toma la decisión del límite de aceptabilidad es el propio productor; el productor es totalmente responsable de la satisfacción de los consumidores y el cumplimiento de los requisitos legales.

Así, el productor tiene que elegir el límite de aceptabilidad como parte de la definición de un conjunto de requisitos para la comercialización de su propio producto. En realidad, los límites de aceptabilidad, decididos por los productores pueden tener dos naturalezas diferentes, dependiendo de si la

insatisfacción de los consumidores, implica incumplimientos sensoriales o nutricionales. (Vidaurre 2016, p.21).

2.8.4. Factores que afectan la calidad del café

Los principales factores que afectan el tiempo de vida del café tostado son el Oxígeno, la humedad, y la temperatura de almacenamiento Nicoli y Savonitti, citado por Pacheco (2016, p. 30).

Operaciones tecnológicas tales como molienda y desgasificado pueden acelerar el deterioro del café, por el incremento de la superficie expuesta, así como la disponibilidad de Oxígeno y humedad Nicoli y Savonitti, citado por Pacheco (2016, p. 30).

a. Oxígeno

La oxidación es responsable no solo de la pérdida de compuestos aromáticos característicos, sino que también contribuye a la formación de aromas indeseables. Stark, citado por Pacheco (2016, p. 31). señalan que incluso a bajas concentraciones de Oxígeno en el café empacado (<2 por ciento), se ha encontrado que migra al café, facilitando las reacciones de oxidación.

Songer, citado por Pacheco (2016, p. 31). menciona que los volátiles en el café son extremadamente reactivos, y por lo tanto fácilmente oxidables, dando lugar a formación de compuestos de aroma desagradable. Algunos mercaptanos aumentan por la oxidación de otros compuestos azufrados conforme el café envejece. El furfural mercaptano en concentraciones entre 0,01 y 0,5 ppb es percibido como “café recién tostado”, pero al desarrollarse mayores cantidades es percibido como añejo. Nicoli *et al.*, citado por Pacheco (2016, p. 31). mencionan que parte de los aldehídos son oxidados, parte de los alcoholes son transformados en aldehídos pungentes. El metil mercaptano (metanotiol) se oxida y volatiliza.

La degradación de la frescura del café ocurre tan pronto como el café es puesto en contacto con el Oxígeno. El hexanal, producto de oxidación lipídica, es generado inmediatamente en un ambiente desprotegido. Los compuestos azufrados de bajo peso molecular, responsables del aroma a

tostado fresco, son disipados rápidamente al exponerlos al Oxígeno (Poisson *et al.*; citado por Pacheco (2016, p. 31)).

Labuza *et al.*; citado por Pacheco (2016, p. 31).determinaron la disponibilidad de Oxígeno es el factor más crítico en el deterioro del café. Señalan que reducir el Oxígeno a 0,5 por ciento en un contenedor de café puede incrementar el tiempo de vida de café 20 veces.

Badui, citado por Pacheco (2016, p. 31).señala que los compuestos generados por el oscurecimiento enzimático de Maillard tienen capacidad antioxidante, principalmente las melanoidinas, capaces de actuar como quelantes y eliminadores de Oxígeno, radicales, peróxidos e hidroxilos. Sin embargo, Nicoli y Savonitti, citado por Pacheco (2016) mencionan que conforme el CO₂ es eliminado por la desgasificación, las reacciones de oxidación ya no pueden ser detenidas por la actividad antioxidante de los compuestos de Maillard.

b. Humedad

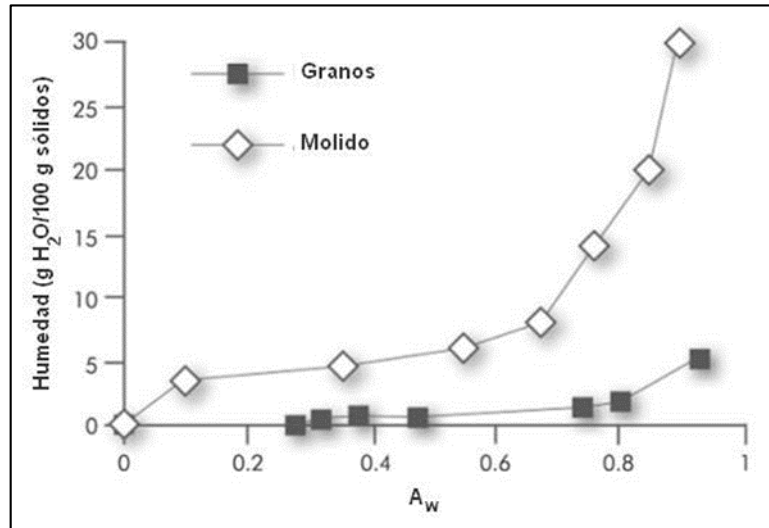
Songer, citado por Pacheco (2016, p. 31) señalan que el café tostado puede absorber eventualmente la humedad del ambiente durante el almacenamiento. El incremento de la humedad, trae consigo la disipación y oxidación de compuestos aromáticos.

Anese *et al.*; citado por Pacheco (2016, p.31), señalan que conforme el contenido de humedad incrementa, la estructura de los granos adquiere propiedades elásticas, lo cual tiene un fuerte impacto negativo en su capacidad de retener volátiles.

Songer, citado por Pacheco (2016, p. 31) menciona que el contenido de agua libre, por su movilidad, contribuye al proceso de añejamiento, ya que retiene y distribuye energía térmica y Oxígeno disuelto a los compuestos aromáticos, ácidos y lípidos del café. Señala que el contenido de agua libre es incrementado siempre que el café entre en contacto con condiciones húmedas o altas temperaturas (el agua ligada se transforma en agua libre, al calentarse).

OTA, citado por Pacheco (2016, p.31) señala que el incremento de la humedad puede causar la hidrólisis de compuestos aromáticos como ésteres y acetales, produciendo aromas menos placenteros.

En la Figura 5 muestra las isotermas de adsorción de café en granos y molido.



Fuente: Labuza *et al.*; citado por Pacheco (2016).

Figura 5: Isotermas de adsorción a 22 °C de café tostado, en granos y molido.

La captación de humedad en el café es más rápida en su forma molida, que en granos. Debido a la mayor área de exposición, que afecta la concentración y la disponibilidad de sitios polares activos, el café molido muestra una mayor capacidad de captar moléculas de agua (Labuza *et al.*; c citado por Pacheco (2016, p. 31).

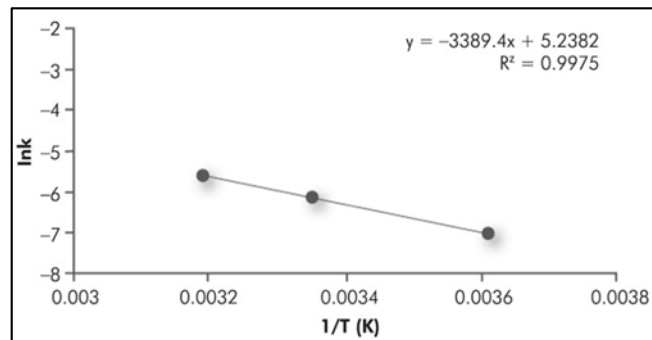
c. Temperatura

La temperatura afecta la velocidad de añejamiento tanto químicamente como físicamente. Químicamente, la temperatura tiene una relación positiva con las cinéticas de las reacciones químicas, y por lo tanto son aceleradas al elevar la temperatura (Nicoli *et al.*; citado por Pacheco (2016, p.32).

Físicamente, las gradientes de presión y concentración entre el café y el ambiente, son influenciadas por la temperatura, lo que acelera la disipación compuestos volátiles y el CO₂ Stark, citado por Pacheco (2016, p. 32).

Songer, citado por Pacheco (2016, p. 32) señala que las fluctuaciones de temperatura tienen un efecto directo en la velocidad de añejamiento del café. Además de proveer la energía térmica necesaria para el añejamiento, aún si la elevación de temperatura es sólo temporal, puede causar el incremento de la solubilidad del Oxígeno presente y una elevación del contenido de agua libre.

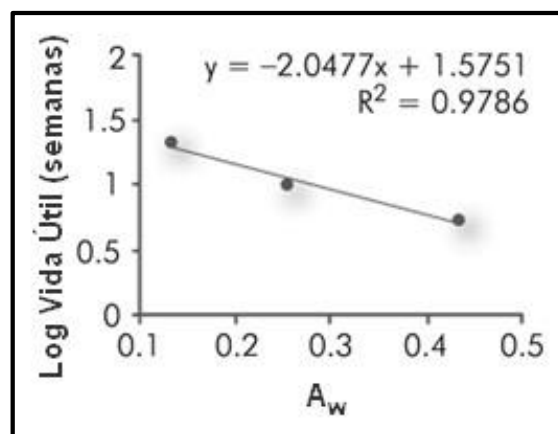
La Figura 6 muestra la liberación de los volátiles del café tostado a diferentes temperaturas de almacenamiento.



Fuente: Nicoli *et al.*; citado por Pacheco (2016).

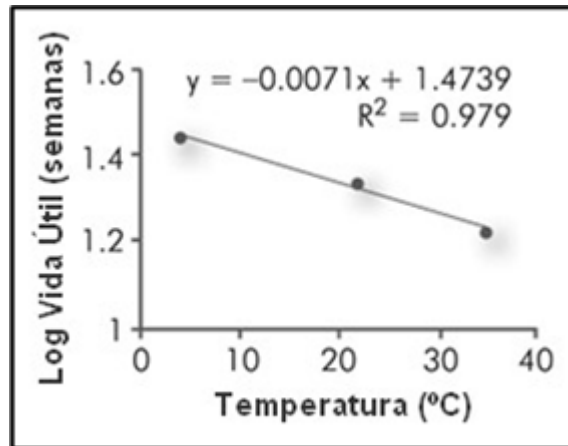
Figura 6: Gráfico Arrhenius de la liberación de volátiles de granos de café tostado a diferentes temperaturas (Expresado en ratio de liberación de volátiles vs. Temperatura -1 (K)).

Se ilustra la influencia de la actividad de agua y la temperatura en el tiempo de vida del café tostado molido, calculado en base al índice de ganancia de Oxígeno, en las Figuras 7 y 18 respectivamente.



Fuente: Labuza *et al.*; citado por Pacheco (2016).

Figura 7: Efecto de la A_w en el tiempo de vida del café tostado molido.



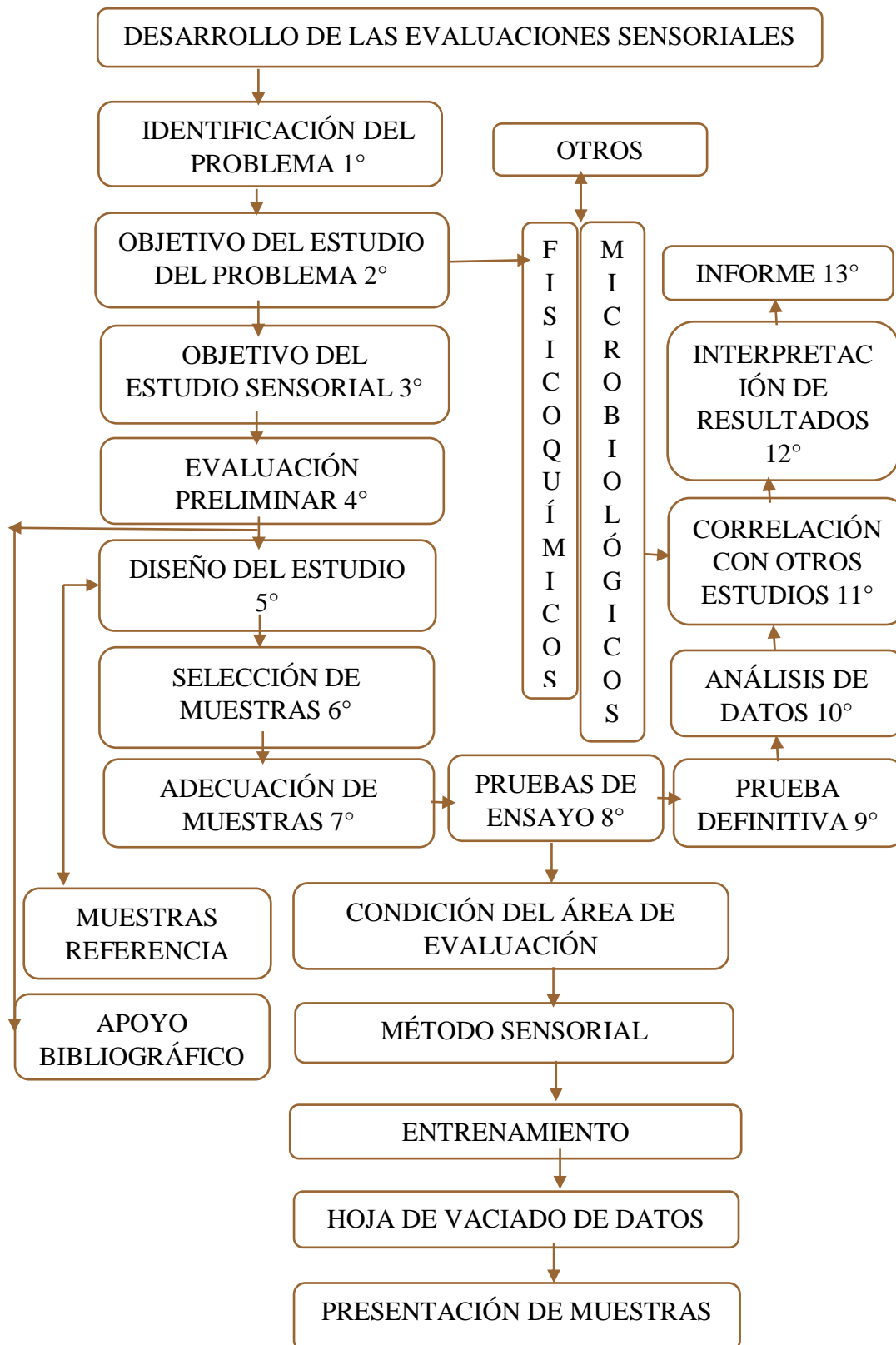
Fuente: Labuza *et al.*; citado por Pacheco (2016).

Figura 8 : Efecto de la temperatura en el tiempo de molido.

Labuza *et al.*; citado por Pacheco (2016) afirman que, si bien la temperatura y la humedad tienen un efecto negativo en el tiempo de vida del café, el efecto de la temperatura es menor.

2.9. MÉTODOS SENSITIVOS

2.9.1. Logística para evaluaciones sensoriales



Fuente: (Espinoza 2003, p. 14)

Figura 9: logística para evaluaciones sensoriales

2.9.2. Logística para el desarrollo de evaluaciones sensoriales

La evaluación sensorial comprende una metodología que, por naturaleza, eleva la disciplina a la categoría de ciencia. Esta metodología comprende varios pasos lógicos para el desarrollo de un análisis sensorial en sus distintas fases, las cuales comprenden la siguiente secuencia:

a. Identificación del problema

Todo análisis se deriva de un problema concreto. El problema se debe definir y debe ser escrito para evitar confusiones posteriores. La problemática que ha de ser solucionada deberá ser presidida de dos tipos de objetivos: objetivo del estudio del problema y objetivo del estudio sensorial.

b. Objetivo del estudio del problema

Señala lo que se pretende lograr al finalizar el o la serie de estudios que contribuyan a la solución del problema identificado.

c. Objetivo del estudio sensorial

Se deriva del objetivo general e indica el propósito de lo que se desea estudiar sensorialmente. La forma en la cual se expresa este punto refleja la claridad con que se entienda el problema. En ciertos casos, para definir el objetivo sensorial se recomienda ejecutar varias evaluaciones preliminares, ya que mediante la confrontación del material – objeto se comprende mejor lo que debe realizarse sensorialmente.

d. Evaluación preliminar

Después de saber lo que se pretende solucionar por medio del análisis sensorial, se procede a comprender o detectar el problema en el producto. La evaluación preliminar es uno de los pasos más importantes de un análisis sensorial. A través de este proceso se seleccionaran las muestras que han de participar en el análisis, sus características sensoriales sobresalientes, motivo del análisis (por ejemplo, en un análisis descriptivo, la evaluación preliminar permite seleccionar la terminología que describe, de manera inicial, las variables que se evaluarán en el producto); y, posteriormente, se decidirá si es necesario

o no efectuar el análisis sensorial (no es necesario ejecutar pruebas de diferenciación entre muestras que obviamente son diferentes). En esta evaluación participan el investigador, los técnicos y las personas interesadas.

e. Diseño del estudio

El siguiente paso es poner por escrito que materiales se requieren y como se efectuará el estudio sensorial; o sea, propiamente, diseñar la secuencia de la ejecución del análisis (metodología). Antes es necesario conocer físicamente el producto y saber cuáles son sus variables (evaluación preliminar); de otra manera, el diseño del estudio carece de estructura y racionalidad. En esta fase, los factores que han de considerarse incluyen la selección de:

- Planteamiento de hipótesis (nula o alternativa) y el nivel de error tolerable (significancia estadística);
- Tipo de prueba sensorial adecuada;
- Condiciones necesarias en el área física de la prueba (ambiente, ubicación, horario, etc.);
- Manejo, presentación y arreglo de muestras y referencias;
- Tipo de personas idóneas para efectuar las pruebas sensoriales según el tipo de análisis y de producto; y
- Método estadístico para el análisis de los datos.

f. Selección de muestras

Una vez separados los factores que involucra el diseño del estudio sensorial, el investigador ya está preparado para seleccionar las muestras más adecuadas para el estudio; así como estimar que tipo y cantidad de muestras se requiere para la fase de selección y entrenamiento de jueces, y cuál es la más idónea para ser considerado como referencia.

