

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



**ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ  
VERDE Y PERGAMINO (*Coffea arabica*) EN DIFERENTES  
EMPAQUES MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS**

Presentado por:

**JULISSA YASMEEN RIVERA BARZOLA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Lima – Perú

2016

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

“ESTIMACIÓN DEL TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ VERDE Y  
PERGAMINO (*Coffea arabica*) EN DIFERENTES EMPAQUES MEDIANTE  
PRUEBAS ACELERADAS”

Presentada por:

**JULISSA YASMEEN RIVERA BARZOLA**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
M. Sc. Walter F. Salas Valerio  
**PRESIDENTE**

.....  
Dr. Milber Ureña Peralta  
**MIEMBRO**

.....  
M. Sc. Eduardo Morales Soriano  
**MIEMBRO**

.....  
Dr. Américo Guevara Pérez  
**ASESOR**

.....  
Dr. Alberto Julca Otiniano  
**CO-ASESOR**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por su bendición y fuerza para cumplir mis objetivos.*

*A mis abuelos **Narcisa Ibarra y Paulino Barzola; Micaela León y Grimaldo Rivera** por el gran ejemplo de paciencia, disciplina, carácter y trabajo duro reflejado en este trabajo.*

*A mis padres **Elsa Barzola Ibarra y Jhonny Rivera León** por amarme y educarme siendo mi fortaleza, inspiración y motivación.*

*A mi hermana **Susan** la compañera de mi vida, por su apoyo y aliento.*

*A mi hermano **Johnny** quien es la inspiración para mi superación.*

*A toda **mi familia**, gracias por la confianza.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Fondo de Investigación Y Desarrollo Para La Competitividad –FIDECOM y el Fondo para la Innovación, Ciencia Y Tecnología –FINCYT, por su apoyo en la elaboración de la siguiente investigación.

A Central De Organizaciones Productoras De Café Y Cacao del Perú, por su apoyo en la elaboración de la siguiente investigación.

A mis patrocinadores, Dr. Americo Guevara y Dr. Alberto Julca por su asesoramiento.

A los miembros del jurado Walter F. Salas, Eduardo Morales y Milber Ureña por su tiempo, recomendaciones y apoyo.

Al Gerente General de la Central Café&Cacao el Ing. Geni Funjes, por su colaboración con la investigación.

Al Jefe del proyecto al Ing. Juan Carlos Dávila Romero por su colaboración en la investigación.

A los responsables y técnicos de los laboratorios de microbiología, fisicoquímica y tecnología de la facultad de Industrias Alimentarias, y los laboratorios de catación de la empresa Café y Cacao.

A Melissa Kina, por su gran amistad y apoyo en este proyecto.

A todas aquellas personas que, de una u otra manera, han hecho posible la realización del presente trabajo de investigación.

# ÍNDICE GENERAL

## RESUMEN

### I. INTRODUCCIÓN

### II. REVISIÓN DE LITERATURA ..... 1

#### 2.1 CAFÉ ..... 1

##### 2.1.1 ORIGEN..... 1

##### 2.1.2 DEFINICIONES ..... 1

##### 2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL FRUTO DEL CAFÉ..... 2

##### 2.1.4 BENEFICIO DE CAFÉ ..... 4

##### 2.1.5 ESPECIES DEL CAFÉ..... 12

##### 2.1.6 CAFÉ PERGAMINO..... 13

##### 2.1.7 CAFÉ VERDE ..... 14

##### 2.1.8 CAFÉ TOSTADO ..... 23

#### 2.2 PRODUCCIÓN..... 32

#### 2.3 EXPORTACIÓN DE CAFÉ..... 33

#### 2.4 VIDA ÚTIL..... 33

##### 2.4.1 DEFINICIÓN ..... 33

##### 2.4.2 PERIODICIDAD DE ANÁLISIS ..... 36

#### 2.5 PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ÚTIL..... 36

##### 2.5.1 LA TEMPERATURA EN LA VELOCIDAD DE DETERIORO ..... 38

##### 2.5.2 FACTORES DE CALIDAD ..... 40

#### 2.6 ENVASES..... 40

##### 2.6.1 DEFINICIÓN ..... 40

##### 2.6.2 REQUERIMIENTOS Y FUNCIONES DEL ENVASE..... 46

#### 2.7 ALMACENAMIENTO..... 47

##### 2.7.1 EL AIRE..... 48

2.7.2 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO .....	48
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>50</b>
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....	50
3.2 MATERIA PRIMA .....	50
3.3 MATERIALES .....	50
3.3.1 EQUIPOS.....	50
3.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO .....	51
3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	52
3.4.1 ANÁLISIS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL CAFÉ VERDE .....	52
3.4.2 ANÁLISIS FÍSICOS DE LOS EMPAQUES .....	52
3.4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL .....	53
3.4.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL CAFÉ VERDE Y EL CAFÉ PERGAMINO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL .....	53
3.3.5 ANÁLISIS SENSORIAL PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL .....	54
3.5 METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN .....	54
3.5.1 FACTOR DE CALIDAD COLOR .....	58
3.5.2 FACTOR DE CALIDAD ACIDEZ .....	59
3.5.3 FACTOR DE CALIDAD EVALUACIÓN SENSORIAL (CATA) .....	60
3.5.4 FACTOR DE CALIDAD HUMEDAD .....	60
3.5.5 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CALIDAD LIMITANTE.....	61
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	62
3.6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	62
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>63</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAFÉ VERDE.....	63
4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES .....	65
4.3 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS .....	66
4.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL .....	68

4.4.1 PERGAMINO .....	72
4.4.2 VERDE .....	89
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>107</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>109</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Requisitos generales del café pergamino.....	14
Cuadro 2: Composición del café verde.....	15
Cuadro 3: Requisitos microbiológicos para frutos secos y semillas.....	20
Cuadro 4: Clasificación del café verde.....	22
Cuadro 5: Esquema de las principales reacciones químicas en la tostación de los granos de café y los compuestos formados.....	23
Cuadro 6: Clasificación café tostado por el puntaje de calidad.....	30
Cuadro 7: Principales departamentos productores de café y sus rendimientos durante el 2013 .....	32
Cuadro 8: Cantidades exportadas de café durante el 2014 .....	33
Cuadro 9: Variables en la vida útil de los alimentos deshidratados y café tostado.	36
Cuadro 10: Temperaturas recomendadas para estudios de vida en anaquel con pruebas aceleradas. ....	38
Cuadro 11: Requisitos de los sacos de yute para café tipo exportación .....	41
Cuadro 12: Especificaciones del empaque Superbolsa <sup>TM</sup> .....	43
Cuadro 13: Evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales mediante pruebas aceleradas. ....	55
Cuadro 14: Esquema del diseño experimental.....	57
Cuadro 15: Análisis realizados al café verde 100g de producto en base húmeda ...	63
Cuadro 16: Capacidad Antioxidante de diferentes cafés en el Perú .....	64
Cuadro 17: Evaluaciones realizadas a los envases .....	65
Cuadro 18: Resultados de ensayos microbiológicos para el café pergamino.....	66
Cuadro 19: Resultados de ensayos microbiológicos para el café verde. ....	67
Cuadro 20: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	74
Cuadro 21: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en yute. ....	74
Cuadro 22: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café pergamino envasado en yute. ....	76



Cuadro 23: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40°, 50°, y 60° C obtenidas para el factor cata del café pergamino envasado en yute .....	78
Cuadro 24: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en yute.....	79
Cuadro 25: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en superbolsa más yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C. ....	81
Cuadro 26: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40° C, 50° C, y 60° C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en superbolsa más yute.....	81
Cuadro 27: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40°, 50°, y 60° C obtenidas para el factor acidez del café pergamino envasado en superbolsa más yute.....	82
Cuadro 28: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40°, 50°, y 60° C obtenidas para el factor catación del café pergamino envasado en superbolsa más yute.....	83
Cuadro 29: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en superbolsa más yute. ....	84
Cuadro 30: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en trilaminado a 40 °C, 50 °C y 60 °C. ....	86
Cuadro 31: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en trilaminado.....	86
Cuadro 32: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40° C, 50° C, y 60° C obtenidas para el factor de acidez del café pergamino envasado en trilaminado .....	87
Cuadro 33: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café pergamino envasado en trilaminado. ....	88
Cuadro 34: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en trilaminado. ....	89
Cuadro 35: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C.....	91

Cuadro 36: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en yute. ....	91
Cuadro 37: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60° C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en yute. ....	92
Cuadro 38: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café pergamino envasado en trilaminado .....	93
Cuadro 39: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en yute.....	94
Cuadro 40: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en superbolsa más yutea 40 °C, 50 °C y 60 °C. ....	96
Cuadro 41: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en superbolsa más yute.....	96
Cuadro 42: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en superbolsa más yute.....	97
Cuadro 43: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café verde envasado en superbolsa más yute. ....	98
Cuadro 44: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en superbolsa más yute. ....	99
Cuadro 45: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en trilaminado a 40 °C, 50 °C y 60 °C .....	101
Cuadro 46: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en trilaminado.....	101
Cuadro 47: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en trilaminado.....	102

Cuadro 48: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café verde envasado en trilaminado .....	103
Cuadro 49: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en trilaminado. ....	104
Cuadro 50: Tiempos de vida útil en meses para el café verde y el café pergamino en los tres diferentes empaques y diferentes factores de calidad. ....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Maduración del fruto de café .....	3
Figura 2: Composición del fruto de café .....	4
Figura 3: Beneficio en seco del cafeto.....	5
Figura 4: Flujo de operaciones del beneficio vía húmeda hasta la obtención de café tostado.....	7
Figura 5: Composición química de granos de café verde y tostado de variedades Arábica.....	24
Figura 6: Número de compuestos volátiles de los granos de café verde y tostado..	25
Figura 7: Empaque Grain Pro Inc .....	42
Figura 8: Diagrama del material de la Superbolsa™ .....	42
Figura 9: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute. ....	72
Figura 10: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute....	73
Figura 11: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute.....	73
Figura 12: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino empacado en yute.....	75
Figura 13: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en yute. ....	76
Figura 14: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en yute.....	78
Figura 15: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute. ....	79
Figura 16: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute .....	80
Figura 17: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute .....	80
Figura 18: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino envasado en superbolsa más yute. ....	82

Figura 19: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en superbolsa más yute. ....	82
Figura 20: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en superbolsa más yute. ....	83
Figura 21: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en trilaminado. ....	84
Figura 22: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en trilaminado. ....	85
Figura 23: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado trilaminado. ....	85
Figura 24: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino envasado en trilaminado. ....	87
Figura 25: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en trilaminado. ....	87
Figura 26: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en trilaminado. ....	88
Figura 27: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute. ....	89
Figura 28: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute. ....	90
Figura 29: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute. ....	90
Figura 30: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café verde envasado en yute. ....	92
Figura 31: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado en yute. ....	92
Figura 32: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en yute. ....	93
Figura 33: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado superbolsa más yute. ....	94
Figura 34: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en superbolsa más yute. ....	95

Figura 35: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en superbolsa más yute. ....	95
Figura 36: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café verde envasado en superbolsa más yute.....	97
Figura 37: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado en superbolsa más yute.....	97
Figura 38: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en superbolsa más yute. ....	98
Figura 39: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado. ....	99
Figura 40: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado. ....	100
Figura 41: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado. ....	100
Figura 42: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad color del café verde envasado trilaminado.....	102
Figura 43: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado trilaminado. ....	102
Figura 44: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en trilaminado. ....	103

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: Evaluación estadística del factor de calidad color .....	117
ANEXO 2: Evaluación estadística del factor de calidad acidez .....	135
ANEXO 3: Evaluación estadística del factor de calidad evaluación sensorial o cata .....	153
ANEXO 4: Evaluación estadística del factor de calidad humedad .....	172

## RESUMEN

En la presente investigación se estimó el tiempo de vida útil del café verde y el café pergamino en los siguientes envases: yute, superbolsa (polietileno) más yute y trilaminado (PET, aluminio y PEBD), mediante pruebas aceleradas tomando como factores de calidad: el vector color, la acidez expresada en ácido clorogénico, el porcentaje de humedad en función al deterioro del grano de café así como la evaluación sensorial que se realizó en el café verde y café pergamino tostado con cuatro catadores especializados denominados catadores Q, en función a la calidad Premium de café tostado. El estudio se realizó en el café *Arábica* variedad *typica* obteniéndose el café verde del pilado y pulido del café pergamino. El tiempo de vida útil se determinó mediante pruebas aceleradas; donde se almacenó el café verde y café pergamino en los empaques de yute, superbolsa más yute y trilaminado en cámaras con diferentes temperaturas y tiempos: a 40 °C durante 81 días; 50 °C durante 48 días y a 60 °C durante 25 días. Se realizaron pruebas microbiológicas durante el periodo de 12 meses en las diferentes presentaciones del café almacenados a temperatura ambiente, con una humedad relativa de 60-65 por ciento en el empaque de yute. Los resultados en los diferentes factores de calidad evaluados, señalan que no existen diferencias estadísticamente significativas cuando se almacena el café en grano verde o con el pergamino. El factor que delimita el tiempo de la vida útil del café verde o pergamino es la evaluación sensorial donde se obtuvo para el café verde o pergamino almacenado en yute el tiempo de dos meses, almacenado superbolsa más yute en cinco meses y en el empaque trilaminado, 10 meses. El mejor empaque para almacenar café verde o pergamino a un nivel de significancia del 0,05 es el trilaminado.

**Palabras claves:** café verde, café pergamino, vida útil, empaque, pruebas aceleradas.



## SUMMARY

In this research estimated the useful life of green coffee and parchment coffee in these followings packaging: jute, superbolsa (polyethylene) more jute and trilaminate (PET, aluminum and LDPE), by accelerated tests using as quality factors: the color vector, acidity, expressed as chlorogenic acid, moisture percentage according to the deterioration of the coffee bean and sensory evaluation was performed on green coffee and parchment coffee roasted with four specialized tasters called tasters Q, according to Premium quality roasted coffee. The study was conducted in the typica Arabica variety obtaining green coffee and polished parchment coffee. The lifetime was determined by accelerated tests; where green coffee and parchment coffee stored in packaging jute, jute and trilaminated superbolsa more cameras with different temperatures and times: at 40° C for 81 days; 50° C for 48 days and at 60° C for 25 days. Microbiological tests were conducted during the period of 12 months in the different presentations of coffee stored at room temperature with a relative humidity of 60-65 percent in the jute packaging. The results in different quality factors assessed, indicate that there are no statistically significant differences when coffee is stored in green beans or parchment. The factor that limits the time of the life of green coffee or parchment is the sensory evaluation which was obtained for green coffee or parchment stored in jute time of two months, stored superbolsa more jute in five months and the trilaminated packaging, 10 months. The best packaging for storing green coffee or parchment to a significance level of 0,05 is the trilaminated.

**Keywords:** green coffee, parchment coffee, life, packaging, accelerated testing.

## I. INTRODUCCIÓN

El café es un cultivo de trascendencia no sólo desde el punto de vista económico y social, sino también en la perspectiva de la cultura y ecología. Es, entonces, necesario determinar la importancia de todos los eslabones de cultivo y de su industrialización hasta llegar al consumidor final. Serracín (2013) menciona que este proceso de transformación y agregación de valor que ocurre al producto antes de llegarnos en su forma final, como una taza de café, lo denominamos cadena de valor del café.

Si bien el café en general es un *commodity*, en los últimos años se ha identificado un nicho de mercado rentable en el café de especialidad. Para acceder a este mercado, el café debe ser de la más alta calidad, ser producido en microclimas geográficos específicos, y ser extraído siguiendo estándares rigurosamente establecidos (Castro *et al.* 2004).

El control de calidad de café se logra de la siguiente manera: primero mejorar la calidad en la pre cosecha a través de las condiciones climáticas favorables, adecuado manejo agronómico, instalación de plántones, conservación de suelos, abonamiento, fertilización, control de plagas y enfermedades, después, definir la calidad con la cosecha selectiva: granos maduros y por último conservar la calidad en la post cosecha con calibración y mantenimiento de despulpadoras, secado y almacenamiento (Marín 2013).

Este estudio se centra en la conservación de la calidad en la post cosecha exclusivamente en el almacenamiento porque el mejoramiento de los requisitos de calidad del café en esta etapa, no sólo afecta a los caficultores en términos de ingresos, sino que paralelamente, mejorará los diferentes eslabones de la cadena productiva de este cultivo y es importante señalar que el cultivo de café es un gran generador de empleo, ya que su producción directa genera alrededor de 43 millones de jornales al año (Vergara 2012).

Dentro de la cadena de valor del café encontramos al almacenamiento como parte de la post cosecha, que es un punto muy importante en la calidad final. En el siguiente trabajo de investigación se evalúa diferentes empaques usados en el almacenamiento como: el empaque convencional “el yute”; el empaque superbolsa (polietileno) de la empresa GrainPro, Inc. más yute y el empaque trilaminado de PET, aluminio y PEBD. Estos empaques se usan para determinar el tiempo de vida útil durante el almacenamiento mediante pruebas aceleradas tanto para el café verde y el café pergamino con el objetivo de estudiar su influencia en la calidad del café de acuerdo a evaluaciones fisicoquímicas, microbiológicas y organolépticas.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 CAFÉ**

#### **2.1.1 ORIGEN**

La planta del café es originaria del Lejano Oriente, Etiopía y Sudán, lugares donde todavía se encuentra áreas que muestran el estado semi-silvestre de esta planta, bajo sombra de vegetación arbórea, en tierras situadas por encima de los 1000 m de altitud (Figuroa 1983).

El uso del cafeto, data del Siglo VI, donde originalmente fue similar al té, en infusión de hojas. El tostado y molido de los granos de café parece iniciarse en Arabia en el siglo XII (Figuroa 1983).

Al Perú se introdujo en 1838, resultando en el primer centro de producción de café a escala comercial en el valle de Chanchamayo, en la Región de la Selva Central por el año 1876. Poco tiempo después se establecieron otros centros de producción cafetalera de menor extensión en los Valles de la Convención en Cusco y Chinchao en Huánuco (Figuroa 1983).

#### **2.1.2 DEFINICIONES**

Según la Norma Técnica Peruana ISO 3509 (1998) y la NTP 209.027 (2007), se tienen:

**a. Cosecha nueva**

Es todo el café que tenga como máximo de tiempo dos meses después de la cosecha y su beneficio.

**b. Cosecha actual**

Es todo café que tenga como máximo de tiempo cuatro meses después de la cosecha y su beneficio.

**c. Café**

Termino genérico que designa a los frutos y semillas de las plantas del género *Coffea*, generalmente de las especies cultivadas, así como de los productos derivados de sus frutos y semillas en diferentes etapas de procesamiento y utilización, destinados para el consumo.

**d. Café pergamino**

Café en pergamino (*parchmentcoffe, coffe in parchment*), granos de café envueltos en el endocarpio (pergamino).

**e. Café verde**

Café crudo (*greencoffe, rawcoffe*), granos de café.

Nota: el café verde no es necesariamente de color verde. La definición de café verde usado en el siguiente trabajo de investigación es del triado y pulido del café pergamino obtenido por vía húmeda.

**f. Café pulido** (*polished coffee*)

Café verde procesado por vía húmeda cuya cutícula plateada se ha separado a través de una operación mecánica a fin de darle brillo y mejor apariencia.

**g. Café tostado** (*roadcoffee*)

Café que se obtiene del tostado del café verde.

**h. Café molido** (*ground coffee*)

Producto que se obtiene de la molienda del café tostado.

**i. Extracto de café:** (*coffee extract*)

Producto que se obtiene exclusivamente del café tostado a través de métodos físicos usando agua como único transporte que no proviene del café predominante.

**j. Pergamino:** (*parchment*)

Endocarpio del fruto del café.

### 2.1.3 DESCRIPCIÓN DEL FRUTO DEL CAFÉ

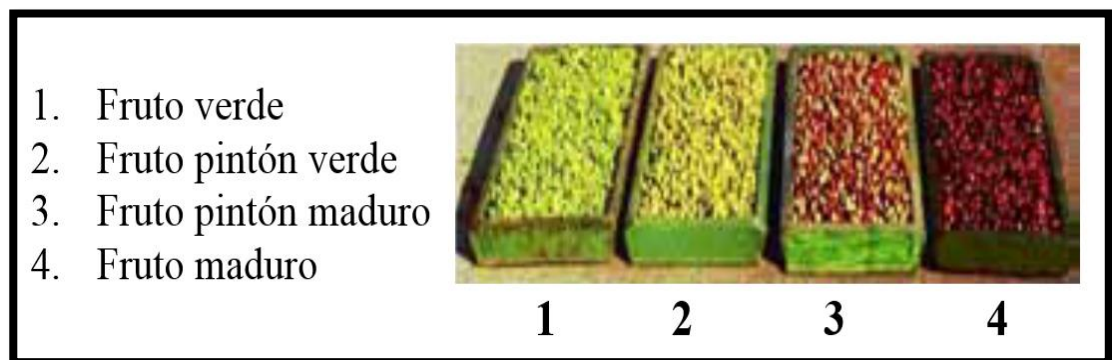
El fruto crece hasta alcanzar su madurez fisiológica, que es la condición en la que éste llega a su máximo contenido de materia seca. La maduración organoléptica es la etapa en la cual muchos productos hortofrutícolas alcanzan las características de color, textura, aroma y sabor que esperan los consumidores. Este proceso inicia generalmente al final de la maduración fisiológica del fruto, antes de la senescencia, dando lugar a diferentes transformaciones físicas, bioquímicas y fisiológicas que determinan su calidad y vida útil.

Una de las alteraciones que presentan la mayoría de los frutos es el cambio del color, de forma y de algunas propiedades físicas y mecánicas (Marín *et al.* 2003).

Soto (2010) menciona que durante la fase final de la maduración ocurren transformaciones en el interior de los granos, tales como:

- Degradación de la clorofila.
- Síntesis de pigmentos, carotenoides, antocianinas, etc.
- Reducción de compuestos fenólicos y consecuente disminución de la astringencia.
- Aumento de los compuestos volátiles, tales como ésteres, aldehídos, cetonas, alcoholes, etc., responsable del aroma característico de los frutos maduros.

En la Figura 1 observamos el cambio de color en el proceso de madurez del fruto de café.