La muestra de referencia no siempre es necesaria; por ejemplo, las pruebas de umbral no requieren referencia; por otra parte, ésta puede

representar el material ideal al que haya que igualar sensorialmente, de aquí que la selección de muestras de referencia debe seguir el criterio planteado en el objetivo del estudio.

g. Adecuación de muestras

De manera paralela a los dos pasos anteriores, se establecen las condiciones o procedimientos necesarios para adecuar las muestras al tipo de análisis; por ello comprende:

- Enmascaramiento del producto para que al exponerlo ante el juez no influyan otras variables distintas de la que está en el estudio (por ejemplo; enmascaramiento del color de la muestra para que no incida en la apreciación del color);
- Material adecuado para enjuagarse de la boca (por ejemplo; agua destilada);
- Método de preparación de la muestras (por ejemplo; cocción, pelado, corte);
- Cantidad de que ha de ser evaluada (por ejemplo; 10 ml de una muestra para cada juez);
- Recipiente que se usará en la presentación (por ejemplo; vaso incoloro e inodoro); y
- Arreglo del conjunto de muestras y la frecuencia de la presentación del material (por ejemplo; tres series por sesión de dos muestras cada una).

h. Pruebas de ensayo

- Selección de la población

El procedimiento de selección de la población que participará en las evaluaciones sensoriales que puede empezar después de que se hayan fijado las condiciones de estudio (diseño del estudio)

- Selección de los jueces

Esta fase no puede iniciarse si la selección y adecuación de las muestras no se tiene bien definidas, ya que para este paso y el subsecuente entrenamiento de jueces se requiere de material representativo del problema de estudio.

El momento de proceder a la selección debe ser aquel en el que ya se cuenta información respecto del tipo de muestra que ha de manejarse, así como el saber qué tipo de diseño o procedimiento de análisis se llevará a cabo; de otra manera, no se tendrán criterios para proceder a la selección y entrenamiento de los jueces

Durante esta fase se utilizan las muestras escogidas ex profeso para este proceso (distintas de las muestras-problema), así como el mismo tipo de prueba sensorial que se practicará en la prueba definitiva, incluyendo la forma de presentar las muestras.

Dentro de la secuencia del procedimiento del análisis sensorial, esta etapa es la más intensa. Es entonces cuando se verifican todos los elementos que conformarán la prueba definitiva.

- Hoja de vaciado de datos y resultados

Comprende una tabla donde se concentra toda la información de las muestras (tipo, concentraciones, etc.) que se le da a los jueces, su número de repeticiones, los códigos de cada muestra, así como el orden en el cual se presentan las muestras a cada juez. Asimismo, puede dejarse un espacio para las respuestas que genere cada juez.

- Ficha de respuestas o cuestionario

El cuestionario para cada juez y cada sesión se estructura según la información de los objetivos sensoriales, el tipo de prueba sensorial y la hoja de vaciado. El cuestionario debe tener lo siguiente:

1. Un espacio para identificar la prueba que se esté ejecutando;
2. Un espacio para que el juez se identifique (nombre);
3. Un espacio para la fecha de evaluación;
4. Instrucciones breves para informar acerca del procedimiento de la prueba;
5. Un espacio para los códigos (los cuales deben ser diferentes en todos los cuestionarios) y lo que se requiera, según la prueba sensorial, para marcar la respuesta de las impresiones recibidas; y, finalmente,
6. Un espacio para comentarios u observaciones del juez.

i. Prueba definitiva

Una vez verificado los pasos anteriores, se ejecuta la prueba sensorial definitiva, utilizando las muestras que representan la problemática por solucionar o material respecto del cual se llevará a conclusiones finales. Los indicadores que nos aseguran que ha llegado el momento de la prueba definitiva, son:

- Los jueces entienden el procedimiento que deben seguir para evaluar las muestras y llenar el cuestionario;
- Conocen, identifican y perciben la variabilidad que ha de evaluarse;
- Son constantes en las respuestas al repetir los ensayos; y
- Han hecho un simulacro para verificar que la prueba definitiva se puede llevar a cabo.

j. Análisis de datos

Al igual que los pasos anteriores, éste se prevé desde el inicio del estudio, de ahí que la metodología estadística que se utilice deba estar previamente definida. En este momento cabe mencionar que no importa lo complejo del análisis matemático de los datos. Si el procedimiento de evaluación sensorial es mediocre, la calidad de los resultados estadísticos también lo será

k. Correlación con los estudios

La evaluación genera información rica y variada. Se puede observar que los resultados no son los datos aislados e impredecibles, sino que, en algunos casos, las variables sensoriales obedecen a cambios físicos, químicos o biológicos, por lo que matemáticamente se pueden plantear correlaciones, superficies de respuesta o análisis multivariados que demuestren o predigan en conjunto la o las razones de las variaciones en el producto – problema.

l. Interpretación de los resultados

En este momento se describe si la hipótesis planteada en un principio, al definir el objetivo del estudio sensorial y a delimitar el diseño del estudio, se cumple o no. Una respuesta afirmativa (por ejemplo, si hay diferencia significativa entre dos muestras) es tan válida como la

negativa; la importancia del análisis llevado a cabo radica en que se capta y se comprende la naturaleza de la variable dentro de la muestra, con lo cual se da respuesta a las incógnitas que originaron el estudio.

m. Informe

Mediante un documento escrito comunicamos el avance o el logro que ha obtenido nuestro análisis. El informe será escrito según a quien va dirigido. Si va dirigido a los directores de una empresa, no debe tener detalles técnicos de un análisis; ellos siempre desean conocer la problemática general, sus consecuencias y sugerencias para la solución del mismo. Si el informe persigue fines de divulgación científica, se deberá proveer suficiente información en cuanto al método y equipos, para que otros puedan reproducir dicho análisis.

2.9.3. Pruebas de discriminación o diferenciación

El objetivo de las pruebas de diferenciación es medir si las muestras difieren sensorialmente a un nivel de significancia (por ejemplo, $p < 0,05$) entre sí. En ciencia y tecnología de alimentos, las pruebas de diferenciación son usadas para detectar diferencias sensoriales que pueden ser producidas por alteraciones químicas físicas de las muestras que sufrieron diferentes tratamientos.

Las diferencias en los atributos sensoriales de los alimentos pueden deberse a las variaciones en:

- Características genéticas: ejemplo, frijoles de variedades pueden presentar diferencias en textura e a cascara, sabor, etc.
- Prácticas agropecuarias: aplicación de pesticidas puede introducir diferencias en el olor y sabor de las frutas.
- Tratamiento per y post mortem en animales: animal beneficiado en el estado de estrés presenta carne de textura inadecuada (más dura).
- Formulaciones e ingredientes: productos dietéticos con edulcorantes pueden presentar diferencias sensoriales con relación a los productos con sacarosa.
- Procesamiento: mayo tiempo en el tratamiento térmico puede introducir variaciones en la textura del alimento.

- Material de envase: cambio en los materiales de envases puede aumentar o disminuir la velocidad del proceso de oxidación del producto, aumentando o disminuyendo el tiempo que el mismo llevará para presentar un sabor y/u olor “oxidado”.
- Condiciones de almacenamiento: cambios en las condiciones de almacenamiento pueden aumentar o disminuir la vida útil del alimento.
- De esta forma, las pruebas de diferencia son útiles para el control de calidad, investigación y desarrollo de nuevos productos alimenticios.
- Las pruebas de diferencia pueden ser:
 - Pruebas de diferencias simples: donde el juez debe responder apenas haya diferencias o no entre las muestras.
 - Pruebas de diferencias direccionadas: el juez es solicitado a identificar la muestra que presenta mayor intensidad de una determinada característica sensorial predefinida.

En la Tabla 1 se muestran las aplicaciones de las evaluaciones sensoriales

Tabla 1: *Aplicación de la evaluación sensorial*

| Campo | | Problema |
|------------------------------------|--|---|
| Control del proceso de fabricación | | 1. Materia prima |
| | | 2. Cambios en el proceso |
| | | 3. Cambios de los ingredientes |
| Control del producto | | 1. Almacenamiento (almacenamiento) |
| | | 2. Atributos – calidad sensorial |
| | | 3. Influencia de los parámetros sobre cada atributo |
| | | 4. Límites entre grados de calidad |
| | | 5. Selección de métodos instrumentales |
| Control del mercado | | 1. Estudios comparativos |
| | | 2. Estudios de aceptación |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 16)

2.9.4. Comparación múltiple - análisis de varianza ANOVA

El análisis de varianza es una técnica que, con base en el principio de t de Student, permite estudiar si existe diferencia significativa entre la media de las calificaciones asignadas a más de dos muestras. Esta técnica puede desarrollarse para explicar, en diversos niveles, el comportamiento de los datos propios de un experimento. Estos niveles son:

- Una vía, donde se explica la diferencia entre una variable del estudio; por ejemplo, “similitud entre muestras”.
- Dos vías, donde se explica la diferencia entre dos variables del estudio; por ejemplo, “similitud entre muestras y similitud entre los fallos de los jueces”.
- Tres vías, donde se explica la diferencia entre tres variables del estudio; por ejemplo, “similitud entre muestras, similitud entre jueces y similitud entre repeticiones de los jueces”. (Espinoza, 2003, p. 99)

2.9.5. Calculo de la vida útil de los alimentos mediante pruebas sensoriales

Periodos de muestreo para evaluaciones sensorial, para análisis estadístico de determinación de vida útil.

Tabla 2: *Periodos de muestreo para el análisis estadístico de determinación de vida útil*

| Sesión de evolución | Tiempo de almacenamiento (días) | Resultados de catadores para cada muestra | | |
|---------------------|---------------------------------|---|----|----|
| | | y1 | y2 | y3 |
| T | X | | | |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 275)

1. Obtención de análisis de varianza

El esquema del análisis de varianza para verificar si existe una relación funcional entre el tiempo de almacenamiento (x) y el grado de aroma y sabor (y) es el siguiente:

Tabla 3: *Análisis de varianza*

| FV | G.L. | SC | CM | F |
|----------------------------|--------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|
| Regresión Lineal(RL) | 1 | SC RL | CMRL=SCRL/1 | Fo=CMRL/CM Error |
| Desvíos de la RL (tiempos) | K-2 (K-1) | SC Desvíos (SC Tiempos) | CM Desvíos= SC Desvíos / K-2 | F o=CM Desvíos / CM Error |
| Error | K(r-1) | SC Error | CMError= SCError/ K(r-1) | |
| Total | rK-1 | SC Total | | |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 276)

Donde:

FV = fuentes de variación; / G.L.= grados de libertad; / SC = suma de cuadrados; / CM = cuadrado medio; / F = valor observado de F; / K = número de tiempos de almacenamiento; / r = número de repeticiones.

1.1. Obtención de la suma de cuadrados

Tabla 4: *Cuadro auxiliar*

| No. | x | y1 | y2 | y3 | y=y1+y2+y3 | xy |
|-------|---|----|----|----|------------|----|
| Total | | | | | | |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 285-282)

Sea:

- $G = \text{total general} = \sum y$
- $N = \text{total de observaciones} = K \cdot r$
- $C = \text{factor de corrección} = G^2/N$
- $\bar{Y} = \text{media general} = G/N$

1.2. Sumas de los cuadrados:

a) Para SC total

$$SC \text{ Total} = (y)^2 + (y)^2 + \dots + (y)^2 - C$$

b) Para tiempos

$$SC \text{ Tiempos} = \frac{1}{3} [(y)^2 + (y)^2 + \dots + (y)^2] - FC$$

c) Para regresión lineal

$$SC \text{ Reg. Lineal} = \frac{[\sum xy - (\sum x)(\sum y)/k]^2}{r[\sum x^2 - (\sum x)^2/k]}$$

d) Para desvíos de la regresión lineal

$$SC \text{ Desvíos de la RL} = SC \text{ Tiempos} - SC \text{ Reg. Lineal}$$

e) Para error

$$SC \text{ Error} = SC \text{ Total} - SC \text{ Tiempos}$$

1.3. Obtención del cuadrado de análisis de varianza

Tabla 5: *esquema del análisis de varianza*

| FV | G.L. | SC | CM | F |
|-------------------------------|------|----|----|---|
| Regresión lineal RL | | | | |
| Desvíos de la RL (tiempos) | | | | |
| Error | | | | |
| Total | | | | |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 278)

- Coeficiente de variación: $CV = \frac{100\sqrt{CME}}{\bar{y}} \cong$

1.4. Obtener la ecuación de regresión lineal

La ecuación de regresión lineal es expresada por:

$$\hat{y} = a + bx$$

Donde:

$$b = \frac{\sum xy - (\sum x)(\sum y)/k}{r[\sum x^2 - (\sum x)^2/k]}$$

$$a = \bar{y} - b \bar{x}$$

$$\bar{y} = \frac{\sum y}{N}, \quad \bar{x} = \frac{\sum x}{K}$$

2. Obtener el estimado de la vida útil para $y=3.0$

2.1. Por punto

Para $y = 3.0$

$$\bar{X} = \frac{\bar{a} - y}{b} = \text{Días}$$

2.2. Por intervalo

a. Obtener gráficamente los límites lineales superior e inferior del intervalo de confianza para la recta.

$$y = \alpha + \beta x$$

Los límites deseados con un coeficiente de confianza $(1 - \alpha)$

son dados por:

$$a + bx \pm d\sqrt{\text{CME}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{Kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Donde:

d = valor de la tabla Anexo 12 en función del nivel de error α y número de grados de libertad del error.

Cuadro para la media de x y los límites superior e inferior y valores de tiempo en días.

Tabla 6: *Media y límites superior e inferior*

| x | \hat{y} | LI | LS |
|------|-----------|----|----|
| Días | | | |

Fuente: (Espinoza, 2003, p. 281)

LS = límite superior del intervalo

LI = límite inferior del intervalo

Con los valores de la tabla 7 media y límites superior e inferior se llevan a un sistema de coordenadas cartesianas.

b. Obtener el estimado de la vida útil por intervalo

Para obtener el estimado de la vida útil por intervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y= 3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Para un grado de calidad 3.0. (Espinoza, 2003, p. 285-282)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se realizó, en las instalaciones de la Universidad nacional de Jaén en el laboratorio de microbiología de la carrera profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, mientras tanto los análisis fisicoquímicos en el laboratorio de laboratorio de Nutrición Animal y Bromatología de Alimentos en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.

El procesamiento de las cinco marcas comerciales, se realizó en la Cooperativa de productores Sol&Café, así mismo las evaluaciones sensoriales.

3.2. MATERIALES

3.2.1. Producto terminado

Café en grano tostado y molido en cinco marcas comerciales son los siguientes: Café Tres Rios, Café Amojú, Pakas Coffee, Uun Coffee y Dios Te Dé. La cantidad de peso neto 250 ± 5 gramos por cada empaque.

3.2.2. Características del empaque usado:

Producto : Stand up pouch trilaminado en colores blanco y negro.

Tipo : Tand up pouch con zipper.

Color : Blanco y negro

Características y aplicaciones del empaque

Tabla 7: *Materiales empleados en los empaques de las cinco marcas de café tostado.*

| Materiales | um | g/m ² | var |
|------------|----|------------------|-----|
| PET | 16 | 16.5 | 5% |
| Tinta | – | – | 6% |
| Adh | – | 2.5 | 6% |
| BOPPM | 18 | 18 | 5% |
| Adh | – | 2.5 | 6% |
| CPE | 86 | 86.5 | 5% |

Fuente: (Copp.Sol&Café, 2017)

Envase preformado de alta barrera, que ofrece excelente protección contra gases, O₂ y vapor de. La estructura del material está compuesta por PET laminado a BOPP metalizado y éste a Polietileno, lo que otorga sus excelentes propiedades de alta barrera y protección a la luz UV. Apto para envasado de productos secos, deshidratados, líquidos, productos que requieran protección especial a gases o luz UV. Destaca además, por sus propiedades mecánicas y brillo, que resalta y presenta atractivamente el producto.

En la Figura 10 se muestran las marcas comerciales usadas para el estudio.



Figura 10: Producto terminado en las cinco marcas comerciales: A1 (Café Tres Ríos), A2 (Café Amojú), A3 (Pakas Coffee), A4 (Uun Coffee) y A5 (Dios Te Dé).

3.2.3. Reactivos

- Fenolftaleína.
- Eter de petróleo P.E. 40-60°C
- Solución de ácido sulfúrico 0.255 N (1.25 g de H_2SO_4 / 100 ml).
- Solución de hidróxido de sodio 0.313 N (1,25 g de NaOH / 100 de agua libre de Na_2CO_3).
- Silicona antiespumante o agente antiespumante
- Etanol al 95%.
- Ácido sulfúrico concentrado H_2SO_4
- Peróxido de hidrógeno (N_2O_2 30 % v/v) p.a.
- Catalizador (sulfato de potasio 15g + sulfato de cobre 0.45g) (tabletas o en polvo).
- Indicador mixto N° 5 o 4.8, para valoraciones de amoniaco.
- Solución de ácido bórico al 4% m/v.
- Solución NaOH al 40 % m/v.
- Solución de ácido clorhídrico, aprox. 0.250 N
- Solución de Na_2CO_3
- Agua de peptona.
- Agar para recuento en placa.
- Caldo EC.
- Agar dextrosa
- Agar saborau
- Agar plate cunt
- Caldo brilla
- Caldo LST
- Caldo peptona

3.2.4. Materiales

- Crisoles o capsulas de porcelanas.
- Placas Petri.
- Vasos de precipitación.
- Espátula.
- Papel filtro # 91 o cartucho de celulosa.

- Vasos de aluminio.
- Soporte de cartuchos.
- Gradilla para cartuchos de extracción.
- Sistema de extractor de fibras.
- Crisol de vidrio.
- Material usual de laboratorio.
- Gradilla porta tubos.
- Tubos de digestión.
- Soporte de gradilla.
- Matraces Erlenmeyer de 250 ml.
- Papel filtro endurecido, sin cenizas (Whatman N ° 541 o similar).
- Tazas de porcelana
- Cuchara para catar
- Tubos de ensayo.
- Contador de colonias.

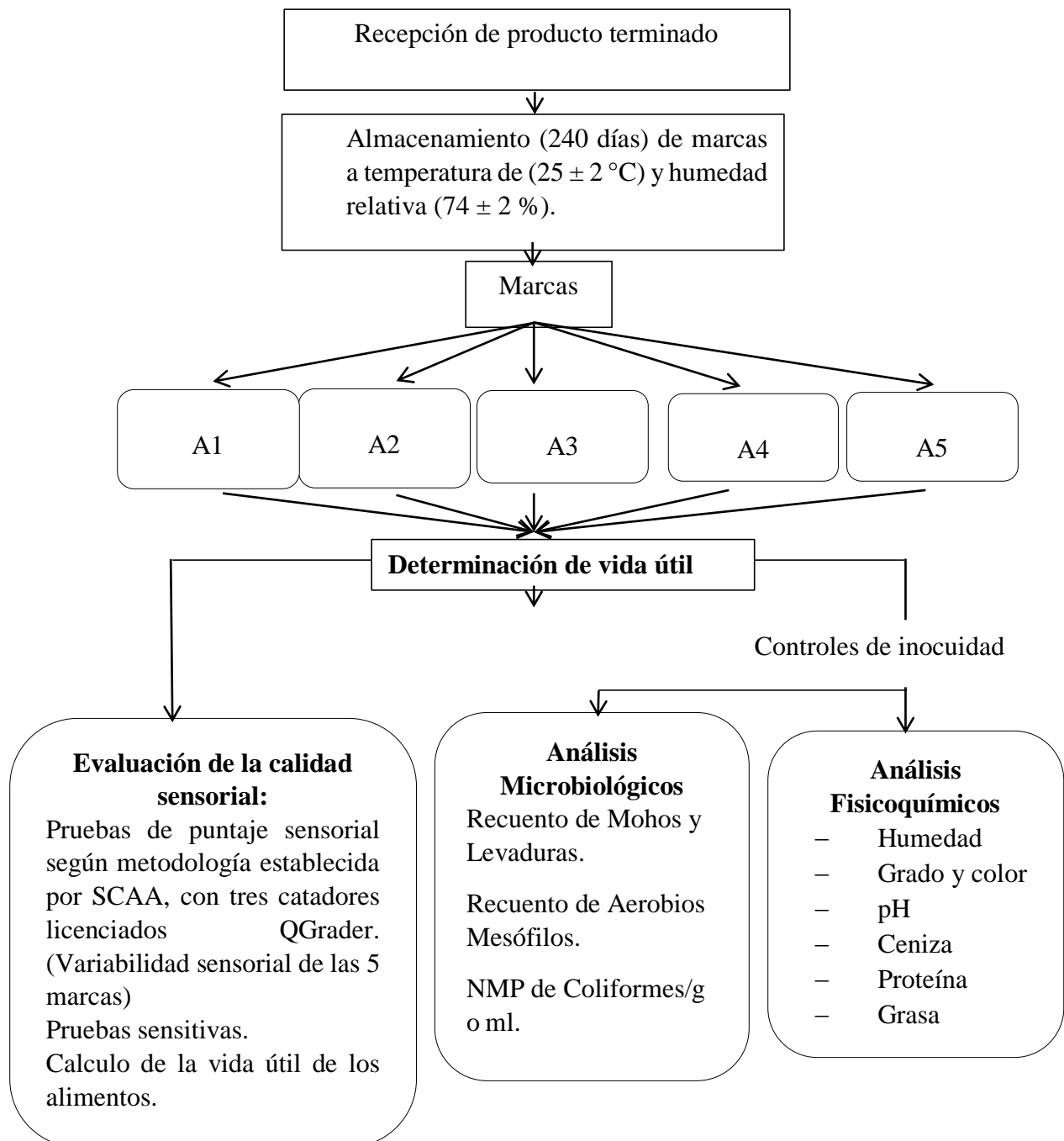
3.2.5. Equipos

- Balanza de precisión 0.01 g.
- Balanza analítica sensibilidad 0.1 mg
- Estufa.
- Mufla.
- Baño María
- Sistema extractor Soxhlet
- Equipo de titulación.
- Equipo de digestión (bloque digestor o cocina de digestión)
- Bomba de vacío de circulación de agua
- Equipo de destilación
- Equipo de titulación
- Soporte de colector de humus

- Sistema scrubber
- Potenciómetro
- Equipo de agua caliente

3.3. MÉTODOS

A continuación, en la Figura 11 se presenta el flujograma para la determinación de la vida útil del café tostado molido.



Fuente: Propia

Figura 11: Esquema del diseño experimental.

3.3.1. Descripción del proceso para determinar la vida útil

a. Recepción del producto terminado

Se observó y controló que los lotes de las cinco marcas de la cooperativa sol&café, se procesen en paralelo y en mismo día que hayan sido tostados, clasificado por el grado de color con Discos de Color Agrtron/SCCA presentes en la Tabla 14. Previo a este los granos de café en oro verde se clasificaron para un tueste uniforme y libre de defectos.

b. Almacenamiento del producto terminado

Se almacenó 255 paquetes de 250g entre ellos las cinco marcas comerciales en 16 sesiones de evaluación y 60 paquetes para análisis microbiológicos (Recuento de Mohos y Levaduras, Recuento de Aerobios Mesófilos, NMP de Coliformes/g o ml) también análisis fisicoquímicos (Humedad, Acidez, Ph, Extracto Etereo, proteína total y ceniza).

Se almacenó por 240 días a temperatura (25 ± 2 °C) y humedad relativa (74 ± 2 %). En el transcurso del almacenamiento se realizó la evaluación sensorial y los controles fisicoquímicos y microbiológicos, las cuales se iniciaron a partir de 15° día de su almacenamiento y posterior mente fueron realizadas a intervalos de 15 días.

c. Marcas comerciales de café tostado

Producto terminado en las cinco marcas comerciales.

Tabla 8: *Rango sensorial y de marcas comerciales clasificado por el área de control de calidad de la Cooperativa Sol&Café según SCAA*

| Código | Marca | Rango sensorial |
|--------|----------------|-----------------|
| A1 | Café Tres Ríos | [75.00-78.00] |
| A2 | Café Amojú | [78.25-80.00] |

| | | |
|----|--------------|---------------|
| A3 | Pakas Coffee | [80.25-82.00] |
| A4 | Unn Coffee | [82.25-83.75] |
| A5 | Dios te Dé | ≥84.00 a+> |

Fuente: Coop Sol&Café

3.3.2. Método para el análisis sensorial

Este análisis se ejecutó por 3 panelistas entrenados (catadores licenciados QGrader certificados por el Coffee Quality Institute), que evaluarán los parámetros sensoriales aroma, sabor, resabio, acidez, cuerpo, balance, dulzor, taza limpia, uniformidad y puntaje del catador, usando la metodología SCAA para cafés especiales, para obtener variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza en el transcurso del tiempo de almacenamiento.

Las evaluaciones sensoriales de las cinco marcas comerciales siguieron los siguientes pasos:

a. Establecimiento de medidas:

La relación óptima es de 8.25 gramos por 150 ml de agua. Esta relación se ajusta al punto medio de las fórmulas de balance óptimas para la taza.

Determinar el volumen de agua de los vasos para catar seleccionados y ajustar el peso de café a la relación anterior con una tolerancia de +/- 0,25 gramos.

b. Preparación de la catación:

Las muestras se colocaron antes de catar, máximo 15 minutos antes de la infusión con agua. Si no es posible, las muestras se deben cubrir y hacer la infusión 30 minutos después de haberlas molido.

Se deben preparar por lo menos 5 tazas de cada muestra para evaluar adecuadamente la uniformidad de las muestras.

c. Infusión:

El agua usada para catar debe ser limpia e inodora, pero no destilada no ablandada. Los sólidos en suspensión totales son 125-175 PPM, pero no deben de ser menos de 100 PPM.

El agua debe ser muy fresca, y haber alcanzado cerca de 200° F (92°C) cuando se vierte sobre el café molido.

El agua caliente se debe verter directamente sobre el café medido en la taza, hasta llegar al borde la taza, cerciorándose de mojar todo el café molido.

Permita que el café molido y el agua permanezcan en total reposo durante 3 o 5 minutos antes de la evaluación.

La relación optima es 8.25 gramos por 150 ml de agua, que se ajusta al punto medio de las recetas óptimas de balance para la Taza de Oro. Determinar el volumen de agua en el recipiente de catación seleccionado y ajustar el peso de café a este cociente dentro de +/-25 gramos.

d. Evaluación de la muestra

Se analiza la calidad de los atributos específicos, se clasifican las muestras en una escala numérica y se plasma el formato de registro SCAA

- Oler los gases sueltos de la muestra, esto es el aroma en seco o fragancia.
- Inmediatamente después de colocar el agua, se debe aspirar los vapores sueltos por la muestra en combinación con el agua, esto es el aroma húmedo.
- Dejar reposar la infusión de 3 a 5 minutos, para permitir la correcta extracción y dilución, permitiendo la formación de una capa (costra) en la superficie de la taza.
- Iniciar el control del tiempo con el cronometro.
- Romper (quiebre) la capa o costra con una cuchara redonda. Inhalar profundamente los vapores procedentes de la taza para medir el

carácter aromático del café. Las partículas de café descenderán al fondo de la taza.

- Limpiar y eliminar toda partícula de la superficie.
- Dejar reposar la bebida antes de la evaluación hasta que alcance los 70 °C (8 – 10 minutos después de poner el agua).
- Colocar una cucharada de la bebida cerca de la boca y aspirar. La aspiración introduce vapor dentro de la cavidad nasal y extiende el líquido uniformemente sobre toda la lengua y el paladar superior.
- Retener la bebida en la boca de 3 a 5 segundos para percibir la intensidad y calidad de las características.
- Expulsar la bebida después de este tiempo, dentro de un contenedor destinado para ello. Evaluar la sensación que permanece en la boca después de la degustación para determinar el gusto residual.

El formato de registro provee los medios para registrar 11 atributos importantes del sabor del café: Las cualidades específicas reciben puntajes positivos de su calidad que reflejan un juicio de valoración del catador; los defectos reciben puntajes negativos que denotan sensaciones desagradables del sabor, la nota global se basa en la experiencia del sabor del catador individual como valoración personal. Estos elementos son calificados en una escala de 16 puntajes que representan niveles de calidad con incrementos de un cuarto de punto entre los valores numéricos a partir de 6 hasta 9.75. Estos niveles son:

Tabla 9: *Escala de calidad del café.*

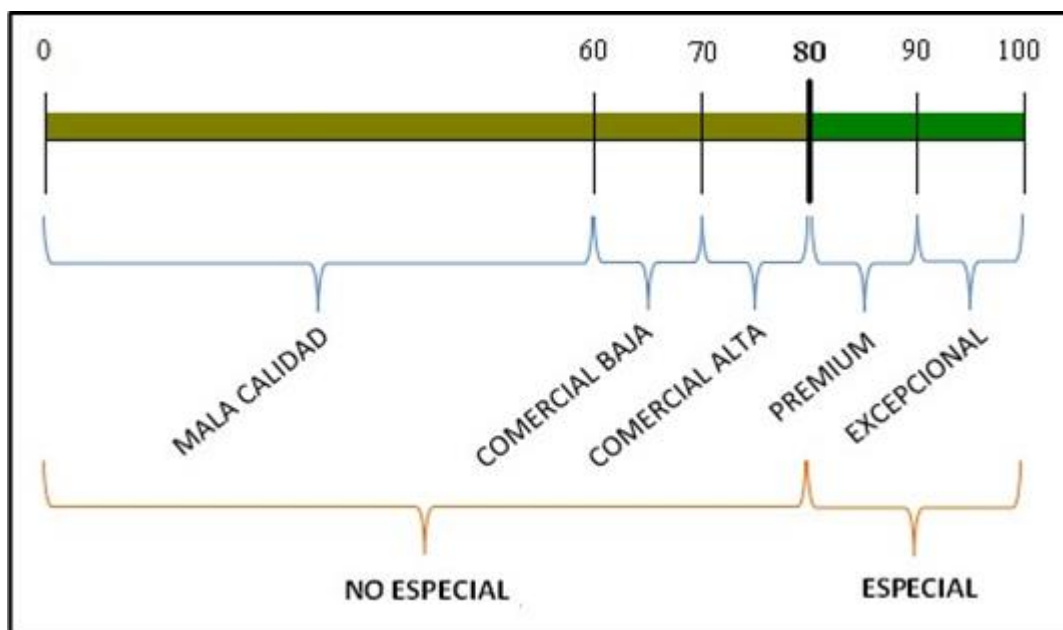
| 6.00 - Bueno | 7.00 – muy bueno | 8.00 – Excelente | 9.00 - Excepcional |
|--------------|------------------|------------------|--------------------|
| 6.25 | 7.25 | 8.25 | 9.25 |
| 6.50 | 7.50 | 8.50 | 9.50 |
| 6.75 | 7.75 | 8.75 | 9.75 |

Fuente: (Lingle, 2011, p.26).