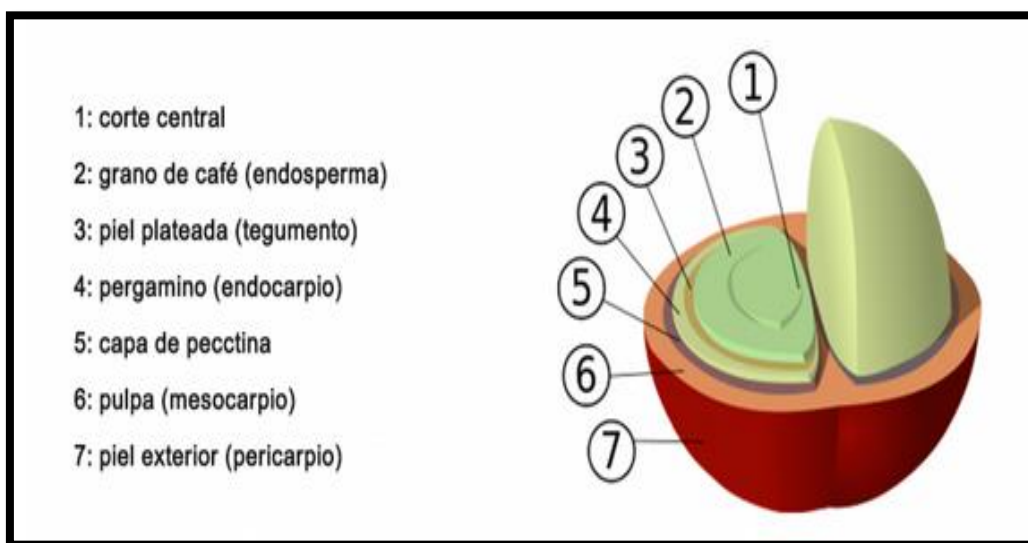
**Figura 1: Maduración del fruto de café**

**FUENTE:** Soto 2010

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 (Figueroa 1983).

En el fruto se distingue el epicarpio constituido por una sola capa de células de paredes finas. El mesocarpio, que es una sección parenquimatosa rica en azúcares, taninos y sustancias colorantes. El endocarpio o pergamino que es una cubierta de consistencia coriácea. La semilla está cubierta por una película plateada o espermoderma, formada de varias capas de células fibrosas, traslúcidas y de paredes finas (Figueroa 1983).

En la Figura 2 se observa la composición del fruto del café.



**Figura 2: Composición del fruto de café**

**FUENTE:** Traba 2013

#### **2.1.4 BENEFICIO DE CAFÉ**

La transformación de café cereza en café pergamino se denomina beneficio del café. Existen principalmente dos métodos: beneficio vía húmeda y vía seca (Quintero 1999).

##### **a. BENEFICIO VÍA SECA**

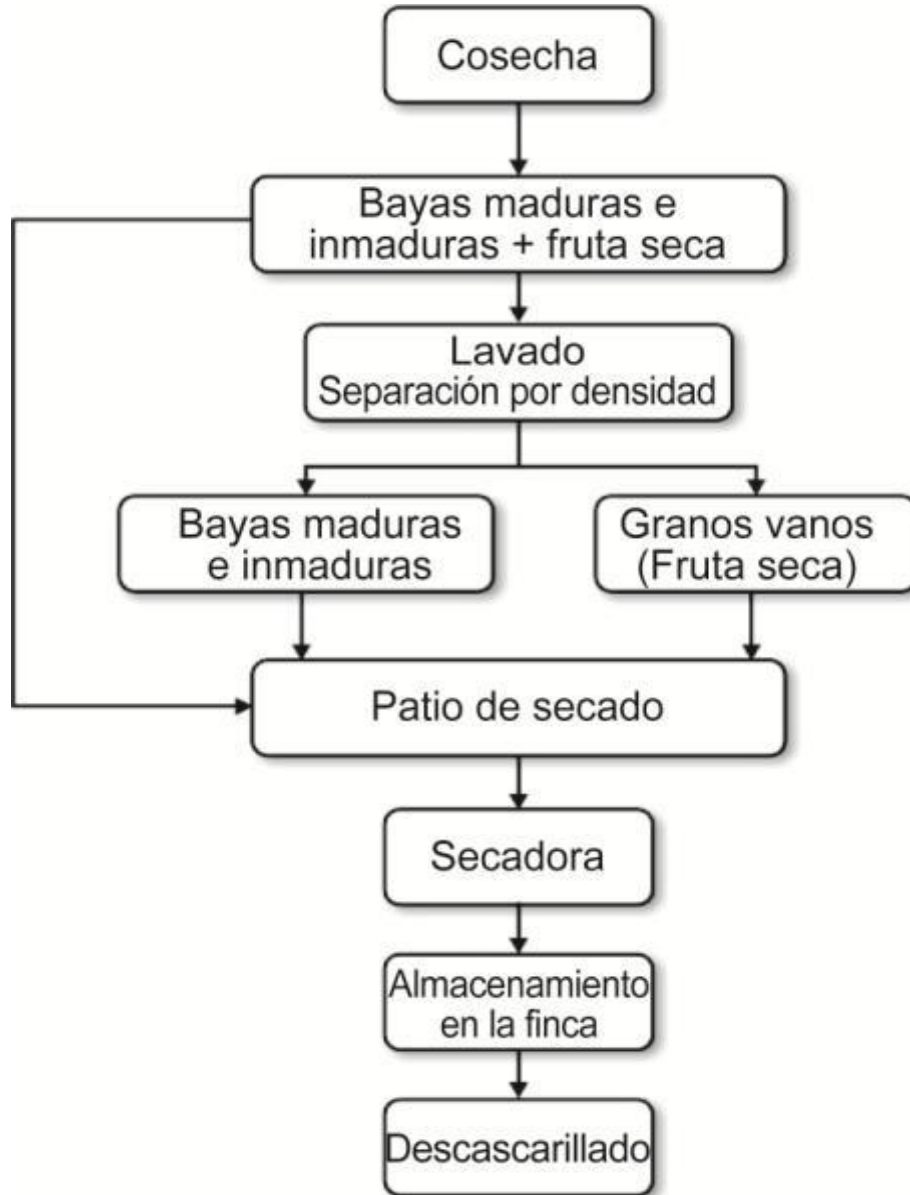
Tratamiento de las bayas de café que consiste en secarlas, ya sea al sol o en secadoras, para obtener café con cáscara. Por lo general después se elimina el pericarpio (cáscara) seco por medios mecánicos para producir café verde “natural” (NTP-ISO 3509 1998).

Una opción utilizada en regiones donde la cosecha normalmente se realiza en condiciones de clima seco es permitir que la fruta se seque en el cafeto. Con este método se recoge menos fruta inmadura, la que se obtiene es inocua y de buena calidad, y es más económico que la cosecha tradicional ya que permite recoger en una pasada (CODEX 2009).

En el sistema de beneficiado en seco, se seca toda la fruta cosechada. Si bien este procedimiento es más sencillo que el beneficiado en húmedo, sólo se puede obtener un

producto terminado de buena calidad con la aplicación de buenas prácticas y una gestión correcta (CODEX 2009).

En la Figura 3 se observa el proceso del beneficio vía seca.



**Figura 3: Beneficio en seco del cafeto**

**FUENTE:** CODEX 2009

El proceso por vía seca consiste en el secado del grano de café cereza. La cáscara compuesta por la pulpa, el mucílago y el pergamino se retira por medio de una máquina. Para secar el café en cereza se requiere más tiempo, si se compara con el proceso de secado del café por vía húmeda. El color del café almendra beneficiado por vía seca es amarillo o café, en comparación con el grano de café procesado vía húmeda que es verde (Quintero 1999).



En el tratamiento por vía seca, los frutos inician su secado inmediatamente después de su recolección, también a un rango de 11-12 por ciento. Al término del secado, la pulpa, el mucílago y el pergamino constituyen una especie de cáscara que recubre los granos. La operación de descascarado deja al grano apenas cubierto por la película plateada (Figuroa 1983).

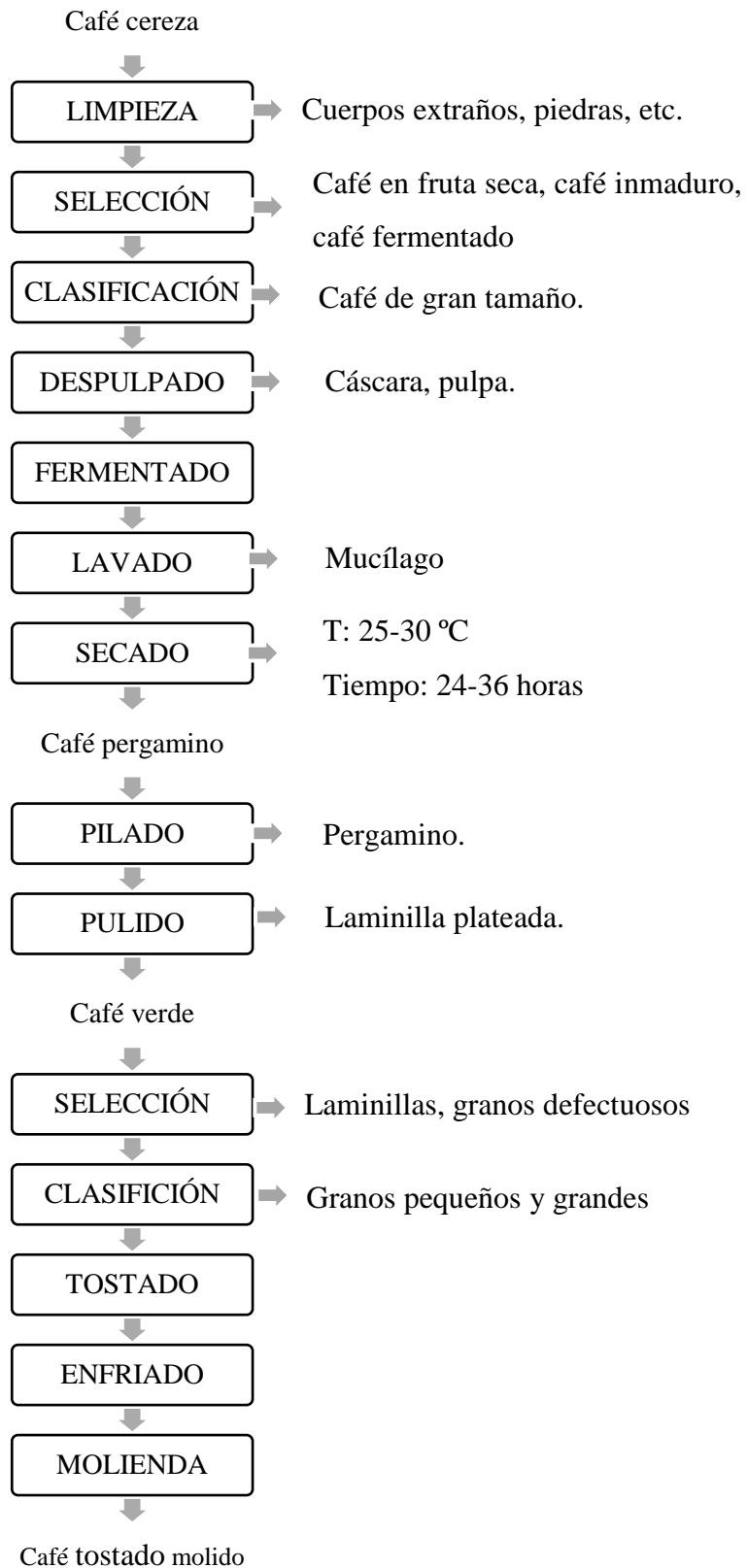
#### **b. BENEFICIO VÍA HÚMEDA**

Tratamiento que consiste en la eliminación mecánica, en presencia de agua, del exocarpio de los cerezos de café, la eliminación de todo el mesocarpio por fermentación u otros métodos, y el lavado seguido de un secado para obtener un café el cual es subsecuentemente despojado de su pergamino para producir el café verde (NTP-ISO 3509 1998).

El beneficiado en húmedo, o lavado; requiere una materia prima compuesta exclusivamente de bayas maduras, recogidas selectivamente o separadas por medios mecánicos durante el mismo beneficiado. Las bayas verdes inmaduras y los frutos secos se eliminan en un separador de agua. El mucílago se elimina por fermentación, con medios mecánicos o sustancias químicas (CODEX 2009).

El proceso por vía húmeda comprende las siguientes etapas: recolección del café en cereza, despulpado, remoción del mucílago, lavado y secado hasta obtener café pergamino seco, que luego se trilla para producir café almendra (*green coffee*) para exportación. El proceso vía húmeda de café maduro sano y el control de las condiciones y equipos en cada etapa del beneficio permite obtener la mejor calidad de café (Quintero 1999).

A continuación, en la Figura 4 se presenta el flujo de operaciones para el beneficio vía húmeda hasta la obtención del café tostado:



**Figura 4: Flujo de operaciones del beneficio vía húmeda hasta la obtención de café tostado**

Descripción del flujo de operaciones del proceso de beneficio por vía húmeda:

**a. Limpieza**

Al recibir los frutos cosechados es necesario realizar una limpieza, ya que durante la cosecha y el transporte del fruto se introducen cuerpos extraños en la masa de café, los que pueden ocasionar daños a las máquinas pulpeadoras. Los frutos son transportados por una corriente de agua a través de una canaleta. La corriente de agua arrastra los frutos, pero las piedras y otros objetos más pesados se hunden en compartimientos inferiores (Sivetz y Foote 1963).

**b. Selección**

Al recibir los frutos cosechados es necesario realizar una selección. Soto (2010) señala que beneficiar “café mezclado” trae como consecuencia una calidad de bebida deficiente. Se realiza la mala práctica de beneficiar “café mezclado”, esto es, café maduro revuelto con café en fruta seca, café inmaduro, café fermentado por retraso al proceso, etc. Los frutos defectuosos carecen de mucílago (o lo tienen en poca cantidad y de mala calidad). Esto ocasiona daño mecánico al grano de café en el despulpado, ya que el mucílago actúa como lubricante.

La técnica tradicional para clasificación es la inmersión de la masa de café fruta en agua para promover la flotación de una parte del café la cual es separada del resto. La inmersión se efectúa en un tanque lleno de agua. La mayor parte del café, los frutos frescos, se sumerge y es succionado para conducirse por una tubería con descarga separada. Los frutos flotantes, frutos secos y defectuosos, son separados y eliminados (Soto 2010).

El beneficiado en húmedo, o lavado, requiere una materia prima compuesta exclusivamente de bayas maduras, recogidas selectivamente o separadas por medios mecánicos durante el mismo beneficiado. Las bayas verdes inmaduras y los frutos secos se eliminan en un separador de agua (CODEX 2009).

**c. Clasificación**

Se clasifica el café cerezo con la finalidad de tener homogeneidad al momento del despulpado.

La mayor dificultad en el despulpado radica en la poca uniformidad del tamaño de los frutos, y de su grado de maduración. Esta condición de heterogeneidad en el tamaño de las frutas, obliga a realizar un ajuste intermedio, de manera que la mayor cantidad de drupas de diámetro promedio sean bien despulpadas, evitando dañar o picar las grandes. La clasificación reduce, pero no elimina este hecho (Cleves 1995).

#### **d. Despulpado**

Consiste en la remoción de la pulpa y cáscara del fruto de café. Las despulpadoras de cilindro son los equipos usuales para este método.

Las despulpadoras de cilindro están constituidas básicamente de un tambor metálico, rotatorio revestido por una delgada camiseta de cobre perforada en relieve (“puntas”) y una placa cóncava de metal denominada “pechero”, la misma que se mantiene regulada a una distancia graduable sobre un lado de este tambor. Cuando el cilindro gira, aprisiona y aplasta los frutos. El pechero tiene canales cuya sección va disminuyendo, a través de los cuales se desplazan los granos ya desprendidos hacia las ventanillas de salida (Soto 2010).

#### **e. Fermentación**

Una vez retirada la pulpa de la fruta, queda expuesta la capa mucilaginosa que recubre los granos.

El mucílago se elimina por fermentación, con medios mecánicos o sustancias químicas. En el procedimiento de fermentación se rompe el mucílago fermentando los granos en agua a temperatura ambiente (con uso de microorganismos) de 12 a 36 horas. El proceso de fermentación se debe supervisar atentamente para asegurar que el café no adquiera sabores indeseables (amargos) (CODEX 2009).

Figuroa (1983) señala para facilitar la remoción del mucílago se puede agregar levaduras o preparados enzimáticos comerciales.

#### **f. Lavado**

Cuando la capa mucilaginosa se ha degradado lo suficiente para que sus restos se desprendan fácilmente, se procede a un lavado con agua de los granos. El mucílago fluidificado es retirado del café por lavado, ya sea en el tanque (en el caso de

pequeños productores), o utilizando dispositivos que operan por “batches”, siendo removido manual o mecánicamente (Soto 2010).

Una vez terminada la fermentación, los granos de café se lavan en tanques de agua limpia o en lavadoras especiales (CODEX 2009).

Figuroa (1983) señala que es imprescindible la remoción de la capa mucilaginosa ya que:

- Dificulta la evaporación del agua durante el secado
- Retiene polvo y microorganismos
- Constituye medio de cultivo para bacterias, levaduras y hongos, que deterioran el grano durante el almacenamiento.

#### **g. Secado**

Al concluir el lavado de los granos, se procede a un escurrido y posteriormente un secado. El café pergamino debe tener el contenido de humedad de 10-12%, ya que a un contenido de humedad mayor se constituye en un medio ideal para el desarrollo de hongos y mohos (Puerta 2003).

El principal objetivo de la operación de secado es disminuir eficazmente el contenido de agua de las bayas cosechadas hasta un nivel de inocuidad, a fin de obtener un producto estable, inocuo y de buena calidad (CODEX 2009).

Las modalidades de secado que se han vuelto tradicionales son, el secado solar y el artificial:

- Secado solar:

Soto (2010) señala que el secado solar es realizado en patios, donde el café se extiende sobre una superficie construida en mampostería. El café pergamino se coloca formando una capa de poco espesor. La masa de grano es removida y volteada frecuentemente para uniformar la humedad y la temperatura de los granos. La duración del secado al sol está supedita al clima.

En el procedimiento de secado al sol, el producto se extiende sobre una superficie, como una terraza de ladrillo, una lona, mantas de plástico, esterillas de bambú o de henequén, mesas cubiertas con una malla de alambre o en redes de piscicultura (CODEX 2009).

- El secado artificial:

Presenta las ventajas de reducción de mano de obra, reducción de tiempo, un espacio de trabajo menos extenso, y no está sujeto a variaciones climáticas, pero requiere de una inversión inicial.

Figueroa (1983) señala que debe evitarse que los granos se impregnen de productos de combustión de los materiales que puedan usarse para generar calor, ya que pueden afectar el olor y sabor del café.

Por lo general se usan secadoras mecánicas como complemento después del secado al sol, pero en algunas regiones son muy importantes en el procedimiento de secado. Comúnmente es necesario controlar dos aspectos de las secadoras mecánicas: la temperatura de entrada y la duración del tiempo de secado. El problema más común del secado mecánico es el exceso de secado que causa pérdida de peso y, en consecuencia, pérdida de ingresos. El otro problema es que los granos inmaduros sometidos a una temperatura excesiva de entrada se convierten en granos negros, lo que disminuye la calidad del producto (CODEX 2009).

#### **h. Pilado**

En esta operación se desprende al grano de su pergamino y su capa plateada, con el uso de una triadora. Bajo las acciones combinadas de presión y fricción, las envolturas del grano se rompen y son expulsadas (Figueroa 1983).

Se efectúa en la triadora mecánica, bajo las acciones combinadas de presión y fricción, las envolturas del grano se rompen y son expulsadas. Con esta operación el grano de café se desprende de su pergamino y es despojado en parte de su película plateada.

Esfuerzo de fricción para remoción del pergamino donde la triadora remueve el pergamino sometiendo el grano a fuerzas de fricción, empujándolo por un eje estriado confinado en una carcasa cilíndrica. En estas máquinas la regulación de la presión aplicada al grano se efectúa por un mecanismo añadido a la compuerta de la boca de salida. Mediante una manija se libera el elemento cilíndrico o “pesa”, la cual se desplaza sobre la varilla. Dependiendo de su posición así será el “momento de torsión” aplicado sobre la base de la varilla y por tanto la fuerza que se aplique para mantener cerrada la compuerta de descarga del café oro recién trillado (Soto 2010).

### **i. Pulido**

En este trabajo se retira completamente la laminilla plateada del café verde. El trabajo puede complementarse con el uso de una pulidora, para eliminar los restos de la película.

## **2.1.5 ESPECIES DEL CAFÉ**

De las casi 70 especies existentes de *Coffea* sólo dos tienen una gran importancia económica: *Coffea arabica* aporta casi el 75 por ciento de la cosecha mundial y *Coffea canephora* un 25 por ciento. *Coffea liberica* y otras especies suponen menos del 1 por ciento (Dieter y Grosch 1992).

### **c. ARÁBICA**

Es la especie de café más apreciada, crece en alturas entre 900 y 2 000 msnm. Su contenido en cafeína es relativamente bajo (entre un 0,9 por ciento y un 1,5 por ciento). Su cultivo es más delicado y requiere mayores cuidados. Sus frutos son redondos, suaves, levemente agrios, color achocolatado, de corteza lisa, e intenso perfume (González 2008).

Las variedades más importantes de la especie *Coffea arabica* son las *typica*, *bourbon*, *maragogpis* y *mocca* (Dieter y Grosch 1992).

### **d. ROBUSTA O CANEPHORA**

Más precoz, más resistente y más productiva que la anterior. Se cultiva en terrenos bajos, con plantas de mayor envergadura, costes más bajos y precios, por tanto, más accesibles. Sus granos son menos perfumados, picantes y astringentes, y su contenido en cafeína muy superior (entre un 2 por ciento y un 4.5 por ciento), se empezó a cultivar a principios del presente siglo (González 2008).

Las variedades más importantes de la especie *Coffea canephora* son las *robusta*, *typica*, *uganda* y *quillon*. Todas las variedades de *Coffea canephora* se presentan como la variedad *robusta* en el mercado (Dieter y Grosch, 1992).

## e. LIBÉRICA

Granos voluminosos y planta talluda y alta. Los ciclos de floración/maduración no son en las zonas tropicales, sucesivas como ocurre en los templados. No es sorprendente, por ello, ver coexistir en los cafetos flores y bayas. La recogida se lleva a cabo tan pronto como termina la estación de las lluvias (González 2008).

La especie de café que se empleó en la presente investigación es arábica. Su clasificación sistemática según Guerrero *et al.* (2008), citado por Echevarría (2012) se presenta a continuación:

- REINO: Planta
- DIVISIÓN: Fanerógama
- CLASE: Angiosperma
- SUB-CLASE: Eucotiledónea
- ORDEN: Rubiales
- FAMILIA: Rubiaceae
- TRIBU: Coffeae
- SUBTRIBU: Coffeinae
- GÉNERO: Coffea
- ESPECIE: *Coffea arabica*

### 2.1.6 CAFÉ PERGAMINO

El café pergamino se obtiene de la planta de cafeto (*Coffea arabica*). El fruto llamado también café cerezo se cosecha alcanzando su nivel de madurez, esto es cuando dicha cereza tenga una coloración roja o amarilla, según sea la variedad. A este café cerezo se le extrae el epicarpio a través del despulpado y el mesocarpio a través del fermentado y el lavado, obteniendo finalmente el café pergamino. Este último se somete a secado hasta alcanzar el 12-13 por ciento de humedad; posteriormente el café pergamino es sometido al pilado para retirarle el pergamino o endocarpio y al pulido para retirarle la lámina plateada o peristema, para así obtener un grano de café verde, el cual es el producto de exportación, que sirve para el tostado (Castañeda 2008, citado por Piquera y Salas 2009).