La escala anterior se extiende teóricamente de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos. El extremo inferior de la escala esta debajo del grado de la especialidad (Lingle, 2011, p.26). Ver formato en el Anexo 2

3.3.3. Variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza con el trascurso del tiempo de almacenamiento.

La escala de categorías planteada por la SCAA en base al puntaje sensorial para cafés de especialidad y la escala en un rango de cada marca comercial, se muestra en la Figura: 12.



Fuente: Pacheco (2016, p.66)

Figura 12: Escala de categorías en base con el Puntaje Total obtenido para cafés de especialidad por el método SCAA y las cinco marcas comerciales de la Cooperativa Sol&Café, según su rangos de puntaje sensorial tota

En la Tabla 10 se presenta como se va a plasmar los resultados de las evaluaciones resultados para evaluar la Variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza con el trascurso del tiempo de almacenamiento.

Tabla 10: Variabilidad sensorial en el transcurso del tiempo de almacenamiento

| Número | Tiempo(días) | Marcas comerciales | | | | |
|--------|--------------|--------------------|----|----|----|----|
| 1-16 | 15-240 | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |

Fuente: propia

3.3.4. Calculo de la vida útil de los alimentos

La estimación de vida útil de las cinco marcas de café tostado molido de la cooperativa Sol&Café. Se realizó a partir del métodos de evaluación sensorial analíticos (de laboratorio), método sensitivas, para pruebas de comparación múltiple con análisis de varianza (ANOVA), para el cálculo de la vida útil de los alimentos, para todas de las marcas comerciales A1, A2, A3, A4, y A5. Usando una c escala o grados de calidad son: 6: excelente; 5: bueno; 4: aceptable; 3: poco aceptable; 2: inaceptable; 1: no bebible, usando para la infusión la metodología SCAA. En el formato se evaluó sabor y aroma, para la estimación de vida útil de los alimentos (Figura 11) Los datos obtenidos se procesó según la metodología descrita por (Espinoza, 2003, p.275).

Tabla 11: formato para prueba sensorial para vida útil

| Nombre : | Fecha: | | |
|----------|---------------|-------|--|
| Juez | Muestra: | | |
| n | Aroma / Sabor | Total | |
| 1/2/3 | | | |
| Total | | | |
| (Media | | | |
| Total/N) | | | |

Fuente: propia

3.3.5. Métodos para el análisis físico-químico

Se determinó los parámetros fisicoquímicos de cada empaque comparando con las normas nacionales e internacionales en los 0, 120 y 240 días de almacenamiento (25 ± 2 °C) y humedad relativa (74 ± 2 %).

- La humedad de las muestras se evaluó mediante el método estufa, según Método Oficial AOAC 930.15. Edición de la AOAC edición vigente.
- La ceniza se evaluó mediante método gravimétrico, según Método Oficial AOAC 942.2005.15. Edición de la AOAC edición vigente.
- Grasa o extracto etéreo se determinó mediante el Método Soxhlet, Método Oficial AOAC 920.39. Edición de la AOAC edición vigente.
- Proteína: se determinó por el Método Catalyst Kjeldhal –equipo automático, según Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th edition, 2012. Volume II. Editor: George W. Latimer, Jr. Chapter 39 p. 5, (39.1.15). Método 928.08 – “Kjeldahl method”.
- La Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA) ha preparado un sistema de puntos para clasificar el grado - el color - de diferentes tipos de tostado. El sistema consiste en ocho discos de color numerados con los cuales se compara una muestra de café finamente molido y tostado, generalmente aplastado sobre un disco petri. De este manera se asigna al tostado un número aproximado en la llamada Agtron Gourmet Scale, que va desde el nº 95 (el tostado más claro) a intervalos de 10 hasta el nº 25 (el tostado común más oscuro).

3.3.6. Métodos para el análisis microbiológico

Se determinó los parámetros microbiológicos para controlar la estabilidad bacteriana y dentro de cada empaque comparando con las normas nacionales e internacionales de tal manera de no exceder los máximos permisibles en los 0, 120 y 240 días de almacenamiento (25 ± 2 °C) y humedad relativa (74 ± 2 %).

- Numeración de microorganismos aerobios mesófilos viables, recuento estándar en placa, según DIGESA-2001: basado en la norma asociación americana de salud pública.
- Numeración de hongos recuento en placa, según DIGESA-2001: basado en la norma asociación americana de Salud Pública.
- Numeración de bacterias coliformes tubos múltiples, según DIGESA-2001: basado en la norma asociación americana de Salud Pública.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. RESULTADOS

4.1.1. Componentes generales del café tostado

El resultado de los análisis físico-químicos del café tostado molido para las cinco marcas comerciales, evaluados en tres periodos de tiempo (día 0, día 120 y día 240) se muestra en las tablas: 13,14 y 15.

Tabla 12: *Análisis fisicoquímicos día 0*

| Componentes | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Humedad | 3.119 | 2.480 | 2.699 | 3.404 | 2.502 |
| Ceniza | 3.930 | 4.077 | 4.125 | 4.192 | 3.914 |
| Grasa | 11.320 | 11.811 | 12.478 | 12.227 | 11.304 |
| Proteína | 15.542 | 14.980 | 14.828 | 15.662 | 15.380 |
| pH | 4.947 | 5.010 | 4.910 | 4.960 | 4.983 |
| Temperatura | 23,30 | 23,10 | 23,00 | 23,20 | 23,30 |

Promedio de 3 repeticiones

Los valores obtenidos en el día 0 cuando se empacó el café tostado molido, en el caso de la Humedad se encuentra por debajo del máximo establecido según NTP 209.028-INDECOPI, citado por Pacheco (2016), de 4 por ciento, asegurando la calidad de las cinco marcas comerciales, se observa también que los demás componentes se mantienen estables en el transcurso de 240 días.

Tabla 13: *Análisis fisicoquímicos día 120*

| Componentes | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Humedad | 1.907 | 2.517 | 2.752 | 1.623 | 2.417 |
| Ceniza | 4.155 | 3.886 | 4.265 | 4.125 | 4.281 |
| Grasa | 11.569 | 11.404 | 12.680 | 12.506 | 11.456 |
| Proteína | 15.373 | 14.676 | 15.086 | 15.453 | 15.351 |
| pH | 5.043 | 4.977 | 5.150 | 5.110 | 5.103 |

| | | | | | |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Temperatura | 23,20 | 23,30 | 23,20 | 23,30 | 23,14 |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|

Promedio de 3 repeticiones

Los valores obtenidos en el día 120 cuando se empacó el café tostado molido, en el caso de la Humedad se encuentra por debajo del máximo establecido según NTP 209.028-INDECOPI, citado por Pacheco (2016), de 4 por ciento, asegurando la calidad de las cinco marcas comerciales, se observa también que los demás componentes se mantienen estables en el transcurso de 240 días.

Tabla 14: *Análisis fisicoquímicos día 240*

| Componentes | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Humedad | 2.576 | 1.494 | 2.493 | 1.688 | 2.146 |
| Ceniza | 4.114 | 4.244 | 3.877 | 4.323 | 4.159 |
| Grasa | 11.439 | 11.285 | 12.877 | 12.183 | 11.287 |
| Proteína | 15.972 | 15.323 | 15.475 | 15.882 | 16.212 |
| pH | 5.140 | 5.113 | 5.187 | 5.223 | 5.260 |
| Temperatura | 23,40 | 23,10 | 23,20 | 23,00 | 23,30 |

Promedio de 3 repeticiones

Los valores obtenidos en el día 240 cuando se empacó el café tostado molido, en el caso de la Humedad se encuentra por debajo del máximo establecido según NTP 209.028-INDECOPI, citado por Pacheco (2016), de 4 por ciento, asegurando la calidad de las cinco marcas comerciales, se observa también que los demás componentes se mantienen estables en el transcurso de 240 días.

El resultado de la evaluación grado de color del café tostado molido para las cinco marcas comerciales se presenta en la Tabla 15.

Tabla 15: *Grado de color de las cinco marcas comerciales de café tostado molido (Coofea arabica).*

| Marca | Agtron |
|-------|--------|
| A1 | 55 |
| A2 | 55 |
| A3 | 45 |
| A4 | 45 |
| A5 | 55 |

El grado de color de las cinco marcas comerciales tiene variación por los distintos Bach (5Kg) que tiene la tostadora, quiero afirmar también que cada marca de café tiene estos parámetros de color como promedio.

4.1.2. Análisis microbiológico

Este es un control de inocuidad que se realizó a las cinco marcas comerciales, con el objetivo de controlar la calidad en el transcurso del tiempo de almacenamiento, y crecimiento microbiano. Los resultados fueron comparados con la Tabla 19 de requisitos microbiológicos para café tostado, en grano o molido MINSA –DIGESA, citado por Pacheco (2016, p.77). Se presentaran los resultados del análisis microbiológico para las cinco marcas, evaluadas en los 0 días, 120 días y 240 días, en las tablas 16, 17, y 18.

Tabla 16: *Análisis microbiológico día 0*

| Muestras | Aeróbios mesofilos viables UFC / g. | Numeración de hongos UFC / g. | Recuento de coliformes (NMP / g) |
|----------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| A1 | 300 | 21 | < 3 |
| A2 | 210 | 24 | < 3 |
| A3 | 200 | 18 | < 3 |
| A4 | 210 | 31 | < 3 |
| A5 | 200 | 20 | < 3 |

Promedio de 3 repeticiones

Tabla 17: *Análisis microbiológico día 120*

| Muestras | Aeróbios mesófilos viables UFC / g. | Numeración de hongos UFC / g. | Recuento de coliformes (NMP / g) |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| A1 | 500 | 14 | < 3 |
| A2 | 550 | 18 | < 3 |
| A3 | 400 | 16 | < 3 |
| A4 | 300 | 15 | < 3 |
| A5 | 500 | 15 | < 3 |
| Promedio de 3 repeticiones | | | |

Tabla 18: *Análisis microbiológico día 240*

| Muestras | Aeróbios mesófilos viables UFC / g. | Numeración de hongos UFC / g. | Recuento de coliformes (NMP / g) |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| A1 | 800 | 11 | < 3 |
| A2 | 700 | 15 | < 3 |
| A3 | 600 | 12 | < 3 |
| A4 | 650 | 8 | < 3 |
| A5 | 500 | 12 | < 3 |
| Promedio de 3 repeticiones | | | |

Se observó que los recuentos microbiológicos no superaron los valores permitidos por la NTS N°071 MINSA-DIGESA, citado por Pacheco (2016, p.77) durante el tiempo de almacenamiento de 0 a 240 días. Esto indica no sólo que el café es apto para consumo, sino que además está dentro del rango de buena calidad.

La variación mínima de la Humedad durante el almacenamiento del café. Fennema, citado por Pacheco (2016, p.77) señala que la actividad microbiana de la mayoría de bacterias es inhibida a A_w inferiores a 0,9; mayoría de levaduras a A_w inferiores 0,8; y la mayoría de Hongos a A_w inferiores a 0,7. En general, prácticamente toda la actividad microbiana es inhibida a A_w inferiores a 0,6.

Tabla 19: *Requisitos microbiológicos para café tostado, en grano o molido*

| Requisito | n | m | M | C |
|--------------------------------|---|--------|------|---|
| Recuento de Mohos y Levaduras | | | | |
| UFC/g. | 5 | 1 0 | 100 | 1 |
| Recuento de Aerobios Mesófilos | | | | |
| UFC/g o ml. | 3 | 1000 | 2000 | 1 |
| NMP de Coliformes /g o ml. | 3 | 3 | 11 | 1 |

Fuente: MINSA –DIGESA, citado por Pacheco (2016, p.77)

Donde:

n = es el número de muestras por examinar.

m = es el valor máximo permisible de para identificar el nivel de buena calidad.

M = es el índice máximo permisible para identificar el nivel aceptable de calidad.

c = es el número máximo de muestras permisibles con resultados entre m y M.

4.1.3. Análisis sensorial

Los resultados del análisis sensorial se presentan en la tabla 20, aquí se evaluó los puntajes de cada marca comercial en los tiempos determinados usando el método SCAA y su formato de calificación cualitativa y cuantitativa.

Tabla 20: *La variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza con el transcurso del tiempo de almacenamiento.*

| Número | Tiempo (días) | A1 | A2 | A3 | 44 | A5 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 15 | 78.02 | 80.50 | 82.00 | 83.75 | 87.58 |
| 2 | 30 | 78.02 | 80.30 | 83.27 | 83.26 | 87.18 |
| 3 | 45 | 78.10 | 80.25 | 82.83 | 83.67 | 87.00 |
| 4 | 60 | 78.00 | 80.15 | 83.67 | 84.08 | 86.90 |

| | | | | | | |
|----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5 | 75 | 77.83 | 80.01 | 84.08 | 83.70 | 86.67 |
| 6 | 90 | 77.50 | 79.80 | 81.10 | 83.50 | 86.33 |
| 7 | 105 | 76.80 | 79.50 | 81.65 | 83.20 | 85.70 |
| 8 | 120 | 76.55 | 79.10 | 81.40 | 82.90 | 85.52 |
| 9 | 135 | 76.20 | 79.06 | 81.25 | 82.70 | 85.12 |
| 10 | 150 | 75.88 | 78.75 | 81.63 | 82.51 | 84.80 |
| 11 | 165 | 75.83 | 78.33 | 79.83 | 82.40 | 84.57 |
| 12 | 180 | 75.00 | 78.20 | 80.25 | 82.30 | 84.00 |
| 13 | 195 | 74.75 | 77.50 | 79.75 | 82.10 | 83.25 |
| 14 | 210 | 74.80 | 77.30 | 79.10 | 81.80 | 83.10 |
| 15 | 225 | 74.30 | 77.30 | 79.00 | 81.90 | 82.30 |
| 16 | 240 | 74.10 | 77.70 | 79.00 | 81.50 | 81.75 |

Resultados promedio

Según los datos de la Tabla 9 se comparan con los rangos de cada marca de café tostado molido presentes en la Tabla 21 presenciamos la variabilidad de la calidad sensorial en el tiempo de 0 a 240 días almacenamiento según el rango de puntos en taza establecidos SCAA para cada marca, resultando el límite de aceptabilidad sensorial de 180 días en cada uno de sus perfiles sensoriales

La pérdida de la calidad de este grano aromático inicia desde las variedades, piso altitudinal, factores naturales, botánicos, climáticos y humano. CENICAFE (2013), señala que las tostaciones en grados altos producen bebidas quemadas, con amargos y cuerpos muy fuertes y desagradables, mientras que cuando no se tuesta el tiempo necesario, las bebidas de café resultan insípidas y aguadas, y el color del grano tostado es canela o marrón muy claro.

Durante la molienda, almacenamiento y preparación del extracto de la bebida de café se pierde gran parte de los compuestos volátiles producidos en la tostación, por esta razón, se requiere de empaques herméticos y condiciones de almacenamiento frescas y secas para conservar el producto hasta su consumo. (CENICAFE, 2013, p. 108).

4.1.4. Estimación de la vida útil en función de su calidad sensorial

Para determinar el tiempo de vida útil del producto café tostado y molido se calculó los datos con el análisis de varianza se obtuvo para $y = 3,0$ los siguientes datos.

a. Para la marca comercial A1

- Por punto

$$\bar{X} = \frac{5,68-3}{0,014} = 191,43 \text{ Días}$$

Ecuación de la regresión lineal: $\hat{y} = 5,68 - 0,014 x$

El valor del coeficiente angular de la recta $b = -0,014$ indica que el aroma y el sabor del café decrecieron 0,014 puntos/día de almacenamiento.

- Por intervalo

$$a + bx \pm d\sqrt{CME} \left\{ \frac{1}{\sqrt{Kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Siendo los límites lineales, a la derecha y a la izquierda de la media x son suficientes para trazar los mismos. Para valores de $x = 10, 120$ y 240 , se tiene en la tabla 21 que:

Tabla 21: Límites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 1

| x(días) | \hat{y} | LI | LS |
|---------|-----------|------|------|
| 10 | 5.54 | 5.37 | 5.70 |
| 120 | 4.0 | 3.90 | 4.1 |
| 240 | 2.32 | 2.16 | 2.48 |

Donde:

LS = límite superior del intervalo

LI = límite inferior del intervalo

Llevamos estos valores a un sistema de coordenadas cartesianas se obtiene la siguiente Figura 13.

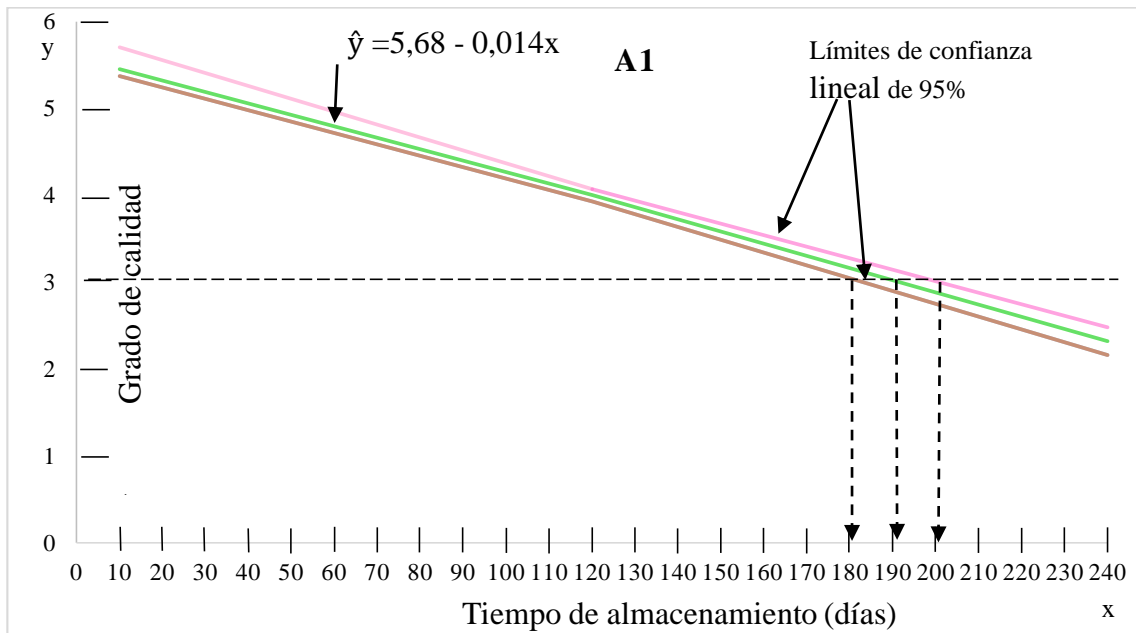


Figura 13: sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 1.

- Obtener el estimado de vida útil

Para obtener el estimado de la vida útil por inervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y=3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Estos valores calculados son 181 y 201 días. Esto indica que para que el producto obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media 181 y 201 días.

b. Para la marca comercial A 2

- Por punto

$$\bar{X} = \frac{5,68 - 3}{0,014} = 191,42 \text{ Días}$$

Ecuación de la regresión lineal: $\hat{y} = 5,68 - 0,014 x$

El valor del coeficiente angular de la recta $b = -0.014$ indica que el aroma y el sabor del café decrecieron 0.014 puntos/día de almacenamiento.

- Por intervalo

$$a + bx \pm d\sqrt{\text{CME}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Siendo los límites lineales, a la derecha y a la izquierda de la media x son suficientes para trazar los mismos. Para valores de $x = 10, 120$ y 240 se tiene en la tabla 22 que:

Tabla 22: Límites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 2

| x | \hat{y} | L I | L S |
|-----|-----------|------|------|
| 10 | 5.5 | 5.36 | 5.70 |
| 120 | 4.0 | 3.92 | 4.1 |
| 240 | 2.32 | 2.1 | 2.5 |

Donde:

L S = límite superior del intervalo

L I = límite inferior del intervalo

Llevamos estos valores a un sistema de coordenadas cartesianas se obtiene la siguiente Figura 14.

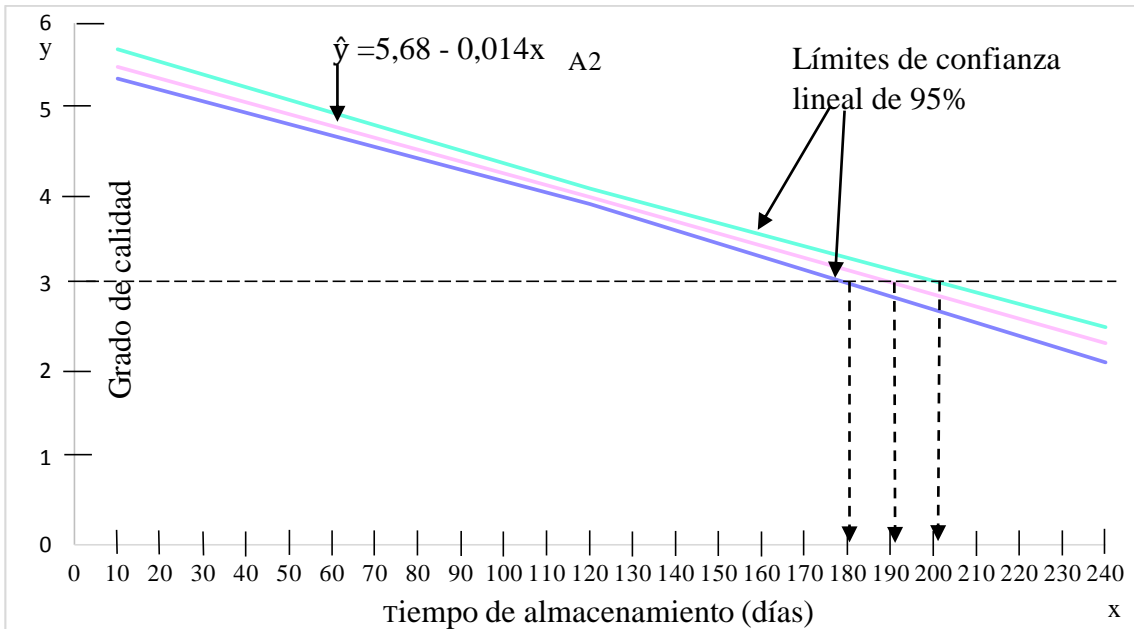


Figura 14: sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 2.

- Obtener el estimado de vida útil

Para obtener el estimado de la vida útil por inervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y = 3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Estos valores calculados son 181 y 201 días. Esto indica que para que el producto obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media 181 y 201 días.

c. Para la marca comercial A 3

- Por punto

$$\bar{X} = \frac{5,8 - 3}{0,015} = 186,6 \text{ Días}$$

Ecuación de la regresión lineal: $\hat{y} = 5,8 - 0,015x$

El valor del coeficiente angular de la recta $b = -0,015$ indica que el aroma y el sabor del café decrecieron 0.015 puntos/día de almacenamiento.

- Por intervalo

$$a + bx \pm d\sqrt{CME} \left\{ \frac{1}{\sqrt{Kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Siendo los límites lineales, a la derecha y a la izquierda de la media x son suficientes para trazar los mismos. Para valores de $x= 10, 120$ y 240 se tiene en la tabla 23 que:

Tabla 23: Límites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A 3

| x | \hat{y} | LI | LS |
|-----|-----------|------|------|
| 10 | 5.65 | 5.47 | 5.82 |
| 120 | 4.00 | 3.90 | 4.10 |
| 240 | 2.20 | 2. | 2.36 |

Donde:

LS= límite superior del intervalo

LI = límite inferior del intervalo

Llevamos estos valores a un sistema de coordenadas cartesianas se obtiene la siguiente Figura 15.

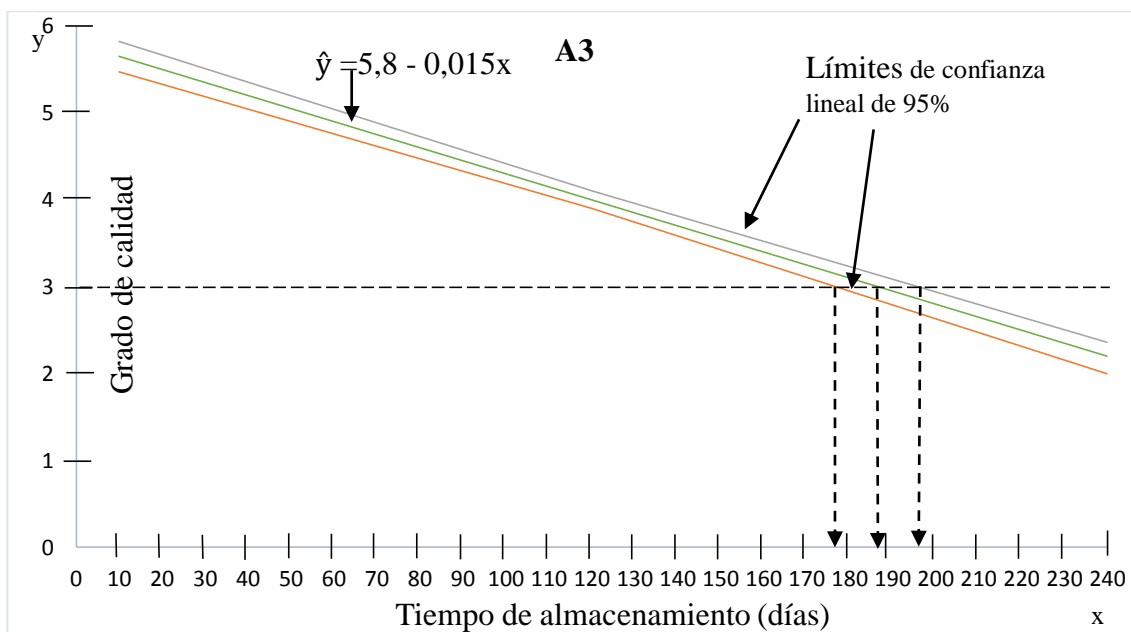


Figura 15: sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 3.

- Obtener el estimado de vida útil

Para obtener el estimado de la vida útil por inervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y=3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Estos valores calculados son 176 y 196 días. Esto indica que para que el producto obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media 176 y 196 días.

d. Para la marca comercial A 4

- Por punto

$$\bar{X} = \frac{5,68-3}{0,014} = 193,3 \text{ Días}$$

Ecuación de la regresión lineal: $\hat{y} = 5,9 - 0,015 x$

El valor del coeficiente angular de la recta $b = -0,015$ indica que el aroma y el sabor del café decrecieron 0,015 puntos/día de almacenamiento.

- Por intervalo

$$a + bx \pm d\sqrt{CME} \left\{ \frac{1}{\sqrt{Kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Siendo los límites lineales, a la derecha y a la izquierda de la media x son suficientes para trazar los mismos. Para valores de $x = 10, 120$ y 240 se tiene en la tabla 24 que:

Tabla 24: Límites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A4

| x | \hat{y} | L I | L S |
|-----|-----------|------|------|
| 10 | 5.75 | 5.63 | 5.86 |
| 120 | 4.10 | 4 | 4.20 |
| 240 | 2.30 | 2.18 | 2.44 |

Donde:

LS = límite superior del intervalo

LI = límite inferior del intervalo

Llevamos estos valores a un sistema de coordenadas cartesianas se obtiene la siguiente Figura 16.

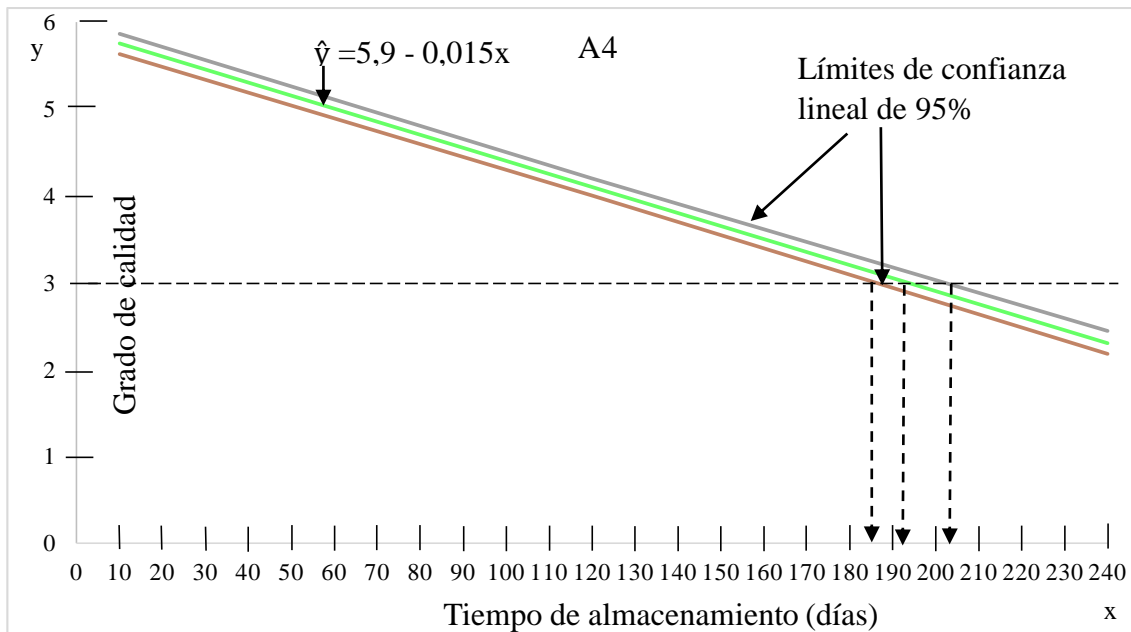


Figura 16: sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A 4.

- Obtener el estimado de vida útil

Para obtener el estimado de la vida útil por inervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y = 3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Estos valores calculados son 185 y 203 días. Esto indica que para que el producto obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media 185 y 203 días.

e. Para la marca comercial A 5

- Por punto

$$\bar{X} = \frac{5,68 - 3}{0,014} = 191,40 \text{ Días}$$

Ecuación de la regresión lineal: $Y = 5,68 - 0,014 x$

El valor del coeficiente angular de la recta $b = -0.014$ indica que el aroma y el sabor del café decrecieron 0.014 puntos/día de almacenamiento.

- Por intervalo

$$a + bx \pm d\sqrt{\text{CME}} \left\{ \frac{1}{\sqrt{kr}} + \frac{|x - \bar{X}|}{\sqrt{r[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{k}]}} \right\}$$

Siendo los límites lineales, a la derecha y a la izquierda de la media x son suficientes para trazar los mismos. Para valores de $x = 10, 120$ y 240 se tiene en la tabla 25 que:

Tabla 25: Límites lineales a la derecha y la izquierda de la media x para la marca A5

| x | \hat{y} | LI | LS |
|-----|-----------|------|------|
| 10 | 5.50 | 5.4 | 5.66 |
| 120 | 4.00 | 3.94 | 4.10 |
| 240 | 2.32 | 2.19 | 2.40 |

Donde:

LS = límite superior del intervalo

LI = límite inferior del intervalo

Llevamos estos valores a un sistema de coordenadas cartesianas se obtiene la siguiente Figura 17.