Piquera y Salas (2009) menciona también que el café pergamino está compuesto por tres elementos que son endocarpio (pergamino), el perisperma (lamina plateada) y el endosperma (semilla o grano de café).

En el Cuadro 1 se presentan los requisitos generales del café pergamino.

**Cuadro 1: Requisitos generales del café pergamino**

<b>Requisitos</b>	<b>Parámetro</b>
Humedad	10-12.5%
Granos defectuosos	Máximo 5.5%
Materia extraña y/o impurezas	Máximo 0.5%
Estado Sanitario	Libre de todo insecto vivo y/o muerto, hongos y contaminantes sensorialmente perceptibles
Color	Debe presentar uniformidad de color característico de un café correctamente beneficiado
Olor	Debe estar libre de olores extraños o de cualquier tipo contaminante. Debe tener olor fresco, característico, por lo tanto, no debe aceptarse el café con olores extraños, tales como: mohoso, terroso, avinagrado, productos derivados del petróleo, etc.
Prueba de taza	Debe tener sabor y aroma característico y estar libre de sabores extraños como: fermento, producto químico moho, guardado.

**FUENTE:** NTP 209.310 2008

### **2.1.7 CAFÉ VERDE**

Es el resultado de someter la cereza de café maduro al beneficio retirando el exocarpio, el mesocarpio y por medio de la trilla el pericarpio, quedando así la almendra únicamente (Prieto 2002).

#### **a. CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS DEL CAFÉ VERDE**

Hanz y Werner (1992) mencionan que la composición del café crudo depende de cuál sea la clase de éste, su origen, obtención e influencias climáticas.

En el Cuadro 2 se evalúa la composición química del café verde.

**Cuadro 2:** Composición del café verde

<b>Componente</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
Humedad (%)	5-12,1	10-11	-
Cenizas (%)	-	4-4,79	-
Proteína (%)	8,7-12.2	13,6-14,83	8,5-12
Carbohidratos (%)	-	49-53,78	-
Grasa (%)	8,3-17	-	15-18
Acidez (%), expresado en ácido clorogénico	4.5-11.1	6,44-6,55	3-5,6
Cafeína (%)	0.9-2.6	1,12-1,22	0,8-1,4

**FUENTE:** <sup>a</sup> Hanz y Werner 1992

<sup>b</sup> García 1989, citado por Chocano y Gutiérrez 2001

<sup>c</sup> Belitz *et al.* 2009.

En las evaluaciones físico-químicas para el café verde encontramos:

#### **a.1 HUMEDAD**

Según García y Rodríguez (2004) la humedad se define como la pérdida de masa de un producto, atribuido a la cantidad total de agua no combinada que contiene, y que se obtiene por diferencia de pesadas convencionales prefijadas.

El contenido de humedad de los alimentos es de gran importancia por varias razones, pero su determinación exacta es muy difícil. El agua se encuentra en los alimentos de tres formas: Como agua de combinación, como agua absorbida y en forma libre, aumentando el volumen. El agua de combinación está unida de alguna forma química como agua de cristalización o como hidratos. El agua absorbida está asociada físicamente como una monocapa sobre la superficie de los constituyentes de los alimentos. El agua libre es aquella que es fundamentalmente un constituyente separado, con facilidad se pierde por evaporación o por secado. Dado que la mayor parte de los alimentos son mezclas heterogéneas de varias sustancias, pueden contener cantidades variables de agua de los tres tipos (García y Rodríguez 2004). En el Cuadro 1 se observa que el rango de humedad para el café pergamino es de 10-12.5 por ciento y en Cuadro 2 se observa valores de diferentes autores sobre este parámetro para el café verde.

## **a.2 COLOR**

El color natural de los alimentos se pierde como consecuencia de varios tipos de reacciones, ya que el color se debe a compuestos solubles en agua o aceite. El color se pierde también por la oxidación directa de carotenoides o co-oxidación de lípidos (García *et al.* 2011).

El color de las semillas tiene una gran importancia comercial, especialmente en los Arábica, y la preparación desempeña un papel muy importante especialmente la fermentación y el método de secado. Este color varía entre el amarillo claro y el verde, con toda una gama de variaciones intermedias: amarillo oscuro, amarillo grisáceo, verde claro, verde azulado, verde bronceado y verde fuerte. Los cafés Arábicas lavados tienen en general un color verde, verde azulado o gris a su lado uniforme. Los de Canephora son de color menos determinado, con tendencia al grisáceo (Coste 1969 citado por Valle *et al.* 1999)

Codina y Rovira (2010) mencionan que el café no llega siempre con la calidad deseada y con esa apariencia tan perfecta que aparece en las láminas de los libros de divulgación. Los defectos del café pueden provenir del grano (causados tanto durante su crecimiento como en el tratamiento y posterior almacenaje).

Uno de los principales defectos es el grano amarillo que es un indicativo de la cosecha vieja; con el tiempo el grano de café verde pierde humedad y frescor y acidez. El grano pierde de su coloración verde azulada y sus cualidades organolépticas. Deben utilizarse cosechas frescas recientes y eliminar el uso de cosechas muy antiguas (Codina y Rovira 2010)

Para Ribeiro *et al.* (2011) el café verde almacenado en óptimas condiciones durante 12 meses mantiene estos valores de color, siendo para L un valor de 30 +/- 10 y para las coordenadas a y b serán 1.2 +/- 0.3 y 12 +/- 2 respectivamente.

## **a.3 ACIDEZ TOTAL**

Es la cantidad de iones hidronio ( $H_3O^+$ ) en la muestra acuosa y se determina como la capacidad cuantitativa de una muestra de agua para reaccionar con una base fuerte hasta un pH de 8,3. En alimentos el grado de acidez indica el contenido de ácidos libres. Se determina mediante una valoración (volumétrica) con un reactivo básico. El resultado se expresa como el porcentaje del ácido predominante en el material (Sandoval 2009).

García (1989) menciona que el ácido clorogénico tiene cualidades antioxidantes, debido a su facilidad de combinarse con el oxígeno reportando que este tarda la rancidez del café durante el almacenaje.

#### **a.4 CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**

Halliwell *et al.* (1995) citado por Curotto (2006) define a los antioxidantes como cualquier sustancia que, está presente en bajas concentraciones en comparación con aquellos sustratos vulnerables a la oxidación. En este sentido, los antioxidantes contribuyen a la protección del cuerpo humano en contra el daño producida por las especies reactivas de oxígeno (ROS), denominadas también radicales libres o moléculas pro-oxidantes.

Algunos constituyentes de café, como la cafeína, los ácidos fenólicos (derivados del ácido clorogénico), los compuestos formados durante la reacción de Maillard (melanoidinas) y ligninas, poseen propiedades antioxidantes (Votavova *et al.* 2009).

Durante el procesamiento del café, el tostado afecta marcadamente su composición, lo que puede reducir la actividad antioxidante, debido a la degradación de ácidos clorogénicos y otros compuestos fenólicos. Sin embargo, se ha encontrado que la actividad antioxidante del tostado se puede mantener debido a la formación de productos de la reacción de Maillard (Budryn *et al.* 2009).

#### **a.5 GRANULOMETRÍA**

Según Prieto (2002) las diferencias específicas de forma y de tamaño son particularmente notables en los granos de café Arábica y café Canephora. La primera es generalmente más voluminosa, de forma más alargada. El Canephora es de grano más amorfo y de aspecto más redondeado, el surco es de tendencia más rectilínea que en la Arábica

#### **a.6 DEFECTOS**

Según la NTP 209.027 (2007), los defectos en los cafés especiales son producidos en el campo y debido a un deficiente proceso del grano de café maduro.

La NTP 209.027 (2007) menciona también que la mayoría de los defectos se clasifican cualitativamente.

En la NTP-ISO 3509 (1998) define a los defectos que se originan en el fruto de café los cuales son:

1. Fragmento de cáscara (*husk fragment*): fragmento de la envoltura exterior seca (pericarpio).
2. Fragmento de pergamino (*piece of parchment*): fragmento del endocarpio seco (pergamino).
3. Concha (*shell*): grano deforme el cual presenta una cavidad.  
Nota: en el Perú se utiliza el término “oreja”
4. Fragmento de grano (*bean fragment*): parte de un grano de café de un volumen inferior al medio grano.
5. Grano quebrado (*broken bean*): parte de un grano de café de volumen igual o superior al de medio grano.
6. Grano deforme (*malformed bean*): grano de café cuya forma anormal lo hace claramente distinguible.
7. Grano dañado por insectos: grano de café dañado interior o exteriormente por el ataque de insectos.
8. Grano infestado por insectos:
  - a. Grano infestado por insectos vivos: grano de café el cual contiene uno o más insectos vivos en cualquier estado de desarrollo.
  - b. Grano infestado por insectos muertos: grano de café el cual contiene uno o más insectos muertos o fragmentos de insectos.
9. Cerezo seco (*dried cherry*): fruto seco de la planta de café el cual comprende sus envolturas externas y uno o más granos.
10. Grano en pergamino (*bean in parchment*): grano de café envuelto completamente o parcialmente en su pergamino (endocarpio) después del pilado.
11. Grano negro (*black bean*)
  - a. Externamente e internamente: grano de café que en más de la mitad de su superficie interior y exterior es de color negro.
  - b. Externamente: grano de café que en más de la mitad de su superficie externa es de color negro.
12. Grano parcialmente negro (*partly black bean*)  
Nota: El término “grano-seminegro” se utiliza con frecuencia.
  - a. Externamente e internamente: grano de café del cual la mitad o menos de la mitad de su superficie externa e interna es de color negro.
  - b. Exteriormente: grano de café del cual la mitad o menos de la mitad de su superficie externa es de color negro.

13. Grano inmaduro (*immature bean; quaker bean*): grano de café no maduro, el cual frecuentemente presenta una superficie rugosa.
14. Grano esponjoso (*spongy bean*): grano de café de consistencia similar a la de un corcho, es decir, cuyos tejidos pueden hundirse por la presión de la uña, y generalmente es de color blancuzco.  
Nota: este tipo de grano no se considera defecto en el caso de un grano de café monzón.
15. Grano blanco ligero; grano flotante (*white low density bean; floater bean*): grano de color blanco muy ligero y de una densidad bastante inferior a la de un grano sano.  
Nota: este tipo de grano no se considera defecto en el caso de un grano de café monzón.
16. Grano de café hediondo (*stinker bean*): grano de café que, habiendo sido recientemente cosechado, despide un olor muy desagradable. El grano puede tener un color marrón claro, rojizo interiormente y con un sabor agrio luego del tostado y de la infusión.
17. Grano agrio o fermentado (*sour bean*): grano de café deteriorado por un exceso de fermentación, de color marrón claro, rojizo interiormente y con un sabor agrio luego del tostado y de la infusión.
18. Grano jaspeado (*blotchy bean; spotted bean*): grano de café que presenta manchas irregulares de coloración verdosa, blanquecina o a veces, amarillenta.
19. Grano marchitado (*withered bean*): grano de café con apariencia rugosa y de volumen ligero.
20. Grano mohoso (*mouldy bean*): grano de café el cual presenta zonas mohosas o evidencias de ataque fungoso, visibles a simple vista.
21. Grano mordido durante el despulpado (*pulper-nipped bean*): grano de café procesado por vía húmeda, cortado o magullado durante el despulpado, el cual muestra frecuentemente manchas marrones o negruzcas

#### **b. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DEL CAFÉ VERDE**

El grano de café por su contenido en carbohidratos, proteínas, lípidos y algunos microelementos proporciona a los microorganismos los requerimientos nutritivos para su desarrollo (Peláez y Moreno 2005).

El café pergamino llega al sitio de almacenamiento con una carga microbiológica que ha adquirido durante el proceso de beneficio (Peláez y Moreno 2005).

Según NTS N°071-MINSA/DIGESA (2008), establece parámetros microbiológicos para las semillas secas dentro del XIV Frutas Y Hortalizas, Frutos Secos Y Otros Vegetales dentro del ítem XIV. 5 Frutos Secos (dátiles, tamarindo, otros) y Semillas (castañas, maní, pecanas, nuez y almendras, otros). En el Cuadro 3 se observan los requisitos microbiológicos para los frutos secos y semillas.

**Cuadro 3: Requisitos microbiológicos para frutos secos y semillas**

Agente Microbiano	Categoría	Clase	n	C	Límite por g	
					m	M
<i>Mohos</i>	3	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Levaduras</i>	3	3	5	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>
<i>Escherichia coli</i>	5	3	5	2	10	10 <sup>2</sup>

**FUENTE:** NTS N°071-MINSA/DIGESA 2008

Los hongos de campo requieren contenidos de humedad en equilibrio con humedades relativas superiores al 90%, por lo tanto, una vez la humedad relativa se hace menor, en el almacenamiento, son reemplazados por otros tipos de mohos llamados hongos de almacenamiento. Los más importantes pertenecen a los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, los cuales, bajo condiciones favorables, desarrollan, multiplican y pueden producir micotoxinas para los animales y el hombre (Peláez y Moreno 2005).

Respecto a las bacterias, se ha determinado que, a pesar de permanecer en el grano almacenado en altos niveles, en su mayoría no afectan significativamente la calidad del café (Peláez y Moreno 2005).

Constituyen la excepción, las bacterias lácticas y algunas anaerobias que se desarrollan en café almacenado con altos contenidos de humedad y que alteran la calidad, con la formación de granos fermentados (Peláez y Moreno 2005).

- Mohos

El término moho se emplea para describir ciertos hongos multicelulares que forman un entramado filamentosos conocido como micelio. Éste se compone de filamentos individuales llamados hifas. Pueden crecer sumergidos en el alimento o superficialmente, en cuyo caso el crecimiento se caracteriza por su aspecto vellosos o algodonoso (Forsythe y Hayes 2002).

- Levaduras

La mayoría de las levaduras son hongos unicelulares microscópicos, que no forman micelio y, por lo tanto, se presentan como células simples. Las levaduras tienen formas redondeadas, ovoide o elongada, siendo relativamente constante para la misma especie (Forsyt

- *Escherichia co.*

Para Pascual y Calderón (2000), los niveles altos de Enterobacteriaceae lactosa-positivas (coliformes) indican manipulación y elaboración deficiente de los alimentos. Los coliformes son bacilos gramnegativos, aerobios y anaerobios facultativos, no esporulados, dentro del grupo encontramos varios géneros que son: *Escherichia, Enterobacter, Keksiella, Citrobacter*.

*Escherichia coli* es huésped constante del intestino del hombre y de los animales de sangre caliente. Por su especificidad está considerado como un buen índice de contaminación fecal. Tiene el inconveniente de vivir poco tiempo en el ambiente extraéuterico, por lo que su presencia en alimentos indica contaminación reciente (Pascual y Calderón 2000).

Según la NTP 209.027 (2007), el estado sanitario del café verde debe estar libre de todo insecto vivo y/o muerto, y mohos y contaminantes sensorialmente perceptibles. La NTP 209.027 (2007) se establece la clasificación del café verde de acuerdo a los requisitos, se observa la clasificación en el Cuadro 4.



**Cuadro 4: Clasificación del café verde**

CONCEPTO	CLASIFICACIÓN				
	GRADO 1	GRADO 2	GRADO 3	GRADO 4	GRADO 5
<b>Descripción general</b>	Compuestos por granos de café lavado de cosecha nueva, sumamente bien desarrollado, beneficiado y procesado. Café mantenido en buena forma, producido en una zona de estricta altura, de olor estrictamente fresco y color homogéneo. Bueno a excelente calidad de taza, cumpliendo con todos los requisitos específicos de sabor.	Compuesto por granos de café lavado de cosecha actual. Café de altura, de olor fresco y color homogéneo. Buena calidad de taza. Sin embargo, no cumple con todos los requisitos de un café de grado 1. Ausencia de característica típica incapaz de caracterizar mezclas.	Compuestos por granos de café lavado y/o natural de periodo de la cosecha actual. Calidad mediana de taza. Café cuya calidad original ha empezado a deteriorarse, por ejemplo, no siendo completamente fresco y/o no bien beneficiado o procesado. Café que hasta cierto punto le falta características de sabor básico (debido al tiempo de la cosecha o a café de zona baja) sin llegar a ser claramente defectuoso.	Todos los cafés lavados y o naturales que han sido afectados por el deterioro de envejecimiento (cosecha vieja/pasada) o deterioro por mal beneficio o proceso, almacenamiento inadecuado y/o deficiencias en el transporte, mostrando sabor a madera o sabores similares no deseados a una magnitud moderada.	Cafés lavados y naturales que exhiben defectos de sabor como, por ejemplo: sabor fermentado, mohoso, terroso, fenólico, sumamente viejo, etc. Cafés que exceden la máxima cantidad de defectos de taza permitida según las especificaciones.
<b>Humedad</b>	de 10-12.5%				
<b>Granulometría</b>	Mínimo: 50% encima de la malla; Máximo: 5% debajo de la malla 14				Ningún límite
<b>Defectos</b>	Máximo 15	Máximo 23	Máximo 30	Máximo 35	Máximo 40
<b>Estado fitosanitario</b>	El café debe estar libre de todo insecto vivo y/o muerto, mohos, y contaminantes sensorialmente perceptibles				
<b>Prueba de taza</b>	Acidez marcada. Aroma intenso y bueno/ típico. Absolutamente libre de fermento o cualquier otro sabor a madera. Buen cuerpo	Acidez buena. Aroma bueno. Absolutamente libre de fermento o cualquier otro sabor indeseable, incluyendo el sabor a madera. Cuerpo medio.	Acidez media. Aroma mediano. Libre de fermento cualesquiera características sucias, mohosas, terrosas o características “verdes” muy fuertes. Cuerpo medio.	Acidez mediana. Libre de características de sabor mohoso, fermentado u otros defectos graves de taza (por ejemplo: fenólico)	Ningún requisito específico sobre acidez, aroma o cuerpo. La intensidad sensorial de los defectos no debe exceder un nivel fuerte

FUENTE: NTP 209.027 2007

### 2.1.8 CAFÉ TOSTADO

Para las preparaciones del café como bebida, tinto, expreso y otras, los granos de café verde o almendra se tuestan y muelen, y los compuestos del sabor y el aroma se extraen en agua caliente.

En el Cuadro 5 se observan las principales reacciones químicas en la tostación de los granos de café y los compuestos formados.

**Cuadro 5: Esquema de las principales reacciones químicas en la tostación de los granos de café y los compuestos formados.**

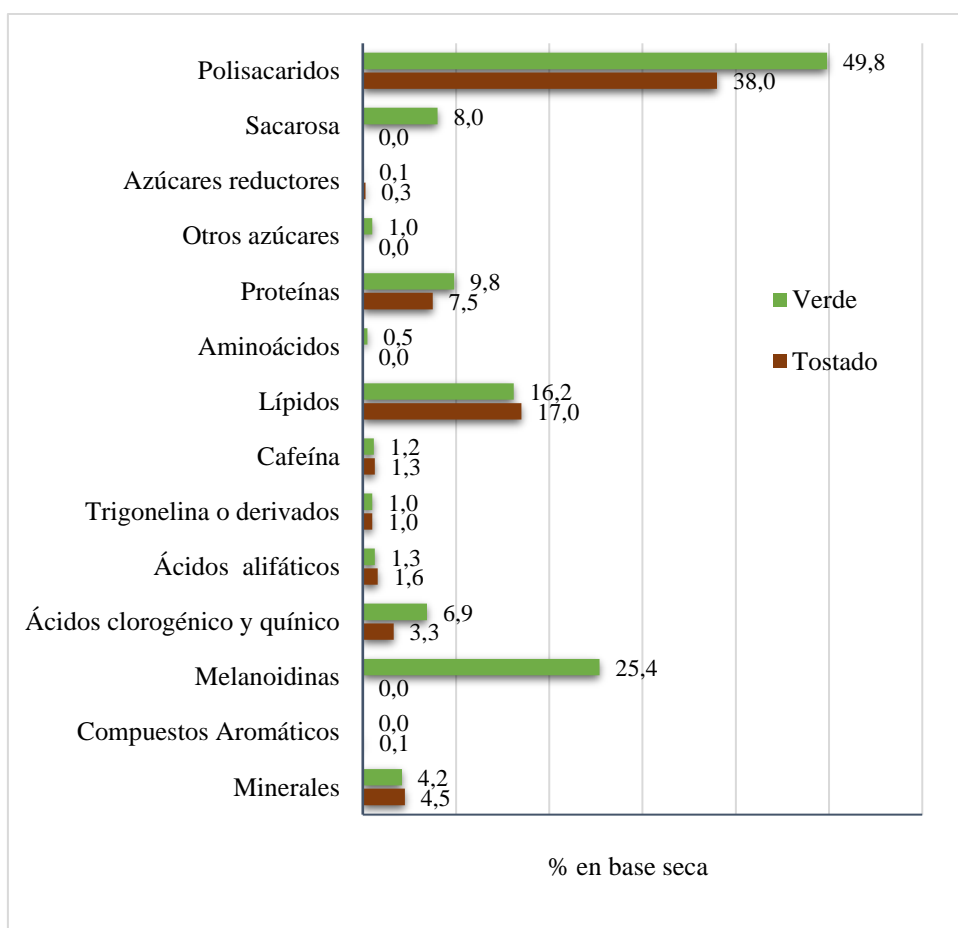
CAFÉ VERDE	REACCIONES EN EL TOSTADO	CAFÉ TOSTADO
Agua	Desecación	Agua
Carbohidratos	Degradaciones térmicas	Carbohidratos
Proteínas	Despolimerizaciones	Proteínas
Lípidos	Caramelización (pirolisis)	Lípidos
Ácidos clorogénicos	Reacción de Maillard	Ácidos clorogénicos
Ácidos alifáticos	Reacción de Strecker	Ácidos alifáticos
Alcaloides	Degradación de aminoácidos	Cafeína
Compuestos volátiles	Oxidaciones	Melanoidinas
Metoxipirazinas	Degradación de ácidos fenólicos	Compuestos volátiles (850)
Piridina	Degradación de lípidos	Furanos, Cetonas, Piridinas, Pirroles, Pirazinas, Tiofenos,
Furanos	Degradación de trigonelina	Tiazoles, Aldehídos,
Aldehídos	Formación de ácidos	Aminoácidos, Oxazoles,
Alcoholes	Formación de compuestos volátiles	Ésteres, Alcoholes, Tioles,
Cetonas	Formación de color	Fenoles, Lactonas, Ácidos,
Azufrados	Formación de melanoidinas	Hidrocarburos, Piranos

FUENTE: Puerta 2011

En la tostación se desarrollan diversas reacciones entre los componentes del grano de café verde o almendra y se generan cientos de componentes volátiles y sustancias de sabor, que imparten las cualidades sensoriales que se aprecia en una bebida (Puerta 2011).