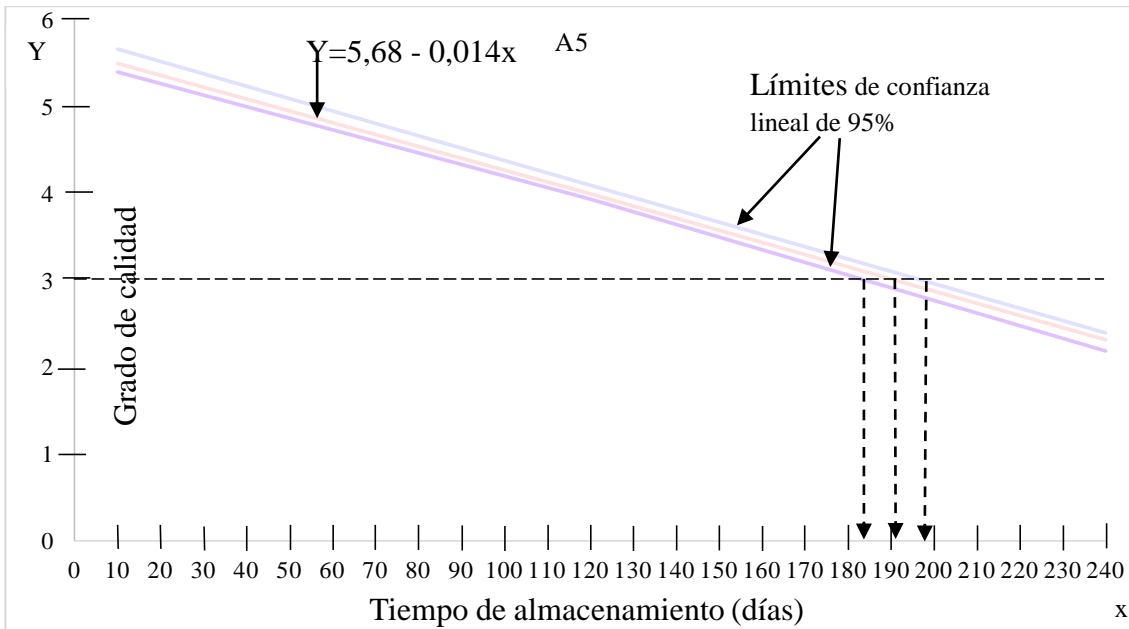


Figura 17: sistema de coordenadas cartesianas de vida útil para la marca A4.

- Obtener el estimado de vida útil

Para obtener el estimado de la vida útil por intervalo, se traza una línea horizontal a la abscisa a partir del punto de la (ordenada) $y = 3,0$ hasta encontrar las líneas inferiores y superiores del intervalo de confianza. De los puntos de intersección se trazan líneas perpendiculares a la abscisa. Los valores de la abscisa asociados a estos límites corresponden a los límites inferior y superior del intervalo de confianza de la vida útil. Estos valores calculados son 185 y 198 días. Esto indica que para que el producto obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media 185 y 198 días.

VI. DISCUSIONES

El porcentaje de humedad promedio que se obtuvo al final fue de 2.4 %, se encuentra en menor porcentaje de humedad 1,76 % de café tostado molido que adquirió Pacheco (2016, p.70).

El porcentaje de grasa promedio de las muestras es de 11.9 %, menor al porcentaje de grasa encontradas en el café tostado molido de Pacheco (2016, p.70) que fue de 12.2.

El porcentaje de proteínas promedio de las muestras es de 15.4 %, menor al porcentaje de grasa encontradas en el café tostado molido de Pacheco (2016, p.70) que fue de 15.8 %.

El pH promedio de las muestras es de 5.1, igual al pH encontrado en el café tostado molido que obtuvo Pacheco (2016, p.70) que fue de 5.1.

La vida útil en esta en un rango de 180 a 203 días a diferencia de Pacheco (2016, p.99), señala que la vida útil del café tostado molido en el empaque #3 es de 129 días.

VII. CONCLUSIONES

- Para la marca comercial A1 (Café Tres Ríos), en empaque (PET/ BOPPM/ CPE) se determinó un tiempo de vida útil del producto café tostado y molido para que obtenga el grado de calidad 3,0 llevó en media de 181 y 201 días, A2 (Café Amojú) de 181 y 201 días, A3 (Pakas Coffee) de 176 y 196 días, A4 (Uun Coffee) de 185 y 203 días y A5 (Dios Te Dé), de 185 y 198 días.
- Se observó que la marca A3 fue de menor estabilidad de la vida útil, durante el almacenamiento y la marca A4 fue de mayor estabilidad de la vida útil, durante el almacenamiento.
- La variabilidad sensorial de las cinco marcas y rangos de calidad en taza con el transcurso del tiempo de almacenamiento es de 180 días.

VIII. RECOMENDACIONES

- Evaluar el producto con estudios de vida útil secundaria que permite analizar cómo actúa el consumidor normalmente, después de adquirir el producto.
- Analizar la vida útil del café tostado molido en distintos empaques y condiciones de almacenamiento.
- Evaluar los parámetros organolépticos con métodos sensoriales más específicos e incluir equipos y *Software* sofisticados para análisis sensorial.
- Ampliar rangos de evaluación fisicoquímica tales como cafeína, actividad de agua, acidez, granulometría y pruebas de rancidez.
- Seguir ejecutando este tipo de evaluaciones periódicamente, para mejorar la calidad del producto, optimizar procesos industriales, corregir procesos en campo y también comparar con otras marcas que compitan en el mercado.
- Para el almacenamiento se sugiere usar una cámara climática, Las tolerancias de regulación deben cumplir con la norma ISO 2233 (ISO 2000), regulada según el clima usual de comercialización.
- Realizar las pruebas sensoriales con panelistas calificados para optimizar los resultados.


IX. BIBLIOGRAFÍA

- Agroalimentaria, A. L. (2015). *Estudios de vida útil de alimentos*. España Recuperado de: <http://www.agq.com.es/doc-es/estudios-vida-til-alimentos>
- Basilio, A. (2015). *Predicción de la vida útil de chifles de plátano (Musa paradisiaca) Mediante modelos matematicos*.(tesis de pre grado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1863/J11.B3-T.pdf>
1 p.
- CafeImports. (2018). *Coffee family tree*. Australia. Recuperado de: <https://dev.cafeimports.com/coffee-varieties>.
- CENICAFE. (2013). *Manual del cafetero colombiano Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura*. Colombia.82-108 p.
- Copp.Sol&Café. (2016). *Manual de Buenas Practicas de Manufactura*. Cajamarca, Perú.
- MINAGRI. (2010). *Un campo fértil para sus inversiones*. Lima, Perú, Recuperado de: <http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manualesboletines/cafe/cafe10.pdf>
- Duicela, L. (2010). *Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del café arábigo*. Manabí, Ecuador.3-11p.
- Durán, F. R. (2010). *Cultivo del Café Colombia: D'Vinni*. 21-23 p.
- Espinoza, A. (2003). *Evaluación sensorial de los alimntos*. Tacna, Perú. 275-282p.
- JNC. (2016). *Historia*. Lima, Perú. Recuperado de: <http://juntadelcafe.org.pe/historia>
- Lingle, T. (2011). *Manual del catador de café Specialty Coffee Association of América (SCAA) (Cuarta edición ed.)*. Long Beach, California: ISBN. 4 p.
- Método Oficial AOAC 930.15. *Edición de la AOAC edición vigente. Humedad*.

- Método Oficial AOAC 942.2005.15. *Edición de la AOAC edición vigente. Determinación de cenizas totales.*
- Método Oficial AOAC 920.39. *Edición de la AOAC edición vigente determinación Grasa o extracto etéreo se determinó mediante el Método Soxhlet.*
- MINAGRI. (2016). *El cultivo de café.* Lima, Perú.
- Mora, N. (2008). *Agrocadena de Café Ministerio de Agricultura y Ganadería.* Recuperado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00080.pdf>. 8 p.
- AOAC International, *19th edition, 2012. Volume II. Editor: George W. Latimer, Jr. Chapter 39 p. 5, (39.1.15). Determinación de Proteína Método 928.08 – “Kjeldahl method”.*
- Pacheco, R. (2016). *Estimacion del tiempo de vida util del cafe tostado tipo premium (coffea arabica) en diferentes enpaques mediante pruebas aceleradas aceleradas* – Lima (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú. Recuperado de: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1779/J11-P32-T.pdf>. 1-60 p.
- Soto, C. (2010). *Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica ó denominación de origen.* IICA. Guatemala. 15 p.
- Vidaurre, J. M. (2016). *Pincipios basicos para determinar la vida util d elos alimentos.* Lima, Perú. 3-31p.

X. ANEXOS

ANEXO 1: Formato de catación elaborado por la SCAA



La Asociación de cafés especiales de America Formulario de catación

Nombre: _____

Fecha: _____

Clasificación:

| | | | |
|--------------|------------------|------------------|-----------------------|
| 6.00 - Bueno | 7.00 - Muy Bueno | 8.00 - Excelente | 9.00 - Extraordinario |
| 6.25 | 7.25 | 8.25 | 9.25 |
| 6.50 | 7.50 | 8.50 | 9.50 |
| 6.75 | 7.75 | 8.75 | 9.75 |

| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | Sabor | Acidez | Cuerpo | Uniformidad | Taza Limpia | Puntaje Catador | Total Score |
|--------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|---|----------------------|
| | Total: _____ Seco Cualidades: Espuma | Total: _____ Sabor Residual | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Balance | Total: _____ Dulzor | Total: _____ Defectos (subtract) Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = | |
| Notes: _____ | | | | | | | | | Puntaje Final |

| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | Sabor | Acidez | Cuerpo | Uniformidad | Taza Limpia | Puntaje Catador | Total Score |
|--------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|---|----------------------|
| | Total: _____ Seco Cualidades: Espuma | Total: _____ Sabor Residual | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Balance | Total: _____ Dulzor | Total: _____ Defectos (subtract) Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = | |
| Notes: _____ | | | | | | | | | Puntaje Final |

| Muestra # | El Nivel de tueste | Fragancia/Aroma | Sabor | Acidez | Cuerpo | Uniformidad | Taza Limpia | Puntaje Catador | Total Score |
|--------------|---|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|------------------------|---|----------------------|
| | Total: _____ Seco Cualidades: Espuma | Total: _____ Sabor Residual | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Intensidad Alto/Bajo | Total: _____ Balance | Total: _____ Dulzor | Total: _____ Defectos (subtract) Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> = | |
| Notes: _____ | | | | | | | | | Puntaje Final |

Anexo 2: Resultados de análisis sensorial por el método SCAA según el rango establecido por la cooperativa Sol & Café

Tabla 26: *Resultados análisis sensorial marca A 1*

| Número | Tiempo días | R 1 | R 2 | R 3 |
|--------|-------------|-------|-------|-------|
| 1 | 15 | 78.00 | 78.04 | 78.02 |
| 2 | 30 | 78.04 | 78.00 | 78.02 |
| 3 | 45 | 78.20 | 78.01 | 78.10 |
| 4 | 60 | 79.00 | 77.00 | 78.00 |
| 5 | 75 | 77.86 | 77.80 | 77.83 |
| 6 | 90 | 77.70 | 77.30 | 77.50 |
| 7 | 105 | 76.90 | 76.80 | 76.80 |
| 8 | 120 | 76.58 | 76.55 | 76.53 |
| 9 | 135 | 76.10 | 76.20 | 76.30 |
| 10 | 150 | 75.89 | 75.89 | 75.88 |
| 11 | 165 | 75.82 | 75.86 | 75.83 |
| 12 | 180 | 75.00 | 75.02 | 75.00 |
| 13 | 195 | 74.60 | 74.90 | 74.75 |
| 14 | 210 | 74.79 | 74.81 | 74.80 |
| 15 | 225 | 74.40 | 74.20 | 74.30 |
| 16 | 240 | 74.20 | 74.01 | 74.10 |

Tabla 27: *Resultados análisis sensorial marca A 2*

| Número | Tiempo (días) | R 1 | R 2 | R 3 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|
| 1 | 15 | 80.80 | 80.50 | 80.20 |
| 2 | 30 | 80.00 | 80.30 | 80.60 |
| 3 | 45 | 80.27 | 80.25 | 80.20 |
| 4 | 60 | 80.05 | 80.15 | 80.25 |
| 5 | 75 | 79.92 | 80.01 | 80.10 |
| 6 | 90 | 79.70 | 79.80 | 79.90 |
| 7 | 105 | 79.60 | 79.50 | 79.45 |
| 8 | 120 | 79.00 | 79.10 | 79.20 |
| 9 | 135 | 79.04 | 79.06 | 79.08 |
| 10 | 150 | 78.78 | 78.72 | 78.75 |
| 11 | 165 | 78.00 | 78.66 | 78.33 |
| 12 | 180 | 78.00 | 78.40 | 78.20 |
| 13 | 195 | 77.90 | 77.10 | 77.50 |
| 14 | 210 | 77.60 | 77.00 | 77.30 |
| 15 | 225 | 77.00 | 77.60 | 77.30 |
| 16 | 240 | 77.88 | 77.02 | 77.70 |

Tabla 28: *Resultados análisis sensorial marca A 3*

| Número | Tiempo (días) | R 1 | R 2 | R 3 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|
| 1 | 15 | 82.00 | 82.00 | 82.00 |
| 2 | 30 | 82.01 | 82.00 | 82.02 |
| 3 | 45 | 82.04 | 82.00 | 82.08 |
| 4 | 60 | 82.07 | 82.09 | 82.05 |
| 5 | 75 | 82.00 | 82.00 | 82.00 |
| 6 | 90 | 81.10 | 81.10 | 81.10 |
| 7 | 105 | 81.65 | 81.55 | 81.75 |
| 8 | 120 | 81.40 | 81.00 | 81.80 |
| 9 | 135 | 81.25 | 81.00 | 81.50 |
| 10 | 150 | 80.63 | 80.33 | 80.96 |
| 11 | 165 | 80.50 | 80.50 | 80.50 |
| 12 | 180 | 80.25 | 80.25 | 80.25 |
| 13 | 195 | 79.75 | 79.75 | 79.75 |
| 14 | 210 | 79.10 | 79.10 | 79.10 |
| 15 | 225 | 79.00 | 79.00 | 79.00 |
| 16 | 240 | 79.00 | 79.00 | 79.00 |

Tabla 29: *Resultados análisis sensorial marca A 4*

| Número | Tiempo (días) | R 1 | R 2 | R 3 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|
| 2 | 15 | 83.80 | 83.70 | 83.75 |
| 3 | 30 | 83.24 | 83.28 | 83.26 |
| 4 | 45 | 83.60 | 83.70 | 83.67 |
| 5 | 60 | 84.10 | 84.06 | 84.08 |
| 6 | 75 | 83.70 | 83.70 | 83.70 |
| 7 | 90 | 83.60 | 83.50 | 83.40 |
| 8 | 105 | 83.19 | 83.20 | 83.30 |
| 9 | 120 | 82.90 | 82.90 | 82.90 |
| 10 | 135 | 82.70 | 82.70 | 82.70 |
| 11 | 150 | 82.52 | 82.51 | 82.50 |
| 12 | 165 | 82.40 | 82.40 | 82.40 |
| 13 | 180 | 82.30 | 82.30 | 82.30 |
| 14 | 195 | 82.10 | 82.10 | 82.10 |
| 15 | 210 | 81.80 | 81.80 | 81.80 |
| 16 | 225 | 81.90 | 81.90 | 81.90 |
| 17 | 240 | 81.50 | 81.50 | 81.50 |

Tabla 30: *Resultados análisis sensorial marca A 5*

| Número | Tiempo (días) | R 1 | R 2 | R 3 |
|--------|---------------|-------|-------|-------|
| 2 | 15 | 87.58 | 87.58 | 87.58 |
| 3 | 30 | 87.18 | 87.18 | 87.18 |
| 4 | 45 | 87.00 | 87.00 | 87.00 |
| 5 | 60 | 86.60 | 86.90 | 86.90 |
| 6 | 75 | 86.55 | 86.67 | 86.67 |
| 7 | 90 | 86.33 | 86.34 | 86.33 |
| 8 | 105 | 85.70 | 85.70 | 85.70 |
| 9 | 120 | 85.52 | 85.62 | 85.42 |
| 10 | 135 | 85.12 | 85.14 | 85.10 |
| 11 | 150 | 84.80 | 84.80 | 84.80 |
| 12 | 165 | 84.57 | 84.69 | 84.45 |
| 13 | 180 | 84.00 | 84.00 | 84.00 |
| 14 | 195 | 83.25 | 83.00 | 83.50 |
| 15 | 210 | 83.10 | 83.10 | 83.10 |
| 16 | 225 | 82.30 | 82.00 | 82.60 |
| 17 | 240 | 81.87 | 81.63 | 81.75 |