La tostación del café se realiza en equipos tostadores que se calientan a una temperatura de 210 a 230 °C, luego, se depositan en los tambores giratorios, los granos de café verde o almendra previamente seleccionados, así se inicia la desecación del grano y se desarrolla la caramelización de la sacarosa, la degradación de aminoácidos, la glicación entre los azúcares reductores y los aminoácidos, la despolimerización de los carbohidratos y proteínas, las oxidaciones de los lípidos y de los ácidos fenólicos, las reacciones y formaciones de los ácidos, la generación del color y la producción de compuestos volátiles y de las melanoidinas (Puerta 2011).

En la Figura 5 se observa la composición química de granos de café verde y tostado de variedades Arábica.



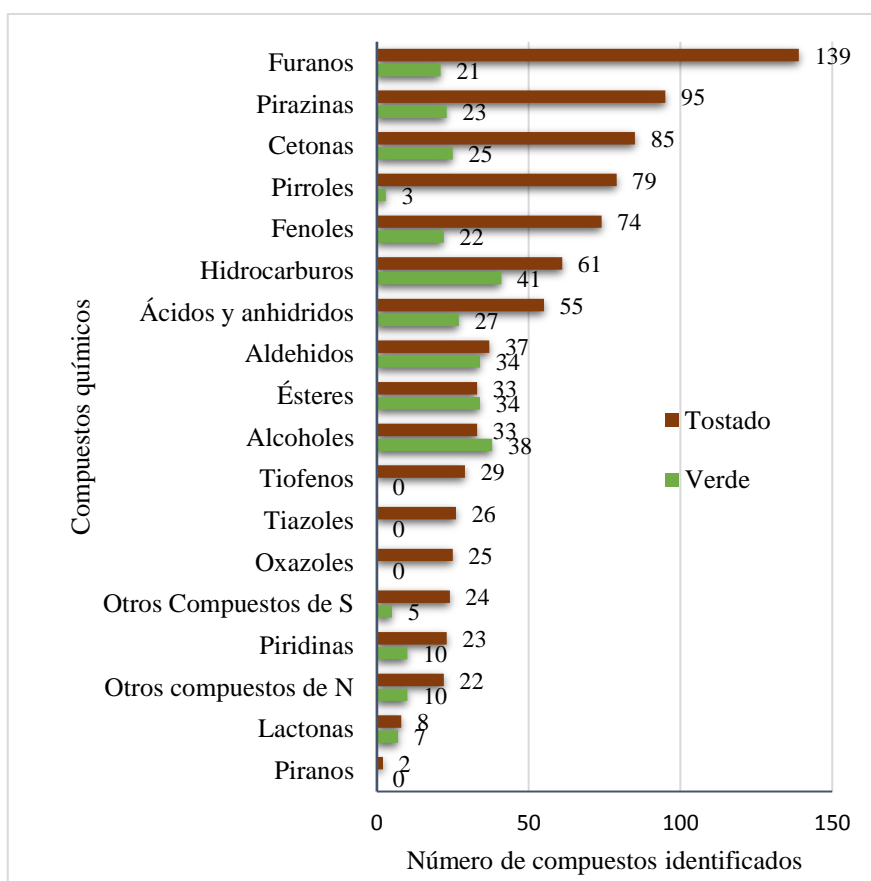
**Figura 5: Composición química de granos de café verde y tostado de variedades Arábica**

**FUENTE:** Illy y Viani 2005, citados por Puerta 2011

En la tostación cambian los contenidos de los compuestos químicos y la concentración de estos en los granos tostados con respecto al café verde: los polisacáridos disminuyen, la sacarosa se degrada completamente, los azúcares reductores aumentan, las proteínas disminuyen, los lípidos y la cafeína del grano tostado conforman cerca de la misma proporción o un poco más que en los granos de café verde, la trigonelina disminuye, los ácidos aumentan, los ácidos clorogénicos disminuyen, las cenizas aumentan y las melanoidinas se crean (Illy y Viani 2005, citado por Puerta 2011).

Los olores están compuestos de varias sustancias volátiles, en el aroma del café se encuentran cerca de 850 compuestos volátiles, principalmente furanos, pirazinas, cetonas, pirroles, fenoles, hidrocarburos, ácidos, aldehídos, ésteres, alcoholes y los tiofenoles y oxazoles que no se encuentran en el grano de Almendra, son cerca de 244 compuestos nitrogenados y 75 azufrados.

La Figura 6 se muestran el número de compuestos volátiles en el café verde y café tostado.



**Figura 6: Número de compuestos volátiles de los granos de café verde y tostado**

**FUENTE:** Clarke y Vitzhum 2003, Flament y Bessiére 2002; citados por Puerta 2011

## **f. LA EVALUACIÓN SENSORIAL DEL CAFÉ TOSTADO**

Los métodos de la evaluación sensorial se usan principalmente en la industria de los alimentos para la determinación de la calidad de las materias primas y del producto, en el control de los procesos de fabricación y para el estudio de las preferencias de los consumidores (Quintero 2009).

La aplicación de los métodos sensoriales puede resultar bastante compleja y costosa. Para los estudios sensoriales del café se requiere primero de personal especializado y también se necesitan instalaciones adecuadas, métodos y análisis estandarizados, diseños experimentales, formularios para el registro de la información en forma escrita o digital, análisis estadísticos y experiencia para la interpretación de resultados. De esta forma se reducen los errores inherentes a los juicios humanos (Quintero 2009).

Para la realización de la evaluación sensorial del café se tienen que tener directrices que asegurará mayor precisión al evaluar la calidad del café. Estas directrices son según SCAA (2009):

### **a.1 TOSTADO**

- El tostado se realiza en un tostador de muestras.
- La muestra debe ser tostada dentro de las 24 horas de catación y se deja enfriar por lo menos ocho horas.
- El tostado debe ser tipo gourmet, debe ser completado en no menos de 8 minutos y no más de 12 minutos.
- Las muestras deben enfriarse de inmediato al aire (sin enfriamiento con agua) hasta que llegue a la temperatura ambiente (aprox. 75 °F o 20 °C).
- Las muestras terminadas deben luego ser almacenados en recipientes herméticos o bolsas no permeables hasta catación para minimizar exposición al aire y evitar la contaminación.
- Las muestras se deben almacenar en un lugar fresco y oscuro, pero no refrigerados o congelados.

### **a.2 DETERMINACIÓN DE MEDIDAS**

- La relación óptima es 8,25 gramos de café por 150 ml de agua, ya que este se ajusta al punto medio de las recetas, equilibrio óptimo para la “copa de oro” o “copa de catación”.
- Determinar el volumen de agua en el vaso catador seleccionado y ajustar el peso de café según relación referida anteriormente dentro del rango de error +/- 0,25 gramos.

### **a.3 PREPARACIÓN PARA LA CATA**

- Las muestras deben ser molidas antes de la catación, no más de 15 minutos antes de la catación se debe agregar el agua. Si esto no es posible, las muestras deben ser guardadas y no realizar la dilución más de 30 minutos después de la molienda.
- Las muestras se pesarán como granos enteros en función a la relación ya mencionada anteriormente.
- El tamaño de partícula de la molienda debe ser un poco más grueso del que se utiliza normalmente para realizar la extracción con papel filtro, con 70 a 75 por ciento de las partículas que pasan a través de un tamaño de malla 20 que es estándar de EE.UU. Al menos cinco tazas de cada muestra deben estar preparados para evaluar la uniformidad en las muestras
- Cada taza de muestra debe ser molido con total limpieza y sin combinar las muestras en el molino. La molienda de cada muestra se debe colocar directamente en el vaso catador para evitar la contaminación. Una tapa se debe colocar en cada taza inmediatamente después de la molienda.

### **a.4 REQUISITOS DEL AGUA**

- El agua utilizada para realizar la cata debe estar limpia y sin olor, pero no destilada o suavizada. Lo ideal de sólidos disueltos totales es de 125-175 ppm, pero no debe ser inferior a 100 ppm o más de 250 ppm.
- El agua debe estar recién hervida y llevado a aproximadamente 200 °F (93 °C) en el tiempo que se vierte sobre el café molido. El agua caliente se debe verter directamente sobre la molienda previamente pesada hasta el borde de la taza, asegurándose de mojar toda la molienda. Dejar reposar de 3-5 minutos antes de la evaluación.

### **a.5 CATADORES ENTRENADOS**

En el mundo del café los catadores entrenados son conocidos como catadores Q, que para identificar los cafés especiales se necesita de paneles sensoriales calificados y certificados que son los Catadores Q, teniendo que obtenerse un puntaje total superior a 80 para ser un café especial, en la prueba de score sensorial, la cual se encuentra ya estandarizada (SCAA 2009).

Los catadores son las personas que, mediante los sentidos de la vista, el olfato y el gusto, sienten, perciben, identifican, analizan, describen, comparan y valoran la calidad del café. Estas personas se conocen como panelistas degustadores y jueces analíticos (Quintero 2009).

En el Perú la Central Café y Cacao en alianza con el *Coffee Quality Institute - CQI* (USA) ha firmado un convenio institucional que identifica a Central Café y Cacao como único representante en el Perú para desarrollar programas de acreditación de Catadores Q Grader, este riguroso programa incluye 22 secciones sobre temas relacionados con el café que concluye con la certificación de "Licenciado Q Grader" otorgado por el CQI y reconocido a nivel mundial (Café y Cacao 2014).

#### **a.6 CATACIÓN**

Según Barberá (2011), la elaboración de la prueba sensorial es prepara en una taza alta transparente, con tapa, en donde se echan ocho gramos de café tostado molido a los que se añaden después 150cc de agua a punto de hervir. El agua no debe aportar ningún gusto, siendo la mineral la mejor para esta prueba. No se adiciona azúcar, pues no estamos tomando café: estamos realizando una cata. El café inicialmente flota, formando como una costra que paulatinamente se hundirá. A los tres minutos, se remueve con la cucharilla, se separa el poco café que aún flote y se empieza la fase principal de la cata.

La cucharilla a utilizar es especial: debe ser grande, de amplia y redonda cazoleta, plateada. Llenamos la cucharilla mediada de líquido y lo sorbemos violentamente a través de un pequeño orificio que formaremos con los labios de forma que se expanda por la boca como si fuera un vaporizador. Unos pocos segundos bastan para captar el detalle buscado, escupiendo después el café sorbido. Tras enjuagarse la boca con agua mineral, repetiremos el sorbo, concentrándonos cada vez en una característica, siguiendo el orden de la Hoja de Control de la Cata (Barberá 2011).

La catación es el método usado para conocer el aroma y la sanidad del café. Este análisis también se llama evaluación sensorial de la calidad del café y prueba de taza (Quintero 2009).

La SCAA (2009) menciona que, entre los 10 valores evaluados para el puntaje sensorial, teniendo cada uno un máximo de 10 puntos, se encuentran:

- **FRAGANCIA / AROMA**

Los aspectos aromáticos incluyen la fragancia (definida como el olor del café de la muestra molida cuando todavía está seca) y el aroma (el olor del café mezclado con agua caliente). Uno puede evaluar esto en tres pasos claros en el proceso de catación:

- Oler la muestra molida colocada en la taza antes de verter agua al café;
- Oler los aromas liberados por el café al ser remojado

- Oler los aromas mientras se rompe la espuma

- **SABOR**

El sabor representa la característica principal del café, “las notas de gama media” las primeras impresiones dadas por el aroma y la acidez a su resabio final. Es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas (papilas gustativas) y aromas retronasales que van de la boca a la nariz. El puntaje dado al sabor debe justificar la intensidad, la calidad y la complejidad de su sabor y aroma combinados, que se experimenta cuando el café es sorbido con ruido en la boca para implicar vigorosamente el paladar entero en la evaluación.

- **SABOR RESIDUAL / RESABIO/REGUSTO**

Se define como la duración de las calidades positivas del sabor (el sabor y aroma) que proceden de la espalda del paladar y se quedan después de que el café es degustado o ingerido. Si el resabio fuera corto o desagradable, se debe dar un puntaje más bajo.

- **ACIDEZ**

Se describe a menudo como “brillante” cuando es favorable o “agria” cuando es desfavorable. En su mejor forma, la acidez contribuye a una vivacidad del café, al dulzor y al carácter de fruta fresca y es experimentado casi inmediatamente y evaluado cuando apenas el café es sorbido en la boca. La acidez excesivamente intensa o dominante puede ser desagradable o, por el contrario, puede ser una acidez moderada pero muy agradable, esto depende del origen y/o otros factores (tales como el grado de tostado, el destino final, etc.)

- **CUERPO**

La calidad del cuerpo se basa sobre la sensación táctil del líquido en la boca, especialmente como es percibido entre la lengua y el paladar. La mayoría de las muestras con el cuerpo pesado pueden recibir un puntaje alto en términos de la calidad debido a la presencia de coloides (de infusión). Sin embargo; algunas muestras con el cuerpo más ligero, pueden dar una sensación agradable en la boca. Esto se debe principalmente al origen y destino del café en sí, pudiendo recibir puntajes de preferencia iguales, aunque sus grados de intensidad sean bastante diferentes

- **BALANCE**

Se refiere a la armonía de todos los aspectos de sabor, sabor residual, acidez y cuerpo de la muestra trabajando juntos y complementándose o contrastándose uno al otro. Si la muestra no tiene ciertos atributos de aroma o sabor o si algunos atributos se abruma u opacan, el puntaje del balance se reduciría.



- **DULZOR**

Se refiere a una plenitud agradable del sabor, y su percepción es resultado de la presencia de ciertos carbohidratos. El contrario del dulzor en este contexto es agrio, astringencia o los sabores “verdes”. Esta calidad no se puede percibir directamente como en productos cargados de sacarosa, tal como los refrescos, pues afecta otros atributos de sabor. Se otorga dos puntos para cada taza que muestra este atributo, para un puntaje máximo de 10 puntos si las cinco tazas son iguales.

- **TAZA LIMPIA**

Se refiere a una falta de impresiones negativas en el sabor o en el sabor residual. Una taza transparente o cristalina. Al evaluar este atributo, se debe prestar atención a la experiencia total del sabor en relación al tiempo de enfriamiento y a la impresión final. Cualquier sabor o aroma sin características típicas del café descalificará una taza individual. Dos puntos se dan a cada taza para este atributo, con un máximo de 10 puntos si las cinco tazas son iguales.

- **UNIFORMIDAD**

La uniformidad se refiere a la consistencia del sabor en las tazas. Si estas saben diferentes, la calificación de éste aspecto no sería alta. Dos puntos se dan a cada taza para este atributo, con un máximo de 10 puntos si las cinco tazas son iguales.

- **PUNTAJE DEL CATADOR**

El aspecto “total” del puntaje se da para reflejar la calificación integrada de la muestra percibida por cada panelista. Una muestra con muchos aspectos sumamente agradables, pero que no llegue exactamente a “la medida” recibiría una valoración baja. Un café que cumple con las esperanzas en cuanto a su carácter y las calidades particulares del sabor de su origen recibirían un puntaje alto. Este es el paso donde los panelistas hacen su evaluación personal.

En el Cuadro 6 se presenta Clasificación de café de acuerdo a su categoría.

**Cuadro 6: Clasificación café tostado por el puntaje de calidad**

<b>CLASIFICACIÓN DE CALIDAD POR PUNTAJE TOTAL</b>		
<b>EXTRAORDINARIO</b>	90 – 100	<b>ESPECIAL</b>
<b>EXCEPCIONAL</b>	85 – 89	
<b>PREMIUM</b>	80 – 84	
<b>COMERCIAL</b>	60 – 79	<b>NO ESPECIAL</b>
<b>MALA CALIDAD</b>	0 – 59	

**FUENTE:** SCAA 2009

### **a.7 Procedimientos de la catación**

Las muestras primero deben ser inspeccionadas visualmente para apreciar el color tostado. Esto es marca en la hoja y puede ser utilizado como una referencia durante la calificación de sabor específico atributos. La secuencia de rating cada atributo se basa en los cambios en la percepción del sabor causado por la disminución de temperatura del café cuando se enfría (SCAA 2009).

Según la SCAA (2009) el procedimiento se realiza en tres pasos:

- **Paso 1: Fragancia / Aroma**

Dentro de los 15 minutos después de que las muestras han sido molidas, la fragancia en seco de las muestras debe ser evaluada por el levantamiento de la tapa y oler la molienda. Después de la infusión con agua, la corteza se deja intacta durante al menos tres minutos, pero no más de minutos. La rotura de la corteza se realiza por agitación tres veces, y luego permitir que la espuma a correr por la parte posterior de la cuchara, mientras se huele suavemente. La puntuación Fragancia / Aroma es entonces marcado en la base de la evaluación seco y mojado.

- **Paso 2 - Sabor, Resabio, Acidez, Cuerpo Y Balance**

Cuando la muestra se ha enfriado a 160 °F (71 °C), en unos 8-10 minutos de infusión, Evaluación de la infusión de café debe comenzar. La infusión de café se aspira en la boca de tal forma que cubra la mayor área posible, en especial la lengua y el paladar superior. Debido a que los vapores retronasales están en su máxima intensidad en estas elevada temperaturas, sabor y resabio se valoran en este punto. Como el café continúa enfriando (160 °F – 140 °F), la acidez, cuerpo y equilibrio son los siguientes en calificarse. El catador debe buscar el adecuado equilibrio en la evaluación del sabor, resabio, acidez, y cuerpo encajan en una combinación sinérgica. La preferencia de los catadores para los diferentes atributos se evalúa en varias diferentes temperaturas (2 o 3 veces) mientras que la muestra se enfría.

- **Paso 3 - Dulzura, Uniformidad y Taza Limpieza**

A medida que el café se aproxima a la temperatura ambiente (por debajo de 100 °F) la dulzura, la homogeneidad y la taza limpia se evalúan. Para estos atributos, el catador hace un juicio sobre cada una de las tazas de forma individual, se califica con dos puntos por cada taza (10 puntos de puntuación máxima) para cada atributo.

La evaluación del café debe cesar cuando la muestra alcanza 70 °F (21 °C) y la puntuación global es determinada por el catador y debe ser dada como "Puntaje de catador" sobre la base del juicio de todos los atributos combinados.

- **Paso 4 - Análisis**

Después de evaluar las muestras, se añaden todas las puntuaciones y el análisis con los comentarios finales de cada muestra.

## 2.2 PRODUCCIÓN

Los cafetales en Perú se manejan mayormente bajo sombra. En base a las encuestas realizadas a nivel de las principales zonas cafetaleras en el marco del Proyecto para el mejoramiento de la competitividad en la cadena de café en la Comunidad Andina, se estima un 85 por ciento de los cafetales bajo sombra (Díaz 2012).

La producción de café pertenece exclusivamente a la especie *Coffea arabica*, predominando la variedad *typica*, muy apreciada por su rusticidad y buena adaptación a condiciones agroecológicas, como también por su aroma y sabor (Díaz 2012).

Según las series históricas de producción agrícola publicadas por el MINAG (2015), la producción nacional en el año 2013 fue de 255 587 Ton. El principal departamento productor es Junín, seguido de Cajamarca, siendo Cajamarca el de mejor rendimiento a nivel nacional.

En el Cuadro 7 se presenta la distribución de los principales departamentos productores de café en el Perú.

**Cuadro 7: Principales departamentos productores de café y sus rendimientos durante el 2013**

DEPARTAMENTO	Producción (Ton)	Rendimiento (kg/ha)
JUNÍN	54837	553
CAJAMARCA	54472	824
SAN MARTIN	47872	565
CUZCO	38545	684
AMAZONAS	32857	672

FUENTE: MINAG 2015

Según las series históricas de producción agrícola publicadas por el MINAG (2015), la producción nacional en el año 2011 fue de 331 547 Ton. El principal departamento productor es Junín, seguido de Cajamarca, siendo Cajamarca el de mejor rendimiento a nivel nacional.

### **2.3 EXPORTACIÓN DE CAFÉ**

La exportación del café comenzó en el Perú en 1887. Entonces el principal mercado era Alemania e Inglaterra, ampliándose con el paso de los años (Junta Nacional del Café 2011, citado por Díaz 2012).

La actividad cafetalera en el país es la principal actividad de agroexportación, generando más del 27.97 por ciento de divisas del sector agroexportador, que constituye el 2,51 por ciento del valor de las exportaciones totales. El café peruano está clasificado en el grupo de otros suaves por la producción de café arábigo, caracterizado por su alta calidad de taza (Díaz 2012).

En el comercio exterior, el café es exportado principalmente como granos sin tostar, siendo los principales compradores Alemania (29 por ciento), Estados Unidos (23,7 por ciento), y Bélgica (11,5 por ciento) en el Ranking de Exportaciones se ubica el Café sin tostar como el principal producto en el rubro de Agro Tradicional durante el año 2014 (ADEX 2015)

En el Cuadro 8 se presenta las exportaciones de Café realizadas durante el 2014, en sus diversas modalidades.

#### **Cuadro 8: Cantidades exportadas de café durante el 2014**

<b>Descripción Arancelaria</b>	<b>Peso Neto (Kg)</b>
Café sin descafeinar, sin tostar	175 047 917
Café tostado, sin descafeinar, en grano	77 120
Café tostado, sin descafeinar, molido	4 726

**FUENTE:** ADEX 2015

### **2.4 VIDA ÚTIL**

#### **2.4.1 DEFINICIÓN**

No existe una definición simple, generalmente aceptada de la vida de anaquel. El Institute of Food Technologists (IFT) de los Estados Unidos ha definido la vida en anaquel de un

producto como: el período entre la fabricación y la venta al por menor de un producto alimenticio, durante el cual el producto tiene una calidad satisfactoria (Dethmers 1979, citado por Saavedra 2009).

La vida útil es un periodo en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. La calidad engloba muchos aspectos del alimento, como sus características físicas, químicas, microbiológicas, sensoriales, nutricionales y referentes a la inocuidad. En el instante en que alguno de estos parámetros se considera como inaceptable el producto ha llegado al fin de su vida útil (Singh 2000, citado por Saavedra 2009)

Una definición alternativa planteada por Hough y Fiszman (2005) es que la vida útil de un alimento representa aquel período de tiempo durante el cual el alimento se conserva apto para el consumo desde el punto de vista sanitario, manteniendo las características sensoriales, funcionales y nutricionales por encima de los límites de calidad previamente establecidos como aceptables.

Labuza y Schmidt (1985) señala que existen una serie de limitaciones prácticas en las cuales no es adecuado utilizar las técnicas de abuso térmico para predecir el deterioro a temperaturas más bajas mediante la ecuación de Arrhenius:

- Los cambios de temperatura pueden generar cambios de fase, los cuales pueden acelerar ciertas reacciones, haciendo que la vida de anaquel predicha a temperaturas menores sea más corta que la real.
- La actividad del agua ( $A_w$ ) en alimentos secos puede incrementar con la temperatura. Esto puede causar un incremento en la velocidad de reacción para productos de bajo  $A_w$  en empaques sellados y resultar en una sobre estimación de la verdadera vida de anaquel a bajas temperaturas.
- La solubilidad de gases, especialmente el oxígeno decrece al menos en un 25 por ciento por cada aumento en 10 °C en la temperatura, así la velocidad de una reacción oxidativa (pérdida de vitamina E, A, C o ácido linoleico), puede ser disminuida si el oxígeno disponible es el factor limitante. Por lo tanto, a altas temperaturas la velocidad puede ser más baja que la velocidad teórica, y esto puede a su vez resultar en una predicción de la vida de anaquel por debajo de la real a temperaturas normales de almacenamiento.

- Si altas temperaturas son usadas, una desnaturalización de las proteínas puede darse en el alimento. Esto puede resultar en un incremento o decremento en la velocidad de reacción de ciertas cadenas laterales de aminoácidos, provocando errores en la predicción de la vida de anaquel a temperaturas moderadas.

Hough y Fiszman (2005) a su vez, añade que debe considerarse las reacciones en las que intervienen enzimas o microorganismos que se inactivan a partir de ciertas temperaturas.

Labuza (2000) indica que la vida en anaquel depende de cuatro factores principales: formulación, procesamiento, empaque y condiciones de almacenamiento. La formulación involucra la selección de materia prima más apropiada e ingredientes funcionales que permiten incrementar la aceptación y lograr la seguridad e integridad del producto. El procesamiento somete las materias e ingredientes a condiciones que son favorables o inhibitorias para las reacciones de deterioro y promueven cambios físicos y químicos favorables que dan al alimento su forma y características finales. Una vez que el alimento abandona la etapa de procesamiento. Sigue manteniendo sus características y el periodo en que el alimento retiene dichos atributos están en función al microambiente del empaque.

Según Saavedra (2009) el final de la vida en anaquel de un producto alimenticio se define como el tiempo en el cual las muestras almacenadas son percibidas como diferentes en alguna medida.

En el Cuadro 9 se observan características de la vida útil para los alimentos deshidratados y el café.

**Cuadro 9: Variables en la vida útil de los alimentos deshidratados y café tostado.**

<b>Variables del deterioro</b>	<b>Producto alimenticio</b>	
	<b>Alimentos deshidratados</b>	<b>Café</b>
<b>Modo de deterioro</b>	Pardeamiento, rancidez, pérdida de color, pérdida de textura, pérdida de nutrientes.	Rancidez, pérdida de sabor y olor.
<b>Factores ambientales críticos</b>	Aire, temperatura, luz y humedad relativa.	Aire, temperatura, luz y humedad relativa.
<b>Vida en anaquel promedio</b>	Vegetales deshidratados: 3-15 meses, carne deshidratada: 1-6 meses, frutas secas: 1-24 meses	Tostado, molido, empacado al vacío: 9 meses Café instantáneo 18-36 meses
<b>Información al consumidor</b>	Almacenamiento en un lugar fresco y seco	Mantener cubierto y almacenado en un lugar fresco y seco.

FUENTE: IFT 1981, citado por Saavedra 2009

#### **2.4.2 PERIODICIDAD DE ANÁLISIS**

Labuza (1984) y Neter (1983) indican que la cantidad mínima de temperaturas para conducir un estudio de vida útil son tres.

García y Molina (2008) mencionan que la diferencia de 10 °C se sugiere establecer para poder calcular el valor de  $Q_{10}$  que representa la razón de las constantes de velocidad de reacción a las temperaturas escogidas.

García y Molina (2008) y García *et al.* (2011) realizan para la secuencia de muestreo en el análisis a mayor temperatura menor tiempo de almacenamiento y menor temperatura mayor tiempo de almacenamiento para poder hacer un adecuado seguimiento a la velocidad de reacción.

#### **2.5 PRUEBAS ACELERADAS DE VIDA EN ÚTIL**

Esta es la metodología más usada, el objetivo es almacenar la combinación final producto/empaque bajo alguna condición desfavorable de prueba, examinar el producto periódicamente hasta que ocurra el extremo de la vida útil y entonces se usa estos resultados

para proyectar la vida útil del producto bajo verdaderas condiciones de distribución. El método no tiene problemas, el cuidado debe ejercerse en la interpretación de los resultados obtenidos su extrapolación a otras condiciones (Torres 2003).

Las pruebas aceleradas de vida en anaquel consisten en experimentos de almacenamiento a temperatura relativamente altas, con el fin de predecir, con cierto margen de certidumbre, la vida en anaquel de alimentos en un período de tiempo mucho más corto que con métodos tradicionales (Labuza y Schmidt 1985).

Los métodos acelerados de estimación de la vida de anaquel de alimentos se basan en la aplicación de los principios de la cinética química sobre el efecto que las condiciones ambientales como temperatura, presión, humedad, gases de la atmósfera y luz, tienen sobre la velocidad de la reacción (Robertson 2002; citado por Ocampo 2003).

La cinética química es la parte de la física química que estudia la velocidad de reacciones químicas, los factores que las afectan y el mecanismo por el cual transcurren. Los cambios que ocurren en los alimentos son el resultado de numerosas y complejas reacciones químicas y bioquímicas, acompañadas de diversos efectos físicos (Alvarado 1996).

Singh (1996) indica que la cinética química involucra el estudio de la velocidad y mecanismos por el cual una especie química se convierte en otro. La velocidad de una reacción química es determinada por la masa de un producto producida o el reactante consumido por unidad de tiempo. En general, las velocidades de reacción pueden ser determinadas conociendo la concentración de los reactantes o los productos de las reacciones. El mecanismo de una reacción, por otro lado, es más difícil de determinar dado que involucra la secuencia de pasos que producen un resultado global. El mecanismo de reacciones solo es determinado en sistemas simples.

Hill y Grieger (1980) señalan que el enfoque cinético que está basado en la velocidad del proceso (reacción), la cual puede ser generalizada y correlacionada con factores ambientales (temperatura, presión, etc.) y factores intrínsecos (concentración, pH, etc.).

El objetivo inicial de los estudios de cinética experimental es el desarrollo de un modelo matemático para describir la velocidad de reacción como una función de variables experimentales. Varias expresiones de velocidad pueden ser combinadas con la definición



básica de velocidad de reacción para producir ecuaciones, las cuales pueden ser usadas para predecir la composición de un sistema como una función del tiempo (Hill y Grieger 1980).

### 2.5.1 LA TEMPERATURA EN LA VELOCIDAD DE DETERIORO

La variable que más afecta a la velocidad de las reacciones de deterioro es la temperatura; los métodos que aceleran el deterioro por efecto de ésta se basan en el cumplimiento de la ley de Arrhenius (Labuza y Schmidt 1985).

El Cuadro 10 muestra las temperaturas recomendadas para estudio de vida en anaquel para pruebas aceleradas según el tipo de producto.

**Cuadro 10: Temperaturas recomendadas para estudios de vida en anaquel con pruebas aceleradas.**

Tipo de Producto	Temperatura de ensayo (°C)	Temperatura de controles (°C)
Congelados	-5, -10, -15	-40
Deshidratados y de Humedad intermedia	25, 30, 35, 40, 45	-18
Conservas	23, 30, 35, 40	0

FUENTE: Labuza y Schmidt 1985

Cheftel y Cheftel (1983) señalan que a pesar de que es posible acelerar los ensayos de deterioro en almacenamiento aumentando la temperatura, no es recomendable sobrepasar los 45 °C sin riesgo de que los resultados sean totalmente diferentes de los que se obtendrían a 20 °C, dado que no son exactamente iguales los mecanismos de oxidación de los lípidos, los compuestos de olor desagradable formados y la eficacia de los antioxidantes.

Hough y Fiszman (2005) menciona que la constante de velocidad de reacción (k) es dependiente de la temperatura. En la gran mayoría de las reacciones de pérdida de calidad sensorial, el valor de k varía en función de la temperatura según la ecuación de Arrhenius:

$$k = k_{ref} \exp \left( -\frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \right) \dots (\text{Ecuación 1})$$

Dónde:

k = constante de velocidad de reacción a la temperatura T

Kref = constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia

EA = energía de activación en cal/mol

R = constante general de los gases en cal/ (mol K), es 1,98

T = temperatura en K

Tref = temperatura de referencia en K

Hough y Fiszman (2005) añade que la temperatura de referencia, T<sub>ref</sub>, se elige en función del intervalo de temperaturas en el que se está trabajando. Por ejemplo, si se está realizando un estudio acelerado en el intervalo 15 - 40 °C, una temperatura de referencia apropiada sería de 27°C, o sea 300 K.

Esta ecuación se puede linealizar mediante la aplicación de logaritmos y de esta manera si se representa el Ln (k) en función de la inversa de la temperatura absoluta, se obtiene una recta con pendiente -EA/R (Hough y Fiszman 2005).

$$\ln(k) = \ln(k_{ref}) - \frac{E_A}{R} \left( \frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}} \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Saguy y Karel (1980) menciona que han sido sugeridas ocasionalmente otras funciones distintas al modelo de Arrhenius para la correlación de la información de estabilidad de alimentos, considerando los siguientes modelos de dependencia de la temperatura.

Lineal:  $K = a + bT$  .....(Ecuación 3)

Potencial:  $K = aT^b$  .....(Ecuación 4)

Hiperbólico:  $K = \frac{a}{b-T}$  .....(Ecuación 5)

Dónde:

K: Pendiente que relaciona A (Valor de característica en el tiempo  $\theta$ )

a, b: Constantes

T: Temperatura absoluta (K)

Debido a que existen virtualmente ilimitadas opciones de modelos matemáticos para ajustar las ecuaciones a los datos experimentales, las consideraciones en las elecciones de un modelo seguirían a estas guías principales (Hill y Grieger 1980):

- Simplicidad del modelo, menos coeficientes son compatibles con un error razonable.
- La más baja desviación posible entre el modelo predicho y los datos experimentales, medidos por el cuadrado medio del error.
- Sin discontinuidad en el rango de variables.

## **2.5.2 FACTORES DE CALIDAD**

Durante el almacenamiento y distribución, el alimento se expone a una gran gama de condiciones ambientales. Factores ambientales como la temperatura, humedad, oxígeno, y la luz, que pueden activar varios mecanismos de reacción que puedan llevar a la degradación del alimento. Como consecuencia de estos mecanismos, pueden alterarse alimentos a magnitudes semejantes a la que son rechazados por el consumidor, o pueden causar daño a las personas que las consumen. Es por consiguiente indispensable que se entiendan bien las diferentes reacciones que causan la deterioración del alimento lo que conlleva a desarrollar procedimientos específicos para la evaluación de la vida útil de los alimentos. Los cambios químicos, físicos y microbiológicos son las causas principales de la deterioración del alimento (Man 1996, citado por Torres 2003).

Labuza y Schmidt (1985) señala que, en las pruebas aceleradas, los análisis pensados deberían estar basados en los modos de deterioro.

- Sensorial
- Análisis químicos
- Contenido de humedad (en caso de recipientes no herméticos)
- Análisis microbiológicos

## **2.6 ENVASES**

### **2.6.1 DEFINICIÓN**

Es el recipiente de cualquier material y forma que adopte destinado a contener mercancías para su empleo. Asimismo, se caracteriza por individualizar, dosificar, conservar, presentar y describir unilateralmente a los productos, pudiendo estar confeccionando con uno o más materiales distintos simultáneamente (MINCETUR 2009).

La importancia del estudio de los empaques radica en su influencia en su tiempo de vida útil, como lo menciona Laza (2000) citado por Cervera (2003), el periodo en el que el alimento retiene sus atributos está en función del microambiente del empaque.

Los envases usados en la siguiente investigación son:

### a. YUTE

Según la RAE (2015) señala que el yute es el material textil que se obtiene de la corteza interior de una planta de la familia de las Tiliáceas entonces es el tejido o hilado de esta materia.

En el Cuadro 11 se observan los requisitos de los sacos de yute para café tipo exportación según la NTP 231.063 (1985).

**Cuadro 11: Requisitos de los sacos de yute para café tipo exportación**

<b>Sacos para café tipo exportación</b>	<b>Requisito</b>
Dimensiones	71 cm x 105 cm (28 pulgadas x 41,5 pulgadas)
Peso	608 g
Capacidad aproximada	60-70 Kg

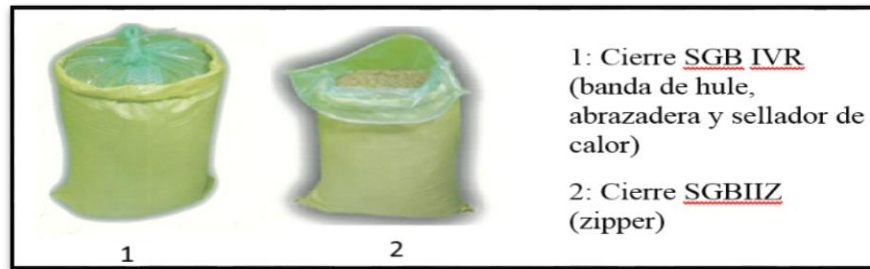
**FUENTE:** NTP 231.063 1985

### b. SUPERBOLSA <sup>TM</sup>

La bolsa de bajo costo SuperGrainbag<sup>TM</sup> o Superbolsa<sup>TM</sup> está diseñada como dispositivo de almacenamiento re-usable para productos agrícolas secos y no agrícolas, disponibles en tamaños de 69 kg de capacidad (Gómez 2013).

La “superbolsa” de la empresa Grain Pro Inc actúa como barrera de humedad y gases, en donde puede colocarse dentro de los sacos convencionales de yute, polipropileno o papel para incrementar la protección física de la bolsa. Las propiedades únicas del plástico multilaminado utilizado en bolsas, permiten una inmejorable protección contra el ingreso de vapor de agua, favoreciendo y conservando altas concentraciones de dióxido de carbono y bajos niveles de oxígeno creados por el metabolismo de los insectos y la respiración de la semilla o el grano almacenado (Grain Pro Inc 2013).

En la Figura 7 se observa la Superbolsa<sup>TM</sup> de la empresa Grain Pro INC, en sus dos tipos diferenciándose únicamente en el tipo de cierre.



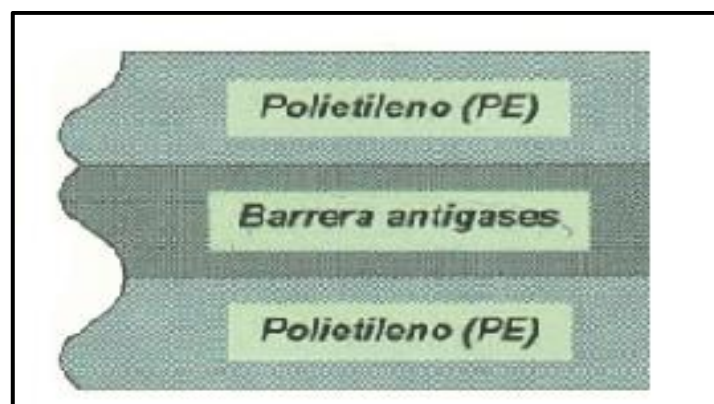
**Figura 7: Empaque Grain Pro Inc**

**FUENTE:** Grain Pro Inc 2013

Grain Pro Inc (2013) menciona que el rango de temperatura de operación de la bolsa SuperGrainbag es de -18 °C a 95 °C además de preservar por muchos meses y sin refrigeración los siguientes:

- Semillas secas de todo tipo manteniendo todo su potencial germinativo
- Granos de cacao y café, pergamino o verde (oro-excelso)
- Granos, arroz en granza y pilado, blanco o integral
- Harinas de trigo y de otros granos, salvados de granos
- Otros productos higroscópicos no agrícolas
- Especies, nueces y productos oleaginosos

Según Grain Pro Inc (2013) el polietileno extruido posee un material multilaminado resistente, con una barrera de alta tecnología contra la humedad y los gases, entre dos capas de polietileno (PE) de 0.078 mm de espesor que la hace 60 veces más impermeable que otros materiales plásticos comunes del mismo calibre. El material pesa 150 gr/m<sup>2</sup> (doble de capa) como se puede observar en la Figura 8.



**Figura 8: Diagrama del material de la Superbolsa™**

**FUENTE:** Grain Pro Inc (2013)

El Cuadro 12 se muestra los valores típicos de las especificaciones de la bolsa que se usara en la investigación perteneciente a la empresa Grain Pro Inc.

**Cuadro 12: Especificaciones del empaque Superbolsa™**

PROPIEDAD	VALORES
Espesor	0.078mm
Gramaje	75 g/m <sup>2</sup>
Resistencia a la tensión, MD	35 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia a la tensión, TD	30 N/mm <sup>2</sup>
Elongación, MD	600 %
Elongación, TD	600 %
Impacto F50	600 g
Energía de perforación	300 N-mm
Transparencia	15 %
Claridad	85 %
Permeabilidad al oxígeno 23°C, seco	55 cc/(m <sup>2</sup> día)
WVTR (Barrera de vapor) 38°C, 90% HR	8 g/(m <sup>2</sup> día)

**FUENTE:** Grain Pro Inc 2013

### **b.1 Polietileno (PE)**

Según Vian (2006) la polimerización del etileno tiene lugar mediante dos mecanismos:

- El mecanismo inducido por radicales libres, que origina un polietileno con una proporción relativamente más alta de cadenas o ramificaciones laterales; es el polietileno de baja densidad (0,92-0,94 g/cm<sup>3</sup>).
- El mecanismo de transferencia de electrones  $\pi$  origina polímeros lineales, poco ramificadas de alta cristalinidad y por tanto de alta densidad (0,94-0,96 g/cm<sup>3</sup>).

El polietileno es probablemente el plástico que más se utiliza, por ser el más conocido. Tiene aplicación en la fabricación de bolsas a partir de películas flexibles y envoltorios y de recipientes rígidos como los frascos y botellas (PROEXPORT 2003).

### **c. TRILAMINADO**

El empaque más usado para el café tostado es un complejo trilaminado. Según Magret (2002), la composición de un trilaminado es:

- PET 12 Micrones: 17,0 g/m<sup>2</sup> (barrera de transmisión de gases y vapor de agua; apariencia)
- Tinta: 4,0 g/m<sup>2</sup>
- Adhesivo: 2,5 g/m<sup>2</sup>
- Aluminio 6 micrones: 18,4 g/ m<sup>2</sup> (barrera de transmisión de gases y vapor de agua; apariencia)
- Adhesivo: 2,5 g/m<sup>2</sup>
- PEBD 39 micrones 40,6 g/m<sup>2</sup> (sellabilidad de envase)

Este material es muy resistente y además ofrece una impermeabilidad al oxígeno excelente, sin problemas de soldaduras o quemado de las primeras películas, que en este caso son un poliéster (PROEXPORT 2003).

A continuación, se describe los componentes del trilaminado

### **c.1 Polietileno tereftalato (PET)**

El PET tiene buenas propiedades de barrera que protegen y conservan el contenido del empaque. Diferentes tecnologías pueden mejorar aún más las propiedades inherentes de barrera del PET y ofrecen una mayor protección a las propiedades naturales de los productos envasados contra la migración de oxígeno y dióxido de carbono. Esta mejora en las tecnologías de barreras incluye aditivos capturadores de oxígeno, multicapas, revestimientos de óxido de silicio (vidrio), y carbono (NAPCOR 2014).

NAPCOR (2014) menciona también que no todas las resinas tienen propiedades inherentes de barrera o la versatilidad de ser optimizadas. Por ejemplo, el ácido poliláctico (PLA) es mucho más poroso que el PET, lo que permite que el vapor de agua se escape durante el transcurso del día en una proporción de aproximadamente 17 a 1, en comparación al PET; PLA no es adecuado para muchos de los productos envasados en PET.

NAPCOR (2014) sostiene que la transmisión de oxígeno es un factor importante para asegurar la vida útil del producto y su frescura. El PET ofrece casi nueve veces más de protección contra la transmisión de oxígeno que el PLA Y más de 40 veces más que el polietileno de alta densidad (PEAD).

Cabe destacar su resistencia mecánica, su rigidez y su resistencia térmica además de una buena transparencia (PROEXPORT 2003).

## **c.2 Aluminio**

Según PROEXPORT (2003) el aluminio como envase metálico tiene las siguientes ventajas y desventajas:

### **Ventajas**

Las principales propiedades de los materiales metálicos como materia prima para la fabricación de empaques y embalajes son:

- Resistencia mecánica.
- Ligereza.
- Estanqueidad y hermeticidad.
- Opacidad a luz y radiaciones.
- Conductividad térmica.
- Versatilidad.
- Adecuación para la distribución comercial.
- Posibilidad de reciclaje de materiales.
- Economía de costos. Precio adecuado.
- Reciclabilidad.

### **Desventajas**

Por otra parte, presentan los siguientes inconvenientes, los cuales, de una u otra forma limitan su uso para determinadas aplicaciones:

- Los empaques fabricados a partir de metales son preformados, lo cual representa almacenar y transportar peso y volumen en vacío.
- Por norma general, los proveedores de estos elementos, sólo fabrican empaques estandarizados y normalizados.
- Problemas de corrosión.

## **c.3 Polietileno de Baja Densidad (PEBD)**

Según COGERSA (2014) el PEBD un tipo de plástico utilizado, sobre todo, en aplicaciones que no requieren gran rigidez tales como las bolsas de un solo uso, los embalajes industriales, las lonas de impermeabilización de terrenos y edificios, los acolchamientos agrícolas, los contenedores de residuos, las tuberías, etc. Debido a su buena resistencia eléctrica, también se utiliza para aislar cables, como pueden ser los de las antenas de televisión.



## 2.6.2 REQUERIMIENTOS Y FUNCIONES DEL ENVASE

Algunos de los más importantes requerimientos y funciones generales de los envases según Magret (2002), para los alimentos son los siguientes.

- Ausencia de toxinas y compatibilidad con el alimento.

Es evidente que los alimentos primarios tienen que estar libre de sustancias tóxicas y ser compatible con los alimentos para que no provoquen cambios de color, sabor u otras reacciones químicas extrañas.

- Protección sanitaria

La protección sanitaria significa protección contra la introducción de microorganismos y suciedad. También comprende la resistencia a la penetración de insectos que perforan algunos materiales y a los dientes filosos de los roedores.

- Protección contra pérdidas o aislamiento de humedad y grasa

La protección relacionada con la humedad tiene dos aspectos: el alimento no debe absorber humedad de la atmósfera y los alimentos húmedos no deben perder humedad y resecarse. Hay excepciones como las películas permeables que permiten el escape de la humedad de las hortalizas que respiran. La protección relacionada con las grasas está destinada a impedir que los alimentos grasos como la mantequilla, se filtren por las envolturas. Un material impermeable no es necesariamente impermeable para la grasa, ya que esta puede disolverse a través del material de la envoltura, como un solvente pasa a través de la membrana preselectiva. De igual manera, un material impermeable para la grasa no lo es necesariamente para el agua.