ANEXO 3: Tablas de evaluación sensorial de alimentos para determinar la vida útil

Tabla 31: *Suma de cuadrados para la marca A 1*

| N° | X | X ² | Y1 | Y2 | Y3 | Y=Y1+Y2+Y3 | X Y |
|-------|------|----------------|-----|-----|-----|------------|---------|
| 1 | 15 | 225 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 16.0 | 240.0 |
| 2 | 30 | 900 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 15.6 | 468.0 |
| 3 | 45 | 2025 | 5.1 | 5.2 | 5.1 | 15.4 | 693.0 |
| 4 | 60 | 3600 | 5 | 5.1 | 5.1 | 15.2 | 912.0 |
| 5 | 75 | 5625 | 4.9 | 4.7 | 4.9 | 14.5 | 1087.5 |
| 6 | 90 | 8100 | 4.7 | 4.7 | 4.5 | 13.9 | 1251.0 |
| 7 | 105 | 11025 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 13.5 | 1417.5 |
| 8 | 120 | 14400 | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 12.7 | 1524.0 |
| 9 | 135 | 18225 | 4.1 | 4.0 | 3.9 | 12.0 | 1620.0 |
| 10 | 150 | 22500 | 3.9 | 3.8 | 3.7 | 11.4 | 1710.0 |
| 11 | 165 | 27225 | 3.6 | 3.5 | 3.4 | 10.5 | 1732.5 |
| 12 | 180 | 32400 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 9.1 | 1638.0 |
| 13 | 195 | 38025 | 2.9 | 2.8 | 3.0 | 8.7 | 1696.5 |
| 14 | 210 | 44100 | 2.8 | 2.6 | 2.8 | 8.2 | 1722.0 |
| 15 | 225 | 50625 | 2.6 | 2.3 | 2.5 | 7.4 | 1665.0 |
| 16 | 240 | 57600 | 2.4 | 2.2 | 2.3 | 6.9 | 1656.0 |
| Total | 2040 | 336600 | | | | 191.0 | 21033.0 |

Tabla 32: *Suma de cuadrados para la marca A 2*

| N° | X | X ² | Y1 | Y2 | Y3 | Y=Y1+Y2+Y3 | X Y |
|-------|------|----------------|-----|-----|-----|------------|---------|
| 1 | 15 | 225 | 5.3 | 5.2 | 5.5 | 16.0 | 240.0 |
| 2 | 30 | 900 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 15.8 | 474.0 |
| 3 | 45 | 2025 | 5.2 | 5.1 | 5.2 | 15.5 | 697.5 |
| 4 | 60 | 3600 | 5 | 5.1 | 5.1 | 15.2 | 912.0 |
| 5 | 75 | 5625 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | 14.9 | 1113.8 |
| 6 | 90 | 8100 | 4.7 | 4.8 | 4.6 | 14.1 | 1266.2 |
| 7 | 105 | 11025 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 13.5 | 1414.1 |
| 8 | 120 | 14400 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 12.5 | 1502.4 |
| 9 | 135 | 18225 | 4.1 | 3.8 | 4.0 | 11.9 | 1610.4 |
| 10 | 150 | 22500 | 3.9 | 3.6 | 3.9 | 11.4 | 1715.3 |
| 11 | 165 | 27225 | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 10.5 | 1730.9 |
| 12 | 180 | 32400 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 9.1 | 1638.0 |
| 13 | 195 | 38025 | 2.8 | 2.7 | 2.9 | 8.4 | 1638.0 |
| 14 | 210 | 44100 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 8.3 | 1745.1 |
| 15 | 225 | 50625 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 7.4 | 1669.5 |
| 16 | 240 | 57600 | 2.4 | 2.1 | 2 | 6.5 | 1560.0 |
| Total | 2040 | 336600 | | | | 191.0 | 20927.0 |

Tabla 33: *Suma de cuadrados para la marca A 3*

| N° | X | X ² | Y1 | Y2 | Y3 | Y=Y1+Y2+Y3 | X Y |
|-------|------|----------------|-----|-----|-----|------------|---------|
| 1 | 15 | 225 | 5.3 | 5.2 | 5.5 | 16.0 | 240.0 |
| 2 | 30 | 900 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 15.8 | 474.0 |
| 3 | 45 | 2025 | 5.2 | 5.1 | 5.2 | 15.5 | 697.5 |
| 4 | 60 | 3600 | 5 | 5.1 | 5.1 | 15.2 | 912.0 |
| 5 | 75 | 5625 | 4.9 | 5.0 | 5.0 | 14.9 | 1113.8 |
| 6 | 90 | 8100 | 4.7 | 4.8 | 4.6 | 14.1 | 1265.4 |
| 7 | 105 | 11025 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 13.4 | 1407.0 |
| 8 | 120 | 14400 | 4.2 | 4.1 | 4.2 | 12.5 | 1502.4 |
| 9 | 135 | 18225 | 4.1 | 3.8 | 4.0 | 11.9 | 1606.5 |
| 10 | 150 | 22500 | 3.9 | 3.6 | 3.9 | 11.4 | 1710.0 |
| 11 | 165 | 27225 | 3.6 | 3.4 | 3.5 | 10.5 | 1739.1 |
| 12 | 180 | 32400 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 9.1 | 1638.0 |
| 13 | 195 | 38025 | 2.8 | 2.7 | 2.9 | 8.4 | 1638.0 |
| 14 | 210 | 44100 | 2.8 | 2.7 | 2.8 | 8.3 | 1743.0 |
| 15 | 225 | 50625 | 2.6 | 2.4 | 2.4 | 7.4 | 1669.5 |
| 16 | 240 | 57600 | 2.4 | 2.1 | 2.1 | 6.6 | 1584.0 |
| Total | 2040 | 336600 | | | | 191.0 | 20940.2 |

Tabla 34: *Suma de cuadrados para la marca A 4*

| N° | X | X ² | Y1 | Y2 | Y3 | Y=Y1+Y2+Y3 | X Y |
|-------|------|----------------|-----|-----|-----|------------|---------|
| 1 | 15 | 225 | 5.4 | 5.3 | 5.4 | 16.1 | 241.5 |
| 2 | 30 | 900 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 15.9 | 477.0 |
| 3 | 45 | 2025 | 5.2 | 5.0 | 5.2 | 15.4 | 693.0 |
| 4 | 60 | 3600 | 5.1 | 4.8 | 5 | 14.9 | 894.0 |
| 5 | 75 | 5625 | 4.8 | 4.7 | 4.9 | 14.4 | 1080.0 |
| 6 | 90 | 8100 | 4.7 | 4.7 | 4.6 | 14.0 | 1260.0 |
| 7 | 105 | 11025 | 4.5 | 4.6 | 4.4 | 13.5 | 1417.5 |
| 8 | 120 | 14400 | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 12.7 | 1524.0 |
| 9 | 135 | 18225 | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 12.1 | 1633.5 |
| 10 | 150 | 22500 | 3.9 | 3.8 | 3.9 | 11.6 | 1740.0 |
| 11 | 165 | 27225 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 10.6 | 1749.0 |
| 12 | 180 | 32400 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 9.1 | 1638.0 |
| 13 | 195 | 38025 | 2.9 | 2.8 | 2.9 | 8.6 | 1677.0 |
| 14 | 210 | 44100 | 2.8 | 2.6 | 2.8 | 8.2 | 1722.0 |
| 15 | 225 | 50625 | 2.5 | 2.3 | 2.4 | 7.2 | 1620.0 |
| 16 | 240 | 57600 | 2.4 | 2.2 | 2.1 | 6.7 | 1608.0 |
| Total | 2040 | 336600 | | | | 191.0 | 20974.5 |

Tabla 35: *Suma de cuadrados para la marca A 5*

| N° | X | X ² | Y1 | Y2 | Y3 | Y=Y1+Y2+Y3 | X Y |
|-------|------|----------------|-----|-----|------|------------|---------|
| 1 | 15 | 225 | 5.4 | 5.3 | 5.41 | 16.1 | 241.7 |
| 2 | 30 | 900 | 5.3 | 5.3 | 5.3 | 15.9 | 477.0 |
| 3 | 45 | 2025 | 5.2 | 5.0 | 5.2 | 15.4 | 693.0 |
| 4 | 60 | 3600 | 5.1 | 4.9 | 5.11 | 15.1 | 906.6 |
| 5 | 75 | 5625 | 4.8 | 4.7 | 4.9 | 14.4 | 1080.8 |
| 6 | 90 | 8100 | 4.7 | 4.6 | 4.8 | 14.1 | 1269.0 |
| 7 | 105 | 11025 | 4.5 | 4.5 | 4.4 | 13.4 | 1407.0 |
| 8 | 120 | 14400 | 4.2 | 4.3 | 4.2 | 12.7 | 1524.0 |
| 9 | 135 | 18225 | 4.1 | 4.0 | 4.0 | 12.1 | 1633.5 |
| 10 | 150 | 22500 | 3.9 | 3.8 | 3.7 | 11.4 | 1710.0 |
| 11 | 165 | 27225 | 3.6 | 3.5 | 3.5 | 10.6 | 1749.0 |
| 12 | 180 | 32400 | 3.0 | 3.1 | 3.0 | 9.1 | 1638.0 |
| 13 | 195 | 38025 | 2.9 | 2.8 | 2.9 | 8.6 | 1677.0 |
| 14 | 210 | 44100 | 2.8 | 2.6 | 2.8 | 8.2 | 1722.0 |
| 15 | 225 | 50625 | 2.5 | 2.3 | 2.41 | 7.2 | 1622.3 |
| 16 | 240 | 57600 | 2.4 | 2.2 | 2.11 | 6.7 | 1610.4 |
| Total | 2040 | 336600 | | | | 191.1 | 20961.2 |

Tabla 36: *Análisis de varianza marca A 1*

| FV | GL | SC | CM | F |
|---------|----|-------------|------------|---------|
| RL | 1 | 48.0134216 | 48.0134216 | 1477.34 |
| DRL | 14 | 0.147 | 0.01046989 | 0.32 |
| Tiempos | 15 | 48.160 | | |
| Error | 32 | 1.04 | 0.0325 | |
| Total | 47 | 49.2 | | |
| CV% | | 4.622501635 | | |

Tabla 37: *Análisis de varianza marca A 2*

| FV | GL | SC | CM | F |
|---------|----|--------|-------------|---------|
| RL | 1 | 51.15 | 51.15 | 1351.38 |
| DRL | 14 | 0.222 | 0.015860246 | 0.42 |
| Tiempos | 15 | 51.313 | | |
| Error | 32 | 1.21 | 0.03785030 | |
| Total | 47 | 52.5 | | |
| CV% | | 2.4205 | | |

Tabla 38: *Análisis de varianza marca A 3*

| FV | GL | SC | CM | F |
|---------|----|------------|-----------|---------|
| RL | 1 | 50.699053 | 50.699053 | 1361.34 |
| DRL | 14 | 0.162 | 0.0116034 | 0.31 |
| Tiempos | 15 | 50.861 | | |
| Error | 32 | 1.19 | 0.0372421 | |
| Total | 47 | 52.1 | | |
| CV% | | 4.94826104 | | |

Tabla 39: *Análisis de varianza marca A 4*

| FV | GL | SC | CM | F |
|---------|----|-------------|-----------|---------|
| RL | 1 | 49.720627 | 49.720627 | 1531.09 |
| DRL | 14 | 0.199 | 0.0142409 | 0.44 |
| Tiempos | 15 | 49.920 | | |
| Error | 32 | 1.04 | 0.032474 | |
| Total | 47 | 51.0 | | |
| CV% | | 4.620649277 | | |

Tabla 40: *Análisis de varianza marca A 5*

| FV | GL | SC | CM | F |
|---------|----|-------------|-----------|---------|
| RL | 1 | 50.302986 | 50.302986 | 2530.18 |
| DRL | 14 | 0.521 | 0.0371796 | 1.87 |
| Tiempos | 15 | 50.823 | | |
| Error | 32 | 0.64 | 0.0198812 | |
| Total | 47 | 51.5 | | |
| CV% | | 3.615401437 | | |

La significancia de la regresión lineal ($p < 0.05$) indica que hubo una disminución lineal en la calidad del café tostado molido, y la no significancia ($p > 0.05$) del desvío de la regresión lineal indica que solamente la regresión lineal se ajusta a los datos observados

Tabla 41: *Valores correspondientes a los niveles de error 5 %y 1%*

| G.L. | 5% | 1% |
|------|------|------|
| 4 | 3.38 | 2.66 |
| 6 | 2.92 | 2.39 |
| 8 | 2.72 | 2.26 |
| 10 | 2.61 | 2.19 |
| 12 | 2.54 | 2.14 |
| 14 | 2.49 | 2.12 |
| 16 | 2.46 | 2.10 |
| 20 | 2.41 | 2.07 |
| 24 | 2.38 | 2.05 |
| 30 | 2.35 | 2.03 |
| 40 | 2.32 | 2.01 |
| 50 | 2.30 | 1.99 |

Fuente: (Espinoza, 2003)

ANEXO 4: Tablas de datos de análisis fisicoquímicos

Tabla 42: *Análisis de humedad % con 3 repeticiones y tiempos de 0, 120 y 240 días*

| Muestra | R1 0 | R2 0 | R3 0 | R1 120 | R2 120 | R3 120 | R1 240 | R2 240 | R3 240 |
|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 3.116 | 3.020 | 3.221 | 1.918 | 1.899 | 1.905 | 2.541 | 2.587 | 2.601 |
| A2 | 2.461 | 2.570 | 2.410 | 2.556 | 2.548 | 2.448 | 1.584 | 1.497 | 1.401 |
| A3 | 2.654 | 2.664 | 2.779 | 2.668 | 2.852 | 2.735 | 2.524 | 2.498 | 2.457 |
| A4 | 3.418 | 3.395 | 3.400 | 1.677 | 1.589 | 1.603 | 1.778 | 1.685 | 1.602 |
| A5 | 2.548 | 2.434 | 2.525 | 2.440 | 2.302 | 2.510 | 2.134 | 2.201 | 2.102 |

Tabla 43: *Análisis de ceniza (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días*

| Muestra | R1 0 | R2 0 | R3 0 | R1 120 | R2 120 | R3 120 | R1 240 | R2 240 | R3 240 |
|---------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 3.879 | 3.960 | 3.950 | 4.228 | 4.105 | 4.133 | 4.051 | 4.102 | 4.189 |
| A2 | 4.110 | 4.045 | 4.075 | 3.874 | 3.889 | 3.895 | 4.231 | 4.198 | 4.302 |
| A3 | 4.124 | 4.055 | 4.195 | 4.265 | 4.277 | 4.254 | 3.954 | 3.874 | 3.802 |
| A4 | 4.181 | 4.201 | 4.195 | 4.056 | 4.100 | 4.220 | 4.254 | 4.325 | 4.389 |
| A5 | 3.903 | 3.915 | 3.925 | 4.254 | 4.289 | 4.301 | 4.142 | 4.214 | 4.120 |

Tabla 44: *Análisis de grasa (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días*

| Muestra | R1 0 | R2 0 | R3 0 | R1 120 | R2 120 | R3 120 | R1 240 | R2 240 | R3 240 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 11.034 | 11.425 | 11.501 | 11.391 | 11.750 | 11.567 | 11.391 | 11.425 | 11.501 |
| A2 | 12.004 | 12.234 | 11.195 | 11.346 | 11.577 | 11.288 | 11.254 | 11.312 | 11.288 |
| A3 | 12.346 | 12.845 | 12.243 | 12.568 | 12.675 | 12.798 | 12.987 | 12.845 | 12.798 |
| A4 | 12.234 | 12.210 | 12.237 | 12.567 | 12.767 | 12.185 | 12.154 | 12.210 | 12.185 |
| A5 | 11.376 | 11.301 | 11.235 | 11.566 | 11.457 | 11.345 | 11.214 | 11.301 | 11.345 |