- Protección contra pérdidas o aislamiento de gas y olor

La protección relacionada con gases y olores también funciona en ambos sentidos. Los olores extraños deben ser excluidos, pero los aromas deseables como el aroma del café o la esencia de vainilla deben conservarse. Para que muchos alimentos tengan estabilidad en el almacenamiento hay que excluir de ellos el oxígeno. Pero como en el caso de las hortalizas, hay algunos productos que generan el dióxido de carbono que tiene que escaparse del empaque como es el caso de algunas masas productoras de gases.

- Protección contra luz y transparencia

La transparencia y la protección contra la luz son contradictorias. La transparencia del empaque es deseable porque al consumidor le gusta ver lo que compra. Esto no es problema cuando se trata de alimentos que nos son sensibles a la luz, y la mayoría lo son, aunque sea de un grado muy limitado, la selección del empaque debe hacerse por criterio, tomando en

cuenta la duración probable de la vida de almacenamiento del producto y el grado de daño que provocará la luz durante este período.

- Resistencia a los impactos

La resistencia a los impactos es importante para prevenir que los envases se rompan, lo cual probablemente resultaría en la contaminación del contenido.

- Características especiales

Las características especiales son las que introducen alguna función o propiedad novedosa desde frascos o botellas de aerosol hasta charolas de aluminio divididas en compartimientos para cenas que se calientan y se sirven sin transferirlas del envase.

Esta lista parcial de requerimientos y funciones de los envases bastará para indicar cuanta variedad hay entre ellos, especialmente si se considera que un supermercado tiene en existencia miles de diferentes productos alimenticios. La complejidad del empaque aumenta más aun cuando se trata de productos destinados a experimentos, condiciones más rudas de manejo y almacenamiento que los supermercados con clima artificial. Se puede requerir por ejemplo los envases que resistan a caídas de avión o helicópteros para fines militares o de emergencia o al deterioro provocado por la humedad y los mohos

## **2.7 ALMACENAMIENTO**

En el almacenamiento se busca la conservación de la calidad del producto minimizando los costos para que su valor comercial no sea afectado por sobre costo debido al manejo y deterioro (Pelaéz y Moreno 2005).

El manejo del grano requiere conocer algunas propiedades de éste como también de las condiciones más adecuadas para su conservación. Estas condiciones están determinadas por la temperatura y la humedad del aire, por el contenido de humedad y la temperatura del grano (Pelaéz y Moreno 2005).

Debido a las actividades biológicas (metabolismo, microorganismos e insectos), en el grano se genera calor produciendo un aumento de temperatura que puede dañar el grano, haciendo indispensable el manejo adecuado del producto y del medio ambiente para mantener las condiciones más adecuadas para la conservación durante el almacenamiento (Pelaéz y Moreno 2005).

Las relaciones que hay entre la temperatura, la humedad relativa y el producto hacen necesario un conocimiento más profundo sobre estas dos propiedades del aire y sus efectos sobre el producto (Pelaéz y Moreno 2005).

### **2.7.1 EL AIRE**

El aire que nos rodea es una mezcla de gases, principalmente nitrógeno y oxígeno, denominado aire seco, más una cantidad de agua en forma de vapor. Este vapor proviene tanto de las fuentes de agua como de la actividad de los seres vivientes. El vapor en el aire se comporta como otro gas, de manera que no se detecta su presencia en condiciones normales. Siempre que haya presencia de agua líquida hay presencia de vapor, sin importar la temperatura a la cual se encuentra el líquido; sin embargo, el aire sólo puede “almacenar” una cantidad limitada de vapor. La cantidad máxima de vapor que puede “almacenar” el aire, depende de la temperatura y de la altura sobre el nivel del mar del lugar (Pelaéz y Moreno 2005).

### **2.7.2 CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

Además del intercambio de agua entre el grano y el aire hay un intercambio de calor. El grano genera calor debido a sus procesos biológicos calentando el aire circundante; éste es otro factor que debe tenerse muy en cuenta para adecuar los sitios de almacenamiento. La estrecha relación entre las condiciones del aire y el contenido de humedad del grano, hace imprescindible el control de las condiciones de almacenamiento (Pelaéz y Moreno 2005).

Frecuentemente, aunque el grano tenga un contenido de humedad para conservarse, éste puede deteriorarse debido a cambios de la temperatura y de la humedad relativa (Pelaéz y Moreno 2005).

Cuando se presentan cambios en las condiciones de almacenamiento, el grano es afectado en el contenido de agua buscando el equilibrio con las nuevas condiciones ambientales (Pelaéz y Moreno 2005).

- Si el cambio es una disminución de la temperatura, casi siempre estará acompañado por un aumento de la humedad relativa y el producto almacenado ganará agua para alcanzar el equilibrio; estas variaciones favorecen el deterioro del grano debido a que el incremento

de la humedad relativa hace que los microorganismos e insectos dispongan de más agua, favoreciendo su desarrollo.

- Si hay aumento de temperatura, se presentará además una disminución de la humedad relativa y el grano perderá agua para alcanzar el equilibrio; en este caso no hay riesgos de deterioro del grano, pero sí se puede llegar a presentarse secado del grano con lo que se refiere al efecto económico.
- Las variaciones grandes de temperatura (del orden de 10 °C) dentro de las instalaciones de almacenamiento generan zonas “frías” y zonas “calientes” en el aire y pueden llegar a producir efectos de condensación de vapor en las zonas “frías”. Este puede acentuarse hasta el punto de producir regiones donde el producto sea sobresecado.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN**

El trabajo se realizó en los laboratorios de Análisis Físico Químicos de Alimentos, Microbiología de Alimentos e Investigación, así como en la Planta Piloto de Alimentos pertenecientes a la Facultad de Industrias Alimentarias (FIAL) y La Molina Calidad Total de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).

El tostado y las evaluaciones sensoriales (cata) se realizaron en la planta de procesamiento y en los laboratorios de calidad respectivamente, pertenecientes a la Central de “CaféyCacao” ubicada en San Juan de Lurigancho, Lima.

#### **3.2 MATERIA PRIMA**

- Café pergamino. Este café fue obtenido por vía húmeda y es de cosecha nueva de Tingo María, Huánuco que van de entre 1 200 a 1 800 msnm.
- Café verde obtenido de pilado y pulido del café pergamino.

#### **3.3 MATERIALES**

##### **3.3.1 EQUIPOS**

- Balanza analítica, marca OHAUS, modelo Explorer, precisión 0,1 mg. Capacidad 210g.
- Balanza de precisión marca OHAUS, modelo Scout Pro SP6000. Capacidad 6000g, precisión +/-1g
- Tostador de muestras, marca PROBAT, BRZ, dos tambores. Capacidad .80-130g.
- Mufla HERAEUS, Serie 110, Temperatura máxima 1 000 °C.
- Molino eléctrico, DITTING, Serie K1 800, con mallas de 600 µm.
- Selladora de banda continua, BELURI, Serie FRD-1 000Js horizontal.
- Colorímetro Minolta. Colorímetro marca KONICA MINOLTA, modelo CR-400
- Higrómetro. Model: 303.Nº 15 227. Exactitud de Temperatura: ±1,0 °C.

- Equipo medidor directo de Actividad de agua “Aqualab” Decagon Devicecs. Serie 3.
- Incubadora Simatec regulable de 30 °C a 300 °C
- Equipo de Digestión de Micro- Kjeldahl.
- Equipo Soxhlet.
- Cocinillas.
- Estufas de temperatura controlada, Marca MEMMERT, Temperatura Máx. de 250 °C.
- Estufas Marca “FRAVILL”. Rango de Temperatura 30 – 200 °C. Precisión  $\pm 2$  °C.
- Molino de mortero eléctrico. RM100 Mezcla, tritura y pulveriza por presión y fricción.
- Termómetro LCD digital. Rango: -50-300 °C
- Cronómetro. Modelo DM 001. Precisión 1/100 s hasta 1h.

### **3.3.2 MATERIALES DE LABORATORIO**

- Campana desecadora con Silicagel
- Placas petri
- Placas de metal
- Pipetas 1 y 1,5 ml
- Matraces de 100, 200, 500, 1000 ml
- Probetas de 100 y 250 ml
- Balones
- Pinzas
- Embudos
- Filtros de succión
- Plumilla de 120g
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitado 100, 250 y 500 ml
- Papel de filtro Wahttman N° 1, 2 y 42
- Fiola de 100, 200 y 500 ml
- Crisoles
- Bureta de 25 ml
- Tazas de cata
- Cucharas de cata
- Cuchara

- Etiquetas
- Plumón indeleble

### **3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

#### **3.4.1 ANÁLISIS PARA LA CARACTERIZACIÓN DEL CAFÉ VERDE**

##### **a. HUMEDAD**

Se evaluó la humedad de la muestra mediante el método gravimétrico, diferencias de peso con el extracto seco total según NTP ISO 11924 2001.

##### **b. CENIZAS TOTALES**

La cantidad de ceniza presente en la muestra se determinó en la muestra mediante el método de incineración de la muestra según AOAC 920.93.2005.

##### **c. CARBOHIDRATOS**

Se determinó el contenido de carbohidratos (por diferencia).

##### **d. PROTEÍNA**

Se determinó la cantidad de proteína de la muestra mediante el método Catalyst Kjendhal, considerando 6,25 como factor de conversión de nitrógeno a proteína según AOAC 920.87.

##### **e. GRASA**

Se determinó el contenido de grasa por el método de Soxhlet según AOAC 986.25.

#### **3.4.2 ANÁLISIS FÍSICOS DE LOS EMPAQUES**

##### **a. GRAMAJE**

Se evaluó el gramaje de los envases de yute, superbolsa y trilaminado según ASTM D 751 – 06 (2011).

#### **b. ESPESOR**

Se evaluó el espesor de los envases de yute, superbolsa y trilaminado según NTP ISO 4593 (1998).

#### **c. PERMEABILIDAD**

Se evaluó la permeabilidad al vapor de agua de los envases según la NTP 399.095:1984 (2011).

### **3.4.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL**

Para estos análisis se utilizaron muestras guardadas durante 12 meses con el objetivo de tener resultados a tiempo real. El almacenaje se dio de acuerdo a lo recomendado por el CODEX (2009).

Según las normas sanitarias de la NTS N°071 MINSA/DIGESA (2008) para el producto en estudio se realizarán las siguientes pruebas:

#### **a. RECUENTO DE MOHOS Y LEVADURAS**

El análisis se realizó en los Laboratorios la Molina Calidad Total, el método usado fue ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 120 – 114.

#### **b. RECUENTO DE AEROBIOS MESÓFILOS**

El análisis se realizó en los Laboratorios la Molina Calidad Total, el método usado fue ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 166 – 167.

#### **c. RECUENTO DE COLIFORMES TOTALES**

El análisis se realizó en los Laboratorios la Molina Calidad Total, el método usado fue ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 131 – 134.

### **3.4.4 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL CAFÉ VERDE Y EL CAFÉ PERGAMINO PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL**



#### a. **HUMEDAD**

Se evaluó la humedad de la muestra mediante el método gravimétrico, diferencias de peso con el extracto seco total, recomendado por la AOAC (2006).

#### b. **COLOR**

Se evaluó con el colorímetro Minolta; con cinco repeticiones en el café verde y café pergamino, almacenados en los diferentes envases y tratamientos de acuerdo a lo establecido en las pruebas preliminares tanto para la variable respuesta (García *et al.* 2011) y periodicidad de análisis (García 2008).

#### c. **ACIDEZ**

Se evaluó la acidez titulable usando el método AOAC 920.92 en el café verde y café pergamino, almacenados en los diferentes envases y tratamientos de acuerdo a lo establecido en las pruebas preliminares según la definición de periodicidad de análisis (García 2008).

### **3.3.5 ANÁLISIS SENSORIAL PARA DETERMINAR LA VIDA ÚTIL**

La evaluación se realizó con cuatro catadores Q (catadores entrenados) proporcionados por la empresa Café y Cacao. Se evaluó como menciona la SCAA (2009) a través del puntaje en taza teniendo en cuenta el glosario de atributos sensoriales:

- Fragancia/Aroma
- Sabor Total
- Sabor Residual/Resabio
- Acidez
- Cuerpo
- Balance
- Dulzor
- Taza Limpia
- Uniformidad
- Puntaje del Catador

### **3.5 METODOLOGÍA DE EXPERIMENTACIÓN**

Las evaluaciones microbiológicas se realizaron a tiempo real durante 12 meses con muestras guardadas.

Las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales se realizaron mediante pruebas aceleradas. Las muestras de grano de café verde y café pergamino después de ser almacenadas a tres diferentes temperaturas: 40, 50, 60 °C en los envases: yute, superbolsa (polietileno extruido) más yute y en trilaminado (PET, aluminio y PEBD) se les realizó las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales. Para la evaluación sensorial las muestras fueron tostadas y molidas siendo calificadas por cuatro catadores.

La metodología experimental de las evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales que se realizó se muestra en el Cuadro 13.

**Cuadro 13: Evaluaciones fisicoquímicas y sensoriales mediante pruebas aceleradas.**

	<b>Temperatura de almacenamiento (° C)</b>	<b>Días de Muestreo</b>	<b>Tiempo de almacenamiento (días)</b>
E1: Café pergamino envasado yute	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48
	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25
E2: Café pergamino envasado en yute más superbolsa.	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48
	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25
E3: Café pergamino envasado en trilaminado	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48
	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25
E4: Café verde envasado yute	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48
	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25
E5: Café verde envasado en yute más superbolsa	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48

	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25
E6: Café pergamino envasado en trilaminado	40	0,11,21,33,4 1,59,69,81	81
	50	0,7,11,18,25, 33,39,48	48
	60	0,4,7,11,14,1 8,21,25	25

El Esquema del diseño experimental se muestra en el Cuadro 14.

**Cuadro 14: Esquema del diseño experimental**

INICIO:	PROCESO DE ALMACENAJE	FIN
<p>Materia prima: GRANO DE CAFÉ CON PERGAMINO</p>	<pre> graph LR     A[Materia prima: GRANO DE CAFÉ CON PERGAMINO] --&gt; B[CAFÉ PERGAMINO (GRANO DE CAFÉ CON PERGAMINO)]     A --&gt; C[CAFÉ VERDE (GRANO DE CAFÉ SIN PERGAMINO)]     B --&gt; D[YUTE]     B --&gt; E[YUTE MÁS SUPERBOLSA]     B --&gt; F[TRILAMINADO]     C --&gt; G[YUTE]     C --&gt; H[YUTE MÁS SUPERBOLSA]     C --&gt; I[TRILAMINADO]     D --&gt; D40[T° 40]     D --&gt; D50[T° 50]     D --&gt; D60[T° 60]     E --&gt; E40[T° 40]     E --&gt; E50[T° 50]     E --&gt; E60[T° 60]     F --&gt; F40[T° 40]     F --&gt; F50[T° 50]     F --&gt; F60[T° 60]     G --&gt; G40[T° 40]     G --&gt; G50[T° 50]     G --&gt; G60[T° 60]     H --&gt; H40[T° 40]     H --&gt; H50[T° 50]     H --&gt; H60[T° 60]     I --&gt; I40[T° 40]     I --&gt; I50[T° 50]     I --&gt; I60[T° 60]     </pre>	<p>Mejor muestra</p>
<p>Análisis Proximal Capacidad Antioxidante Análisis Microbiológico</p>	<p>Evaluación Sensorial-Café Tostado % Humedad-Café Verde Acidez-Café Verde Color-Café Verde Análisis Microbiológico-Café Verde</p>	<p>Análisis Microbiológico</p>

Para determinar el tiempo de vida útil se consideró al porcentaje de humedad, la acidez expresada en ácido clorogénico, el vector color y la evaluación sensorial como factores de calidad.

### **3.5.1 FACTOR DE CALIDAD COLOR**

#### **a. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE COLOR**

La determinación del color se realizó con el colorímetro con 5 repeticiones, siguiendo el procedimiento descrito en el manual de procedimiento del equipo. Se utiliza la escala L-a-b del método Hunter Lab para definir el color del café.

Se calibra el equipo antes del inicio de cada medición con una placa de color blanca, a continuación, se coloca la muestra de café verde molido en una placa de petri y se lee directamente los valores dados por el equipo; donde L indica la luminosidad y el grado de oscurecimiento, a indica la porción del color rojo al verde y b indica la porción del color amarillo al azul.

Debido a que la medición de color se puede representar como un punto ubicado en el espacio, es decir, con ejes L, a y b, y colocado en la sección positiva del mismo, se pueden calcular los vectores correspondientes a cada muestreo utilizando la Ecuación 6:

$$Vector = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2} \dots \dots \dots Ecuación 6$$

Se evaluó el vector versus el tiempo de almacenamiento aplicándose modelo de Arrhenius.

#### **b. ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL**

Se evaluó el vector del color verde versus el tiempo de almacenamiento, y ln (color) versus el tiempo de almacenamiento, para determinar el orden de reacción a las diferentes temperaturas.

Se realizó una regresión de los valores del vector de color versus el tiempo de almacenamiento, de acuerdo al orden de reacción que presente, para determinar el valor de k (constante de velocidad de reacción) a cada temperatura. El valor límite se obtuvo de los

valores planteados en la literatura para L será 30 +/- 10 para las coordenadas a y b serán 1,2+/-0,3 y 12+/-2 respectivamente que proporcionaron un vector limitante de 32,33326.

Se estableció una relación entre los valores de k determinados y la temperatura de cada tratamiento. A partir de la ecuación de Arrhenius transformada a su forma neperiana o linealizada, se graficó esta relación.

De la gráfica, una ecuación lineal, se hallará el valor de Ea (Energía de Activación), y se determinó el valor k a 20 °C (condiciones ambientales).

Reemplazando el valor de k a 20 °C y el valor límite, se despejará el término independiente, que es tiempo de almacenamiento (en días) en la ecuación de cinética de la reacción y de esta manera se estimará el tiempo de vida útil del café verde y café pergamino a las condiciones de almacenamiento (20 °C).

### **3.5.2 FACTOR DE CALIDAD ACIDEZ**

#### **a. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE ACIDEZ**

Se evaluó la acidez titulable expresada en ácido clorogénico con dos repeticiones. El valor límite para la acidez que se usó es el 3 por ciento porcentaje de ácido clorogénico según los datos encontrados en la literatura.

#### **b. ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL**

Se realizó una regresión de los valores de acidez expresados en ácido clorogénico versus el tiempo de almacenamiento, de acuerdo al orden de reacción que presente, para determinar el valor de k (constante de velocidad de reacción) a cada temperatura.

Se estableció una relación entre los valores de k determinados y la temperatura de cada tratamiento. A partir de la ecuación de Arrhenius transformada a su forma neperiana, logarítmica o linealizada, se graficó esta relación.

De la gráfica, una ecuación lineal, se hallará el valor de Ea (Energía de Activación), y se determinará el valor k a 20 °C (condiciones ambientales).

Reemplazando el valor de  $k$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el valor límite, se despejará el término independiente, que es tiempo de almacenamiento (en días) en la ecuación de cinética de la reacción y de esta manera se estimará el tiempo de vida útil del café verde y pergamino en los tres diferentes envases para las condiciones de almacenamiento ( $20^{\circ}\text{C}$ ).

### **3.5.3 FACTOR DE CALIDAD EVALUACIÓN SENSORIAL (CATA)**

#### **a. ANÁLISIS DE LOS DATOS DE LA CATA**

De acuerdo a SCAA (2009), se evaluó el promedio aritmético del puntaje total de cada uno de los cuatro catadores evaluado en el tiempo de almacenamiento, y  $\ln$  (promedio final) versus el tiempo de almacenamiento, para determinar el orden de reacción a las diferentes temperaturas. El valor límite es 60 puntos para calidad comercial.

#### **b. ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL**

Se realizó una regresión de promedio final versus el tiempo de almacenamiento, de acuerdo al orden de reacción que presente, para determinar el valor de  $k$  (constante de velocidad de reacción) a cada temperatura.

Se estableció una relación entre los valores de  $k$  determinados y la temperatura de cada tratamiento. A partir de la ecuación de Arrhenius transformada a su forma neperiana o linealizada, se graficó esta relación.

De la gráfica, una ecuación lineal, se hallará el valor de  $E_a$  (Energía de Activación), y se determinará el valor  $k$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  (condiciones ambientales).

Reemplazando el valor de  $k$  a  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  y el valor límite, se despejará el término independiente, que es tiempo de almacenamiento (en días) en la ecuación de cinética de la reacción y de esta manera se estimará el tiempo de vida útil del café verde y pergamino en los tres diferentes envases para las condiciones de almacenamiento ( $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### **3.5.4 FACTOR DE CALIDAD HUMEDAD**

#### **a. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Las muestras se acondicionaron para la evaluación siendo necesaria una previa molienda.

Se evaluó la humedad de las muestras de café verde y café pergamino mediante el método gravimétrico, diferencias de peso con el extracto seco total, recomendado por la AOAC (1998) con tres repeticiones siendo el valor estudiado el promedio aritmético de las repeticiones. El valor crítico usado fue el 8 por ciento de acuerdo a lo encontrado en la literatura.

#### **b. ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL**

Se realizó una regresión de los valores del porcentaje de humedad versus el tiempo de almacenamiento, de acuerdo al orden de reacción que presente, para determinar el valor de  $k$  (constante de velocidad de reacción) a cada temperatura.

Se estableció una relación entre los valores de  $k$  determinados y la temperatura de cada tratamiento. A partir de la Ecuación de Arrhenius transformada a su forma neperiana o linealizada, se graficó esta relación.

De la gráfica, una ecuación lineal, se hallará el valor de  $E_a$  (Energía de Activación), y se determinará el valor  $k$  a 20 °C (condiciones ambientales).

Reemplazando el valor de  $k$  a 20 °C y el valor límite, se despejará el término independiente, que es tiempo de almacenamiento (en días) en la ecuación de cinética de la reacción y de esta manera se estimará el tiempo de vida útil del café verde y pergamino en los tres diferentes envases para las condiciones de almacenamiento (20 °C).

Una vez hallados los tiempos útiles para los tres envases en el café verde y café pergamino, se realizó las pruebas estadísticas planteadas.

#### **3.5.5 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE CALIDAD LIMITANTE**

Los análisis físicos, químicos y microbiológicos, realizados al producto en estudio, son indicadores de deterioro por lo que uno podría ser el factor limitante o delimitante, mientras que el resto solo serían parámetros de control a través del tiempo.



El tiempo de vida útil del café verde y el café pergamino se determinó comparando todos los tiempos de vida útil obtenidos por cada evaluación del físico química y sensorial en cada envase, el tiempo de vida útil es el menor valor siendo este el factor de calidad limitante.

### **3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL**

Los empaques de café verde y café pergamino se almacenaron usando un diseño básico que consiste en almacenar un lote de muestras en condiciones seleccionadas e ir haciendo un muestreo en los tiempos prefijados

Para la siguiente investigación se trabajó con el Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial, porque se realizó con un factor intersujeto y dos factores intrasujetos y la interacción entre ellas.