Tabla 45: *Análisis de proteínas (%) con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días*

| Muestra | R1 0 | R2 0 | R3 0 | R1 120 | R2 120 | R3 120 | R1 240 | R2 240 | R3 240 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 15.462 | 15.653 | 15.512 | 15.379 | 15.365 | 15.374 | 15.324 | 16.298 | 16.294 |
| A2 | 15.524 | 14.754 | 14.662 | 14.675 | 14.693 | 14.661 | 15.278 | 15.304 | 15.387 |
| A3 | 15.493 | 14.501 | 14.490 | 15.054 | 15.105 | 15.098 | 15.512 | 15.423 | 15.489 |
| A4 | 15.654 | 15.676 | 15.656 | 15.422 | 15.436 | 15.501 | 15.987 | 15.857 | 15.802 |
| A5 | 16.782 | 14.672 | 14.687 | 15.341 | 15.293 | 15.420 | 16.264 | 16.145 | 16.226 |

Tabla 46: *Análisis de Ph con 3 repeticiones y tiempo 0, 120 y 240 días*

| Muestra | R1 0 | R2 0 | R3 0 | R1 120 | R2 120 | R3 120 | R1 240 | R2 240 | R3 240 |
|---------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A1 | 4.94 | 4.94 | 4.96 | 5.00 | 5.05 | 5.08 | 5.15 | 5.14 | 5.13 |
| A2 | 4.98 | 5.00 | 5.05 | 4.97 | 4.98 | 4.98 | 5.10 | 5.12 | 5.12 |
| A3 | 4.90 | 4.91 | 4.92 | 5.15 | 5.17 | 5.13 | 5.20 | 5.17 | 5.19 |
| A4 | 4.97 | 4.96 | 4.95 | 5.12 | 5.11 | 5.10 | 5.23 | 5.22 | 5.22 |
| A5 | 4.98 | 4.99 | 4.98 | 5.10 | 5.12 | 5.09 | 5.27 | 5.26 | 5.25 |

ANEXO 5: Tablas de análisis de varianza para cada marca comercial de datos de análisis fisicoquímico

Tabla 47: *Análisis de varianza para la marca A 1*

| FV | GL | SC | CM | F | FT |
|--------------------------|----|------------|------------|---------|------|
| Regresión Lineal | 1 | 48.0134216 | 48.0134216 | 1477.34 | 4.6 |
| Desvíos regresión Lineal | 14 | 0.147 | 0.01046989 | 0.32 | 2.12 |
| Tiempos | 15 | 48.160 | | | |
| Error | 32 | 1.04 | 0.0325 | | |
| Total | 47 | 49.2 | | | |

Tabla 48: *Análisis de varianza para la marca A 3*

| FV | GL | SC | CM | F | FT |
|--------------------------|----|-----------|------------|---------|------|
| Regresión Lineal | 1 | 50.699053 | 50.699053 | 1361.34 | 4.6 |
| Desvíos regresión Lineal | 14 | 0.162 | 0.01160336 | 0.31 | 2.12 |
| Tiempos | 15 | 50.861 | | | |
| Error | 32 | 1.19 | 0.03724212 | | |
| Total | 47 | 52.1 | | | |

Tabla 49: *Análisis de varianza para la marca A 4*

| FV | GL | SC | CM | F | FT |
|--------------------------|----|------------|------------|---------|------|
| Regresión Lineal | 1 | 49.7206275 | 49.7206275 | 1531.09 | 4.6 |
| Desvíos regresión lineal | 14 | 0.199 | 0.0142409 | 0.44 | 2.12 |
| tiempos | 15 | 49.920 | | | |
| Error | 32 | 1.04 | 0.03247396 | | |
| Total | 47 | 51.0 | | | |

Tabla 50: *Análisis de varianza para la marca A 5*

| FV | GL | SC | CM | F | FT |
|--------------------------|----|------------|------------|---------|------|
| Regresión Lineal | 1 | 50.3029855 | 50.3029855 | 2530.18 | 4.6 |
| Desvíos regresión Lineal | 14 | 0.521 | 0.03717961 | 1.87 | 2.12 |
| Tiempos | 15 | 50.823 | | | |
| Error | 32 | 0.64 | 0.01988118 | | |
| Total | 47 | 51.5 | | | |

ANEXO 6: Evaluación estadística para análisis fisicoquímicos

*Datos obtenidos por transformación angular (arco seno) para análisis expresados en porcentaje.

Tabla 51: *F. Calculado para 0 días de análisis fisicoquímicos*

| F.V | G.L | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH | F.T |
|------------------------------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------|
| Trat | 4 | 92.65* | 27.51* | 2089.98* | 165.06* | 12.83* | 3.478 |
| Coefficiente de variabilidad | | 1.286624344 | 0.504252997 | 0.365009404 | 0.258579415 | 0.367944752 | |

Tabla 52: Prueba de Duncan para 0 días

| Marcas | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH |
|--------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| A1 | 3.119 b 2.480333333 | 3.929666 66666667 c 4.0766666 | 9.5596666 6666667 a 6.00933333 | 15.54233 33333333 a 14.6466 | 4.946666 66666667 c |
| A2 | 33333 d | 6666667 b 4.1246666 | 333333 d 8.7793333 | 666666667 b 14.4946 | 5.01 a |
| A3 | 2.699 c | 6666667 ab 4.192333 | 3333333 b | 666666667 c | 4.91 d |
| A4 | 3.4044 a | 33333333 a | 9.533 a | 15.662 a | 4.96 b c 4.983333 |
| A5 | 2.502333333 3333 d | 3.91433 333333333 c | 7.660666 66666667 c | 14.71366 6666667 b | 33333333 a b |

Tabla 53: F. Calculado para 120 días de análisis fisicoquímicos

| F.V | G. L | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH | F.T |
|------------------------------|------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| Tratamiento | 4 | 140.87* | 31.47* | 365.76* | 220.47* | 28.61* | |
| Coefficiente de variabilidad | | 1.5624148 41 | 0.603985 94 | 0.3841162 08 | 0.1293685 19 | 0.4315607 81 | 3.47 8 |

Tabla 54: Prueba de Duncan para 120 días

| Marc | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH |
|------|--------------------------------------|------------------------|------------------------|--|--------------------------------------|
| A1 | 1.907333333 3333 c 2.517333333 | 4.155333333 3333 b | 7.119666666 6667 c | 15.372666666 6667 b 14.676333333 | 5.043333333 3333 c 4.976666666 |
| A2 | 3333 b 2.751666666 | 3.886 c 4.265333333 | 7.695 b 7.085033333 | 3333 d 15.085666666 | 6667 d |
| A3 | 6667 a | 3333 a 4.125333333 | 3333 c | 6667 c | 5.15 a |
| A4 | 1.623 d 2.417333333 | 3333 b 4.281333333 | 7.174 c 8.567666666 | 15.453 a 15.351333333 | 5.11 b 5.103333333 |
| A5 | 3333 b | 3333 a | 6667 a | 3333 b | 3333 b |

Tabla 55: F. Calculado para 240 días de análisis fisicoquímicos

| F.V | G.L | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH | F.T |
|------------------------------|-----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
| Tratamiento | 4 | 140.67* | 21.13* | 391.59* | 154.63* | 89.11* | 3.47 |
| Coefficiente de variabilidad | | 1.7337397 43 | 0.7856131 33 | 0.2687605 79 | 0.2029040 13 | 0.2112855 44 | 8 |

Tabla 56: Prueba de Duncan para 240 días

| Marc a | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH |
|--------|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------|
| A1 | 2.5763333333 3333 a | 4.114 c 4.2436666666 | 11.439 c 11.2846666666 | 16.3053333333 3333 a | 5.14 d 5.1133333333 |
| A2 | 1.494 d | 6667 a b 3.8766666666 | 6667 d 12.8766666666 | 15.323 d 15.4746666666 | 3333 e 5.1866666666 |
| A3 | 2.493 a | 6667 d 4.3226666666 | 6667 a | 6667 c | 6667 c 5.2233333333 |
| A4 | 1.6883333333 3333 c | 6667 a 4.1586666666 | 12.183 b 11.2866666666 | 15.882 b 16.2116666666 | 3333 b |
| A5 | 2.1456666666 6667 b | 6667 b c | 6667 d | 6667 a | 5.26 a |

Tabla 57: ANVA combinado

| F.V | G.L | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH | F.T |
|---------------------------|-----|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------|
| Fecha | 2 | 474.276572 064552 * | 16.591981 1320755 * | 21453.095 4676953 * | 813.1042 29607251 * | 600.0000 * | 3.3158 |
| Trat | 4 | 84.61185 30884808 * * | 12.28920 99056604 | 764.8264 22372228 * | 378.6027 19033233 * | 35.9677 419354839 * | 2.6896 |
| Trat * | | 148.0606 | 32.09168 63207547 | 1103.51 976856316 | 63.92560 42296073 | 28.3064 516129032 | |
| Fecha | 8 | 56649972 * * | * * | * * | * * | * * | 2.2662 |
| Coefficiente de variación | | 1.52 | 0.64 | 0.33 | 0.20 | 0.35 | |

Tabla 58: *Duncan para fecha (media y significancia)*

| FEH CA | Humedad (%) | Ceniza (%) | Grasa (%) | Proteína (%) | pH |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 2.8410133333 3333 a | 4.0475333333 3333 b | 8.3084 b | 15.011866666 6667 c | 4.962 c |
| 120 | 2.2433333333 3333 b | 4.1426666666 6667 a | 7.5282733333 3333 c | 15.1878 b | 5.0766666666 6667 b |
| 240 | 2.0794666666 6667 c | 4.1431333333 3333 a | 11.814 a | 15.839333333 3333 a | 5.1846666666 6667 a |

ANEXO 7: Fotos de los análisis fisicoquímicos del café tostado molido



Figura 18: Muestras de Café Tostado molido



Figura 19: Análisis de proteínas con la unidad de digestión y destilador Kjeldahl



Figura 20: Análisis para determinar fibra con el equipo digestor de fibra



Figura 21: Análisis de extracto etéreo y el equipo Soxhlet



Figura 23: Análisis para determinar cenizas con el equipo mufla



Figura 22: Análisis para determinar la humedad con el equipo estufa

ANEXO 8: Fotos de los análisis sensoriales de las cinco marcas café tostado molido.



Figura 24: Iniciar el control de tiempos con cronometro para iniciar la catción



Figura 28: Pesado relación óptima de 8.25 gramos por 150 ml de agua .



Figura 27: Muestras colocadas 15 minutos antes como máximo de realizar a infusión, preparar la repeticiones.



Figura 25: Oler los volátiles del café detectando aroma en seco o fragancia.



Figura 26: Control de temperatura 92 °C, para verter sobre el café molido.



Figura 29: Adición de agua a temperatura establecida



Figura 30: Proceso de romper la capa o costra con una cuchara redondeada, oler los vapores, para medir el aroma



Figura 32: Control de la temperatura a 70 °C de 8 a 10 minutos, para iniciar la evaluación sensorial.



Figura 31: Poroceso de limpieza de y eliminación de las partíulas de la superficie del pirex.



Figura 33: Proceso de aspiración del vapor y expandir la bebida uniformemente sobre toda la lengua y el paladar



Figura 34: Toma de datos de las características organolépticas durante el proceso de catación.

ANEXO 9: En las fotos se muestran los análisis microbiológico (recuento de mohos y levaduras, recuento de aeróbios mesófilos y coliformes) de las cinco marcas comerciales de café tostado molido.



Figura 36: Esterilización de material.



Figura 35: Preparación de medios de cultivo.



Figura 37: Preparación de la 10 g de muestra café tostado y 90 ml de caldo peptona 0.1 %.



Figura 38: Lectura en palca de recuento de aeróbios mesófilos incubado en 35 °C por 72 h del café tostado molido.

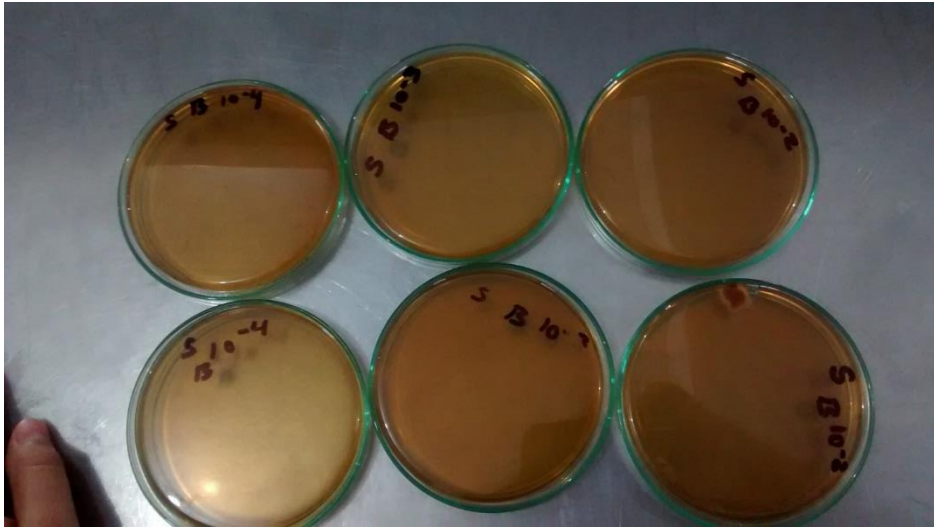


Figura 39: Recuento de mohos y levaduras del café tostado molido.



Figura 40: Resultado de análisis de coliformes con la prueba presuntiva en caldo (LST), ausencia de burbuja (-) a las 48 h.

ANEXO 10: Trazabilidad de la materia prima obtenida para el estudio

Tabla 59: *Datos de materia prima A1*

| Concepto | Descripción |
|--------------------------|---------------------------|
| Nombre del Socio | Aguilar Fernández Juanito |
| Distrito | La Coipa |
| Caserío | Machetillo |
| Provincia | San Ignacio |
| Área total del productor | 2.75 hectáreas |
| Número plantas total | 14497 |
| Proyectado pergamino | 90 qq |
| Caturra | 417 |
| Catimores | 11319 |
| Bourboun | 586 |
| Typica | 586 |
| Certificación | FT-O-SPP |

Tabla 60: *Datos de materia prima A2*

| Concepto | Descripción |
|--------------------------|--------------------------|
| Nombre del Socio | Padilla Carrasco Florian |
| Distrito | La Coipa |
| Caserío | Chimburique |
| Provincia | San Ignacio |
| Área total del productor | 14 hectáreas |
| Número plantas total | 34262 |
| Proyectado pergamino | 400 qq |
| Caturra | 10001 |
| Catimores | 14260 |
| Pache | 10001 |
| Certificación | FT-O-RA-SPP-CP |

Tabla 61: *Datos de materia prima A3*

| Concepto | Descripción |
|--------------------------|-----------------------------|
| Nombre del Socio | Guevara Bazán Lía Gaudencia |
| Distrito | Colasay |
| Caserío | Colasay |
| Provincia | Jaén |
| Área total del productor | 1.25 hectáreas |
| Número plantas total | 5557 |
| Proyectado pergamino | 28 qq |
| Caturra | 556 |
| Catimores | 4445 |
| Typica | 556 |
| Certificación | FT-O-RA-SPP-CP |

Tabla 62: *Datos de materia prima A4*

| Concepto | Descripción |
|--------------------------|---------------------------|
| Nombre del Socio | Díaz Barturen José Santos |
| Distrito | El Árbol De La Quina |
| Caserío | La Cascarilla |
| Provincia | Jaén |
| Área total del productor | 2 hectáreas |
| Número plantas total | 9804 |
| Proyectado pergamino | 30 qq |
| Catimores | 8824 |
| Catuai | 980 |
| Certificación | FT-O-RA-SPP-CP |

Tabla 63: *Datos de materia prima A5*

| Concepto | Descripción |
|--------------------------|--------------------------|
| Nombre del Socio | Ramírez Aguilar Lindaura |
| Distrito | La Coipa |
| Caserío | Machetillo |
| Provincia | San Ignacio |
| Área total del productor | 5 hectáreas |
| Número plantas total | 13891 |
| Proyectado pergamino | 100 qq |
| Caturra | 2084 |
| Catimores | 8334 |
| Typica | 1389 |
| Pache | 2084 |
| Certificación | FT-O-SPP |