El factor intersujeto es la variable independiente que se evalúa en grupos paralelos. En la investigación el factor intersujeto que se evaluó es el café con sus dos grupos: café verde y café pergamino que se evaluaron en el café en forma paralela.

Los factores intrasujetos son las variables independientes que se evalúa en un solo grupo de forma repetida en el tiempo. En la investigación los factores intrasujetos son: la temperatura con tres niveles: 40, 50 y 60 °C; y el empaque con tres niveles: yute, superbolsa (polietileno extruido) más yute y en empaque trilaminado de PET, aluminio y PEBD.

Las variables respuestas, es decir, las variables dependientes cuantitativas fueron: el vector color, acidez titulable, evaluación sensorial, y humedad.

#### **3.6.1 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Los datos obtenidos durante las pruebas de almacenamiento acelerado según los factores de calidad evaluados para cada prueba (color, acidez titulable, evaluación sensorial, y humedad) se analizó estadísticamente con el apoyo del programa IBM SSPS STADISTIC 22 cada factor de calidad, usando el ANVA con el propósito de determinar si existen diferencias significativas entre los dos tipos de café (el grano de café con pergamino y sin pergamino), los tipos de empaques (yute, yute más superbolsa y trilaminado) y las tres temperaturas (40, 50 y 60 °C).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DEL CAFÉ VERDE

Los resultados de los análisis realizados en la caracterización del café verde se muestran en el Cuadro 15.

**Cuadro 15: Análisis realizados al café verde 100g de producto en base húmeda**

COMPONENTE	RESULTADO (*)
Humedad (%)	9,2±0,014
Cenizas (%)	4±0,057
Proteína (%)	14,3±0,049
Carbohidratos (%)	60±0,014
Grasa (%)	12,5±0,021

(\*) media ± desviación estándar

Para Díaz (2012) el café verde orgánico del Perú se encuentra dentro de un rango de humedad de 9,5 hasta 11,9 por ciento y el café verde convencional desde 11,9-14,4 por ciento. El valor de la humedad de la materia prima en estudio se encuentra dentro del rango de todos los valores hallados en la literatura, aunque la NTP 209.027 (2007); establece como valor aceptable 10-12,5 por ciento; este valor relativamente bajo se puede deber a que los agricultores realizan un secado en exceso durante el beneficio del café verde.

Para Puerta (2011) el contenido de cenizas es mayor en el café Robusta que en el Arábica, y mayor en granos obtenidos del beneficio seco que en el beneficio húmedo, la materia prima utilizada se obtuvo por medio de beneficio húmedo y es café Arábica.

El porcentaje de cenizas para la materia prima en estudio fue de 4,4 por ciento (base seca) siendo menor al porcentaje máximo de cenizas permitido por la NTP 209.028 (2015), 5 por ciento (base seca).

En cuanto al porcentaje de proteína presentó un valor alto de 14,3 por ciento que se encuentra dentro de los rangos dados por la literatura. Según Sivetz (1963), citado por García (1989), las proteínas son el origen del aroma del café, el cual es derivado de la pirólisis de los compuestos volátiles durante el tostado.

El valor hallado en la presente investigación es de 60 por ciento, valor superior a los hallados en la literatura. De ello se supone que los contenidos de aromas y aldehídos en el café tostado serán altos, ya que la sucrosa y los azúcares reductores, que forman parte de los carbohidratos, en las reacciones de pirólisis se hidrolizan dando compuestos pequeños, y precursores del aroma y sabor a café tostado como lo menciona Chocano y Gutiérrez (2001).

Los valores de grasa también se encuentran dentro del rango propuesto por diferentes autores, algunos autores estiman que la presencia es capaz de influenciar la conservación de sus cualidades organolépticas (Valle *et. al.* 1999).

Puerta (2011) menciona que los lípidos se oxidan en condiciones de oxígeno, luz, altas temperaturas y presencia de metales catalizadores, así se rompen los enlaces insaturados, se forman radicales libres y se producen aldehídos, cetonas y alcoholes que, en general, tienen olores desagradables, como el rancio. Para controlar la oxidación de los lípidos en el café es necesario almacenar los granos en condiciones frescas y secas, sin luz directa.

En el Cuadro 16 se muestra la capacidad antioxidante de cafés verdes provenientes de diferentes cooperativas, ubicados en diferentes lugares del Perú, pertenecientes a la empresa Café&Cacao del Perú.

**Cuadro 16: Capacidad Antioxidante de diferentes cafés en el Perú**

<b>Cooperativas en el Perú</b>	<b>Capacidad Antioxidante* Expresado en <math>\mu\text{mol}</math> de trolox E/g de muestra</b>
<b>Cajamarca</b>	10131,1 $\pm$ 4,313
<b>Pichanaki</b>	7818,4 $\pm$ 6,435
<b>Perenne</b>	9459,3 $\pm$ 33,658
<b>Incahuasi</b>	9578,6 $\pm$ 20,930

(\*) media  $\pm$  desviación estándar

Pérez *et.al.* (2013) evaluó diferentes variedades de café verde, encontrando para el café Arábica Caracol verde un valor de 813,51  $\mu\text{mol}$  de eq. trolox/g de muestra, y para el Caracolillo 938,58  $\mu\text{mol}$  de eq. trolox/g de muestra valores muy cercanos a los resultados obtenidos de diferentes cooperativas evaluadas.

#### 4.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS ENVASES

Los resultados de las evaluaciones a los diferentes envases se muestran en el Cuadro 17. Los análisis tuvieron el objetivo de caracterizar los diferentes envases, y manifestar las diferencias entre propiedades.

**Cuadro 17: Evaluaciones realizadas a los envases**

ANÁLISIS	YUTE	SUPERBOLSA	TRILAMINADO
Espesor ( $\mu\text{m}$ )	285,10 $\pm$ 0,360	77,61 $\pm$ 0,286	109,49 $\pm$ 4,096
Gramaje ( $\text{g}/\text{m}^2$ )	775,61 $\pm$ 0,648	74,77 $\pm$ 0,488	121,85 $\pm$ 0,014
Densidad ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	-----	0,96 $\pm$ 0,004	-----
Permeabilidad al Vapor de Agua ( $\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot 24\text{h}$ )	-----	0,0078 $\pm$ 0,00012	0,0000 $\pm$ 0,000

Se observa en la Cuadro 17, para el envase de yute los resultados del espesor dependerán de la fibra usada para su elaboración; en cuanto al valor del gramaje obtenido es cercano a 815.56 ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) mencionado por la NTP 231.063 (1985).

En el Cuadro 17 se observa también que los valores reportados para el envase superbolsa son cercanos a los datos proporcionados por la empresa que se puedan observar en el Cuadro 12.

La densidad para la superbolsa fue 0,96 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) valor que se encuentra entre los valores 0,94-0,96 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ) por lo que la superbolsa es de polietileno es de alta densidad.

El envase trilaminado no presenta permeabilidad por tener aluminio en su composición, y el envase superbolsa tiene baja permeabilidad, el yute es altamente permeable debido a que solo es un contenedor.

### 4.3 RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

Los resultados microbiológicos se encuentran en el Cuadro 18 para el café pergamino y en el Cuadro 19 para el café verde. Cornejo (2012) menciona que los controles microbiológicos fueron diseñados con la finalidad de proteger la salud de los consumidores. Esto es particularmente importante cuando se efectúan evaluaciones sensoriales, donde se debe tener especial cuidado en asegurar que los riesgos sean minimizados, es por ello que se realizó la evaluación microbiológica a tiempo real durante el estudio almacenándose en un lugar limpio, fresco y seco, de acuerdo a lo recomendado por el CODEX durante 12 meses en una humedad relativa de 60-65 por ciento para realizar la prueba en diferentes tiempos.

En el Cuadro 18 se presentan los resultados de la evaluación microbiológica del café pergamino.

**Cuadro 18: Resultados de ensayos microbiológicos para el café pergamino.**

ENSAYO	CAFÉ PERGAMINO			
	Mes 0	Mes 4	Mes 8	Mes 12
<b>Mohos (UFC/g)</b>	<10 Estimado	50 Estimado	50 Estimado	90 Estimado
<b>N. Levaduras (UFC/g)</b>	<10 Estimado	<10 Estimado	<10 Estimado	<10 Estimado
<b>N. de Coliformes (NMP/g)</b>	<3	<3	<3	<3
<b>N. Aerobios Mesófilos (UFC/g)</b>	60 Estimado	80 Estimado	80 Estimado	100 Estimado

Se observó que en el recuento de mohos y levaduras aumentó a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, lo permitido por la NTS 071, establece un límite aceptable de 100 UFC/g y el límite inaceptable de 1 000 UFC/g tanto para mohos como para levaduras. Los resultados para el café pergamino se encuentran dentro de los límites aceptables de la norma.

En el Cuadro 19 se muestran los resultados de la evaluación microbiológica del café verde.

**Cuadro 19: Resultados de ensayos microbiológicos para el café verde.**

ENSAYO	CAFÉ VERDE			
	Mes 0	Mes 4	Mes 8	Mes 12
<b>N. Mohos (UFC/g)</b>	<10 Estimado	40 Estimado	60 Estimado	100 Estimado
<b>N. Levaduras (UFC/g)</b>	<10 Estimado	<10 Estimado	<10 Estimado	<10 Estimado
<b>N. de Coliformes (NMP/g)</b>	<3	<3	<3	<3
<b>N. Aerobios Mesófilos (UFC/g)</b>	100 Estimado	100 Estimado	120 Estimado	140 Estimado

Al igual que en el café pergamino se observó que en el recuento de Mohos y Levaduras aumentó a medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, el café pergamino también cumple con lo estipulado en la NTS 071.

La patogenicidad de ciertos microorganismos es la mayor preocupación del procesamiento y manejo de los alimentos. La presencia de mohos y su crecimiento podría traer como consecuencia una apariencia y sabores indeseables (Man y Jones 1997, citado por Saavedra 2009).

Según la NTS 071 punto XIV. 4 para los frutos secos o semillas se debe realizar también la prueba de *Escherichia coli* que establece un límite aceptable de 10 UFC/g y el límite inaceptable de 100 UFC/g. Para el café verde y el café pergamino se realizó una prueba más general que es la de N. de Coliformes (NMP/g) y para ambas muestras el resultado se encuentra dentro del límite aceptable durante todo el estudio el estudio.

Se realizó también la prueba de Número de. Aerobios Mesófilos (UFC/g) tanto para el café verde y el café pergamino, según la NTS 071 dentro del ítem XVI. Frutos, hortalizas, frutos secos y otros vegetales establece un límite aceptable de  $10^4$  UFC/g y el límite inaceptable de  $10^6$  UFC/g y para ambas muestras el resultado se encuentra dentro del límite aceptable al durante todo el estudio el estudio.

El recuento de microorganismos aerobios mesófilos, en condiciones establecidas, estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria de los productos analizados, indicando además de las condiciones higiénicas de la materia prima, la forma como fueron manipulados durante su elaboración, como lo menciona Pascual (2000), por lo que podemos mencionar que el procesamiento para la obtención del café verde y café pergamino se realizó en óptimas condiciones.

El almacenamiento del café verde y el café pergamino fue en envase yute por ser el envase más usado en la industria cafetalera.

El crecimiento de determinado microorganismo durante el almacenamiento depende de muchos factores, pero los más importantes son: recuento microbiano al inicio del almacenamiento, propiedades fisicoquímicas del alimento; tales como: contenido de humedad, pH, presencia de preservantes; el método usado para el procesamiento del alimento y condiciones de almacenamiento del producto (Kilcast y Subramanian 2000, citado por Saavedra 2009). Por lo expuesto el crecimiento microbiano en el café verde y en el café pergamino durante el estudio fue el óptimo.

#### **4.4 ESTIMACIÓN DE TIEMPO DE VIDA ÚTIL**

En la presente investigación se estudió el tiempo de vida útil del café verde y café pergamino mediante pruebas aceleradas en diferentes empaques para determinar su influencia en la calidad final del café.

La estimación de tiempo de vida útil se realizó mediante pruebas aceleradas porque como lo menciona Bello (2000), este método es útil para disminuir el tiempo dedicado a los ensayos de estimación cuando se estudia en productos no perecederos. Las pruebas aceleradas se basan en someter al producto a condiciones de almacenamiento que precipitan las condiciones de deterioro, que puede ser la temperatura, presión parcial de oxígeno y/o contenido de humedad alto.

Bello (2000) menciona también que mediante estos modelos matemáticos que describan el efecto de la condición seleccionada, es posible estimar la durabilidad de las condiciones normales de almacenamiento con un grado de aceptación más o menos aceptables y con el consiguiente ahorro de tiempo y de recursos. Razón por la cual se planteó la presente investigación en el café verde y café pergamino.

Para estimar el tiempo de vida útil del café verde o pergamino se utilizó los factores de calidad fisicoquímicos de color, acidez y humedad y así como también con la “prueba de la taza” para determinar la calidad sensorial u organoléptica a base de apreciaciones en el sabor, aroma, cuerpo y sabores subsidiarios para un café especial.

Se estudió el color como factor de calidad determinando el valor de 32,3332 como vector color crítico de acuerdo a los valores ofrecido por Ribeiro *et al.* (2011) en sus investigaciones.

De acuerdo a los resultados estadísticos para el color a un nivel de significancia del 5 por ciento existe diferencias estadísticamente significativas debido a que el valor de  $p(0,003)$  es menor que el nivel de significación 0,05 en la interacción del tipo de empaque y temperatura con el tipo de café es decir el comportamiento de la variable respuesta color no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40, 50 o 60 °C y además no se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde como se ven en las Figuras 9 y Figura 27. Los resultados estadísticos se presentan detalladamente en el Anexo 1.

En cuanto a la evaluación de la acidez se usó el método de titulación porque como menciona Bello (2000) la acidez puede ser medida por titulación con un álcali hasta un punto final que depende del indicador seleccionado y el resultado se puede expresar en términos de un ácido particular. Siendo la principal desventaja como menciona el mismo autor que en el calor de la titulación no indica si los ácidos que están presentes son fuertes o débiles. Sin embargo, si la titulación se sigue potenciométricamente, la curva de titulación que se gráfica puede dar información sobre la fuerza relativa de los ácidos presentes. Para siguientes investigaciones sería más ventajoso conocer la actividad del ion hidrógeno que es de mayor utilidad que la acidez titulable porque durante la conservación de alimentos y el deterioro de estos, pueden presentarse cambios debidos a la acción enzimática y al desarrollo de microorganismos. La intensidad de estos cambios es influida marcadamente por la concentración del ión hidrogeno, más que por la acidez titulable.

Se estudió la acidez expresado en ácido clorogénico como factor de calidad para el café verde y el café pergamino, siendo el valor de 3 por ciento como ácido clorogénico, siendo el valor más bajo encontrado en la literatura.



En los granos de café se han hallado más de 40 ácidos clorogénicos, en especial ésteres del ácido quínico como el cafeoilquínico, dicafeoilquínicos, fenolquinínico. Los granos de café inmaduros contienen generalmente más ácido dicafeoilquínico que los maduros, y los granos sanos mayor cantidad de ácidos clorogénicos (Puerta 2011) es por ello que la evaluación de acidez en función al tiempo se realizó expresado en ácido clorogénico.

Materka y Perucka, (2005) mencionan que los compuestos fenólicos (ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido ferúlico, etc.) producidos por las plantas son el resultado de la adaptación a las condiciones de estrés biótico y abiótico (infección, heridas, estrés por agua, estrés por frío, elevada luz visible). Por lo tanto, las diferencias en la composición fenólica y la actividad antioxidante de los cafés de diferentes orígenes se pueden deber a los factores ambientales a los que está sometida la planta de café. Ello explicaría los diferentes porcentajes de ácido clorogénico encontrados en la literatura.

De acuerdo a los resultados estadísticos para la acidez a un nivel de significancia del 5 por ciento existe diferencias estadísticamente significativas debido a que el valor de  $p(0,021)$  es menor que el nivel de significación 0,05 en la interacción del tipo de empaque y temperatura con el tipo de café es decir el comportamiento de la variable respuesta acidez no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40, 50 o 60 °C y además no se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde como se ven en las Figuras 10 y Figura 28. Los resultados estadísticos se presentan detalladamente en el Anexo 2.

Se estudió el porcentaje de humedad como factor de calidad para el café verde y el café pergamino, siendo el valor de 8 por ciento como el porcentaje de humedad crítica porque como lo menciona el CCI (2015), el secado excesivo también afecta al tostado del café. El café con un grado de humedad de hasta solo el 8 por ciento puede sorprender a los tostadores de cafés especiales. Y la razón es que estos cafés tienden a tostarse a fondo con mucha mayor rapidez de lo que esperan los tostadores.

CCI (2015) afirma también que el exceso de secado cuesta dinero. Esto hace que sea tan grave como un secado insuficiente: no solo se pierde peso, y por lo tanto dinero, sino que también se traduce una calidad inferior de la infusión. Cuando la humedad baja más del 10 por ciento, el aroma, la acidez y la frescura empiezan a evaporarse y con una humedad del 8

por ciento o menos, estas han desaparecido completamente. Por este motivo el valor de 8 por ciento de humedad es humedad crítica del producto.

De acuerdo a los resultados estadísticos para la humedad a un nivel de significancia del 5 por ciento no existe diferencias estadísticamente significativas debido a que el valor de  $p(0,608)$  es mayor que el nivel de significación 0,05 en la interacción del tipo de empaque y temperatura con el tipo de café es decir el comportamiento de la variable respuesta humedad es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40, 50 o 60 °C y además se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde. Estos resultados se pueden explicar porque los envases superbolsa y trilaminado son impermeables y los resultados son constantes en el tiempo. Por lo que tampoco se puede evaluar de forma adecuada la velocidad de deterioro a diferentes temperaturas por ende no se podría estimar el tiempo de vida útil usando este factor de calidad humedad. Los resultados estadísticos se presentan detalladamente en el Anexo 4.

Para el factor sensorial es importante tomar en cuenta la variedad de factores que influyen en el café tostado, sobre ello Illy y Viani (2005), citados por Bhumiratana *et al.* (2011) señalan que, a pesar de partir de una misma materia prima, pueden obtenerse experiencias sensoriales distintas de la bebida del café. Ellos mencionaron que existen seis factores que afectan las propiedades sensoriales de la bebida de café que son: variedad de planta, región de cultivo (condiciones de crecimiento), método de procesamiento (desde el fruto del cafeto al café verde), tipo de tostado, grado de molienda, y preparación de la bebida del café, es por ello la importancia de la evaluación de los otros factores de calidad que se dan en el café verde o pergamino.

Se estudió el puntaje de catación como factor de calidad para el café verde y el café pergamino, siendo el valor de 80 puntos como valor crítico ya que debajo de este valor el café se deja de considerar un café especial según la SCAA (2009).

De acuerdo a los resultados estadísticos para la evaluación sensorial o cata a un nivel de significancia del 5 por ciento existe diferencias estadísticamente significativas debido a que el valor de  $p(0,000)$  es menor que el nivel de significación 0,05 en la interacción del tipo de empaque y temperatura con el tipo de café es decir el comportamiento de la variable respuesta cata no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C y además no se comporta de la

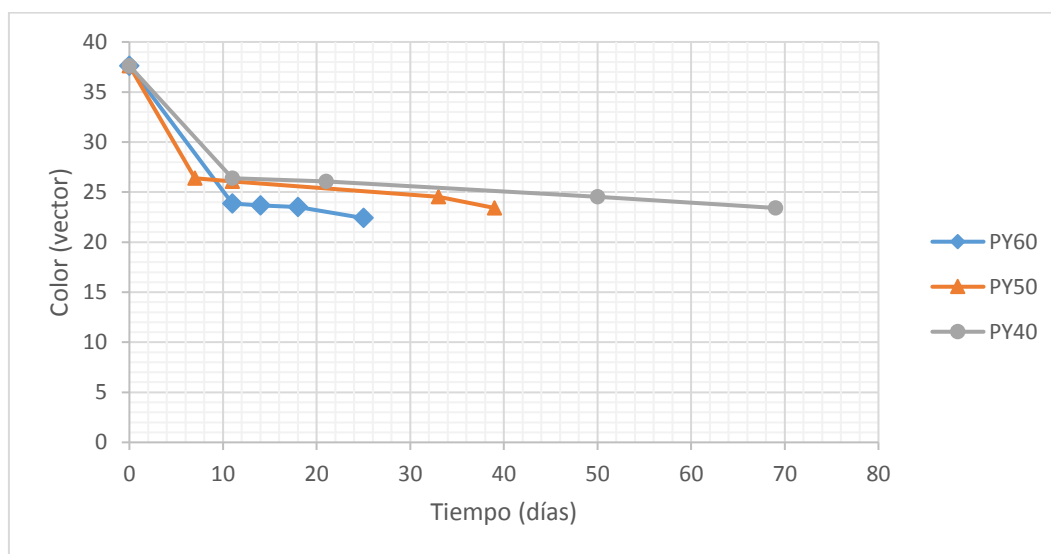
misma forma en el café pergamino y en el café verde como se ven en las Figuras 11 y Figura 29. Los resultados estadísticos se presentan detalladamente en el Anexo 3.

A continuación, se presenta la estimación de tiempo de vida útil utilizando métodos acelerados para los diferentes empaques en el café pergamino y en el café verde teniendo en cuenta los factores de calidad que tengan diferencias estadísticamente significativas. Los resultados detallados de las variables fisicoquímicas y sensoriales se encuentran en los Anexos del 1 al 4. Estos resultados permiten construir desde Figuras 9 hasta la Figura 44 así como desde el Cuadro 20 hasta el Cuadro 47.

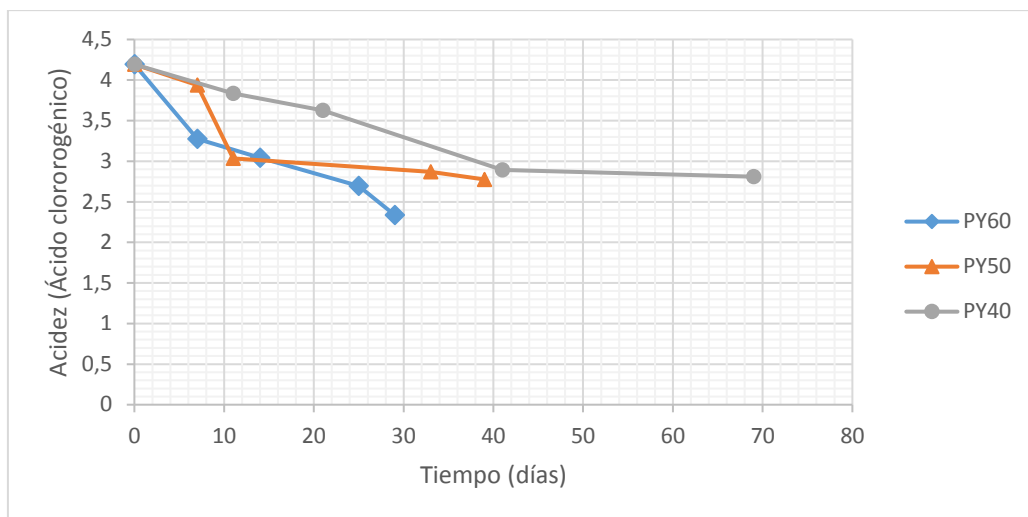
#### 4.4.1 PERGAMINO

##### a. YUTE

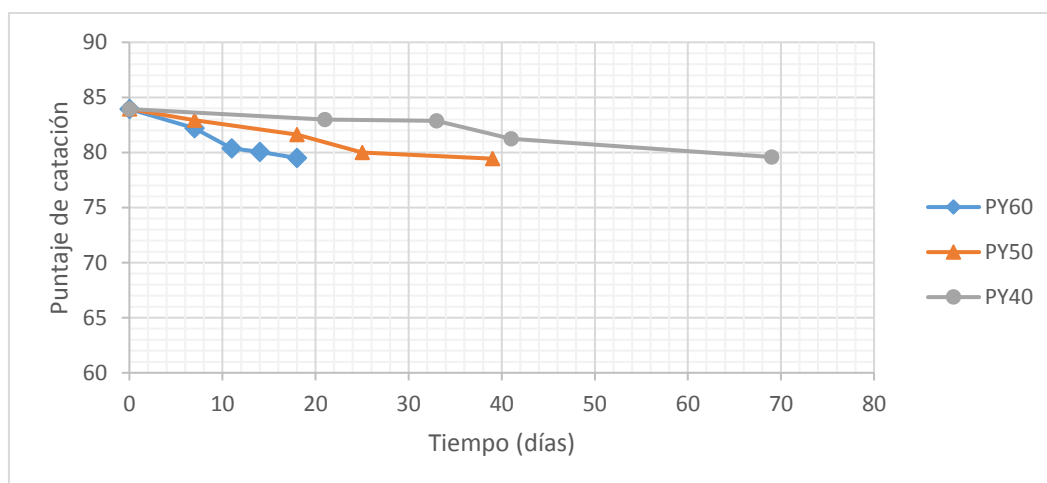
Las Figuras 9, 10 y 11 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café pergamino envasado en yute.



**Figura 9: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute.**



**Figura 10: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute.**



**Figura 11: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en yute.**

En las Figuras 9, 10 y 11 se muestra un cambio significativo para los factores de calidad del café pergamino envasado en yute a través del tiempo de almacenamiento. La razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas.

En el Cuadro 20 se determinó el orden de la reacción para cada atributo estudiado, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café pergamino en el envase yute a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Cuadro 20: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C.**

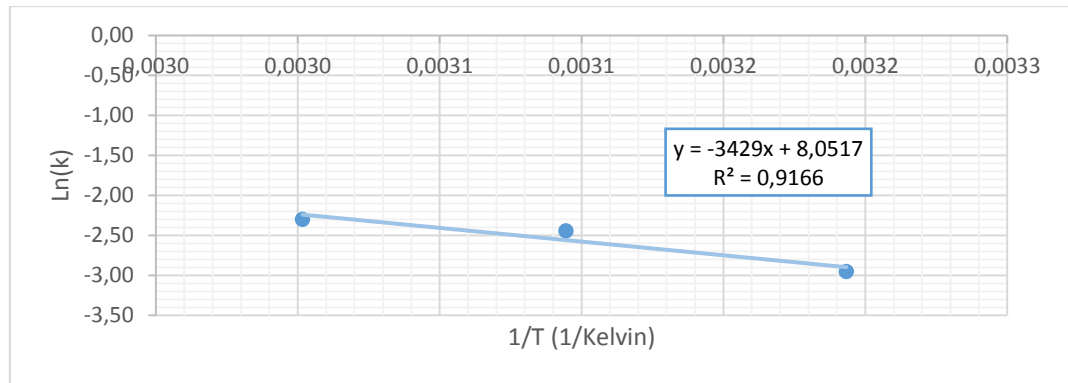
T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,052	-0,002	-0,036	-0,010	-0,100	-0,001
	Intercepto	27,072	3,301	4,233	1,455	84,242	4,434
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,995	0,994	0,966	0,955	0,911	0,908
	Linealidad	SI	NO	SI	NO	SI	NO
50	Pendiente	-0,087	-0,003	-0,072	-0,022	-0,193	-0,002
	Intercepto	35,800	3,579	4,179	1,443	83,946	4,430
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,949	0,944	0,905	0,922	0,967	0,968
	Linealidad	SI	NO	NO	SI	NO	SI
60	Pendiente	-0,100	-0,004	-0,101	-0,032	-0,260	-0,003
	Intercepto	25,414	3,240	4,121	1,432	83,808	4,429
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,949	0,946	0,987	0,992	0,960	0,961
	Linealidad	SI	NO	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 0</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>	

En el Cuadro 21 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el color como factor de calidad estudiado al café pergamino envasado en yute

**Cuadro 21: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en yute.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (1/K)	Ln(k)
40	0,05214	0,00319	-2,95384
50	0,08673	0,00309	-2,44499
60	0,10026	0,00300	-2,30002

En la Figura 12 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en yute para la propiedad de color.



**Figura 12: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino empacado en yute.**

La Figura 12 corresponde a la linealización del modelo de Arrhenius, el cual está representado por la siguiente expresión:

$$k = k_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad \Rightarrow \quad \ln(k) = \ln(k_0) - \frac{Ea}{R} \times \frac{1}{T}$$

...Ecuación 7

La pendiente y el intercepto de la Figura 12 permitió calcular los valores de los parámetros Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia (k<sub>0</sub>):

$$Ea = -3429 \times R \left( \frac{J}{mol \cdot Kelvin} \right) = -3429 \times \frac{8,314}{1000} \left( \frac{KJ}{mol \cdot Kelvin} \right) = 28,51 \left( \frac{KJ}{mol} \right)$$

$$k_0 = e^{8,017} = 3139,1233$$

Con estos valores se puede predecir el tiempo de vida de útil para el café pergamino almacenado en yute a cualquier temperatura de almacenamiento.

La temperatura normal de almacenamiento podría fijarse alrededor de 20 °C, para esta la constante de velocidad de reacción para el café pergamino en cuestión se calculó reemplazando los valores de energía de activación y constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia en la ecuación 7:

$$k_{20} = 3139,1233 \times e^{-\frac{28,51 \times 1000 (J/mol)}{8,314 (J/mol \cdot K)} \times \frac{1}{20+273,15} \left( \frac{1}{K} \right)} = 0,02611$$

Para calcular el tiempo de vida útil se consideró el orden de reacción cero, que obedece a la ecuación 8.

$$\text{Atributo final} = \text{Atributo inicial} + k_{20} \times \text{tiempo(días)}$$

...Ecuación 8

$$\text{Color final} = \text{Color inicial} - k_{20} \times \text{tiempo(días)}$$

$$32,33 = 37,62 - 0,02611 \times \text{tiempo(días)}$$

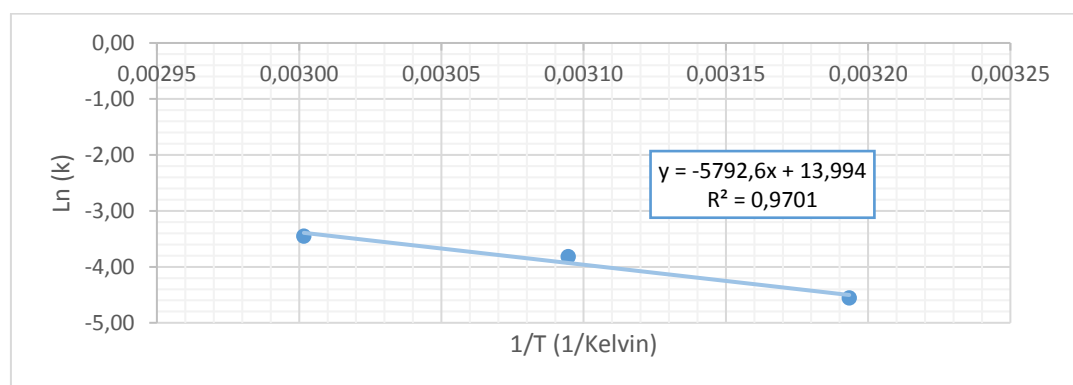
$$t = 202,4 \text{ días} = 6,75 \text{ meses}$$

En el Cuadro 22 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de acidez estudiado al café pergamino envasado en yute.

**Cuadro 22: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café pergamino envasado en yute.**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,01048	0,00319	-4,55788
50	0,02196	0,00309	-3,81844
60	0,03172	0,00300	-3,45088

En la Figura 13 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en yute para la propiedad de acidez.



**Figura 13: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en yute.**

La Figura 14 corresponde a la linealización del modelo de Arrhenius, el cual está representado por la siguiente expresión:

$$k = k_0 e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad \Rightarrow \quad \ln(k) = \ln(k_0) - \frac{Ea}{R} \times \frac{1}{T}$$

...Ecuación 7

La pendiente y el intercepto de la Figura 14 permitió calcular los valores de los parámetros Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia (k<sub>0</sub>):

$$Ea = -5792,6 \times R \left( \frac{J}{mol \cdot Kelvin} \right) = -5464,2 \times \frac{8.314}{1000} \left( \frac{KJ}{mol \cdot Kelvin} \right) = 48,16 \left( \frac{KJ}{mol} \right)$$

$$k_0 = e^{12,34} = 1195983,30$$

Con estos valores se puede predecir el tiempo de vida de útil para el café pergamino almacenado en yute a cualquier temperatura de almacenamiento y a 60-65 % de humedad relativa.

La temperatura normal de almacenamiento podría fijarse alrededor de 20 °C, para esta la constante de velocidad de reacción para el café pergamino en cuestión se calculó reemplazando los valores de energía de activación y constante de velocidad de reacción a la temperatura de referencia en la ecuación 1:

$$k_{20} = 227758,47 \times e^{-\frac{48,16 \times 1000 (J/mol)}{8.314 (J/mol \cdot K)} \times \frac{1}{20+273.15} \left( \frac{1}{K} \right)} = 0,00313$$

Para calcular el tiempo de vida útil se consideró el orden de reacción uno, que obedece a la ecuación 9.

$$\ln(\text{Atributo final}) = \ln(\text{Atributo inicial}) \pm k_{20} \times \text{tiempo(días)}$$

...Ecuación 9

$$\ln(\text{Acidez final}) = \ln(\text{Acidez inicial}) - k_{20} \times \text{tiempo(días)}$$

$$1,099 = 1,434 - 0,00313 \times \text{tiempo(días)}$$

$$t = 106,8 \text{ días} = 3,56 \text{ meses}$$

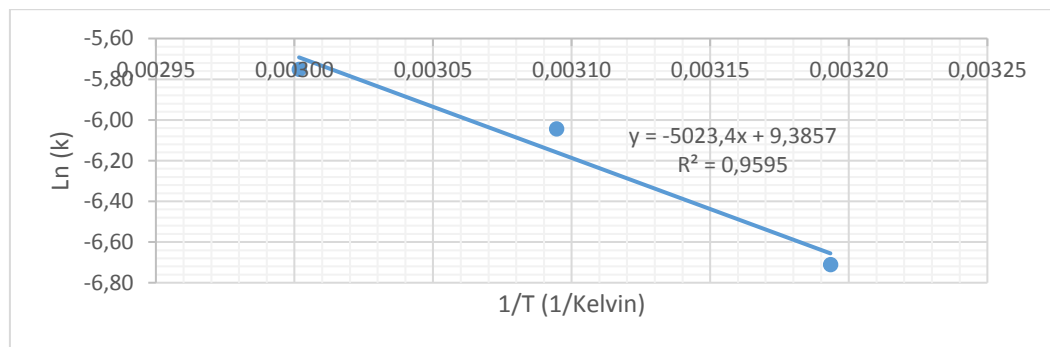


En el Cuadro 23 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para la catación estudiado en el café pergamino envasado en yute.

**Cuadro 23: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor cata del café pergamino envasado en yute**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00122	0,00319	-6,71111
50	0,00237	0,00309	-6,04504
60	0,00318	0,00300	-5,75163

En la Figura 14 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en yute para la catación.



**Figura 14: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en yute.**

La Figura 14 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación ( $E_a$ ) y Constante de velocidad de reacción ( $k_0$ ) para la propiedad de catación para el café pergamino envasado en yute.

Se determinó del café pergamino envasado en yute el  $k_{20}$  (constante de velocidad de reacción a 20°C) usando la Ecuación 7.

Con el valor  $k_{20}$  y dependiendo del orden de la reacción se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero ( $n=0$ ) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno ( $n=1$ ) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 24 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada factor de calidad.

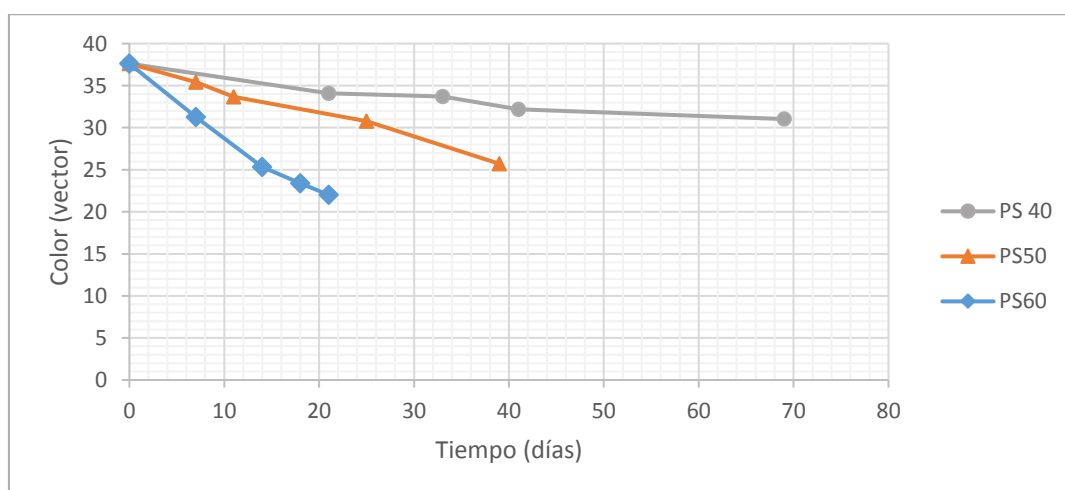
**Cuadro 24: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en yute.**

ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	k <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	k <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
<b>COLOR</b>	28,51	3139,12	0,02611	202,4	6,75
<b>ACIDEZ</b>	48,16	1195983,3	0,00313	106,8	3,56
<b>CATA</b>	41,76	11916,79	0,00043	111,6	3,72
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ PERGAMINO ENVASADO EN YUTE</b>					<b>3 MES</b>

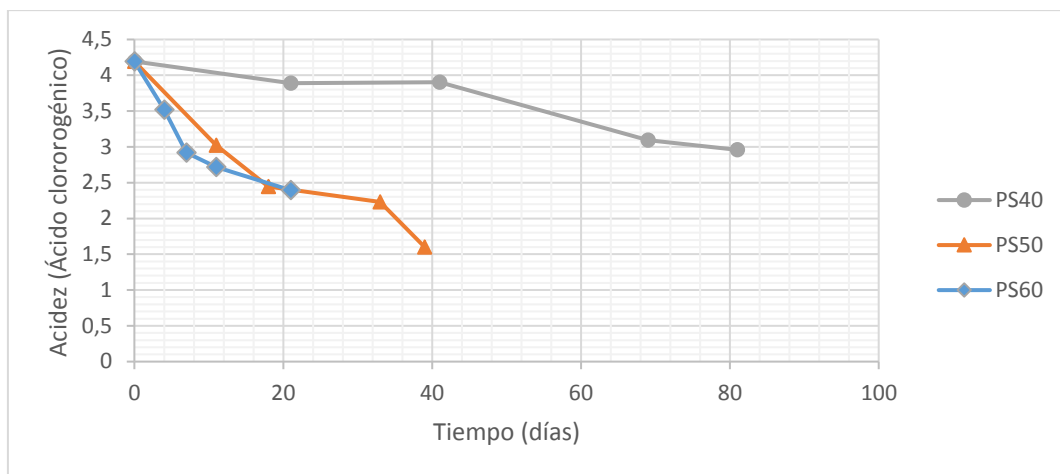
El tiempo de vida útil del café pergamino envasado en yute según la ecuación de Arrhenius es de tres meses porque el factor de calidad limitante es la catación y acidez, el redondeo se realizó por defecto.

#### b. SUPERBOLSA MÁS YUTE

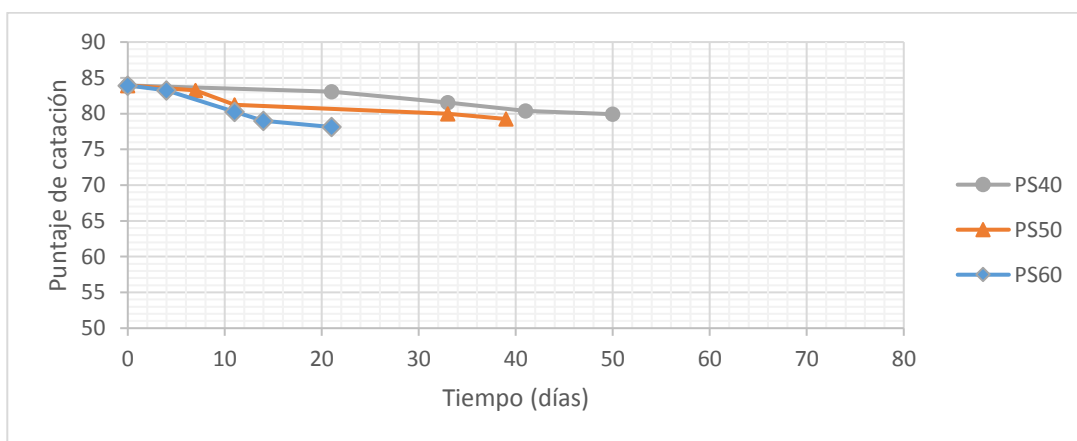
Las Figuras 15, 16 y 17 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café pergamino envasado en superbolsa más yute los datos se encuentran en los anexos.



**Figura 15: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute.**



**Figura 16: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute**



**Figura 17: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en superbolsa más yute**

En las figuras 15, 16 y 17 se muestra un cambio significativo para los factores de calidad del café pergamino envasado en superbolsa más yute a través del tiempo de almacenamiento. La razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas.

En el Cuadro 25 se determinó el orden de la reacción para cada factor de calidad estudiado, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café pergamino en el envase superbolsa más yute a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Cuadro 25: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en superbolsa más yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C.**

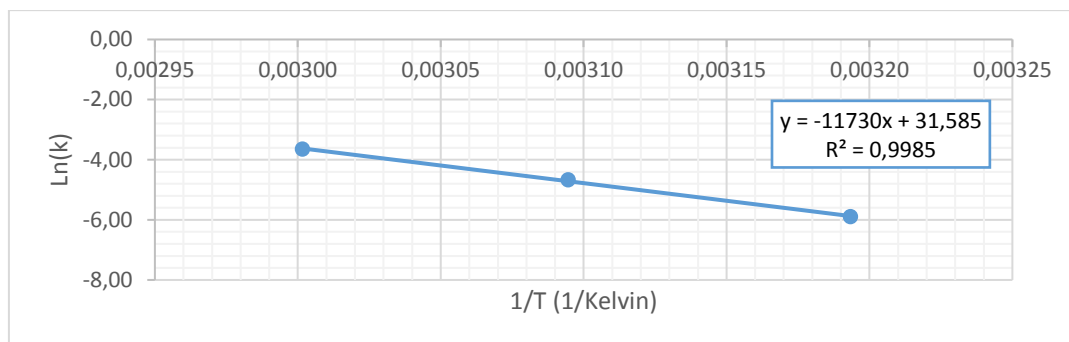
T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,093	-0,003	-0,016	-0,004	-0,103	-0,001
	Intercepto	36,797	3,606	4,274	1,462	83,965	4,431
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,909	0,923	0,921	0,912	0,985	0,985
	Linealidad	NO	SI	SI	NO	NO	SI
50	Pendiente	-0,295	-0,009	-0,058	-0,021	-0,203	-0,002
	Intercepto	37,468	3,631	3,878	1,340	84,013	4,431
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,990	0,982	0,904	0,909	0,942	0,944
	Linealidad	SI	NO	NO	SI	NO	SI
60	Pendiente	-0,753	-0,026	-0,126	-0,039	-0,451	-0,006
	Intercepto	36,970	3,621	4,053	1,410	84,158	4,433
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,985	0,994	0,952	0,973	0,942	0,944
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 0</b>		<b>ORDEN 1</b>	

En el Cuadro 26 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el color como el factor de calidad estudiado al café pergamino envasado en superbolsa más yute.

**Cuadro 26: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00274	0,00319	-5,89846
50	0,00942	0,00309	-4,66486
60	0,02596	0,00300	-3,65124

En la Figura 18 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en superbolsa más yute para la propiedad de color.



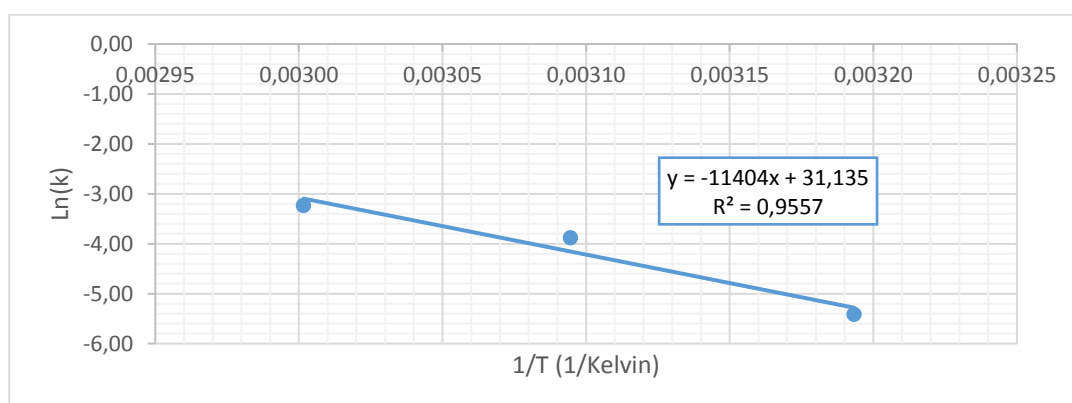
**Figura 18: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

En el Cuadro 27 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el factor de calidad acidez estudiado al café pergamino envasado en yute más polipropileno.

**Cuadro 27: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00445	0,00319	-5,41420
50	0,02057	0,00309	-3,88369
60	0,03931	0,00300	-3,23636

En la Figura 19 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en superbolsa más yute para el factor de calidad acidez.



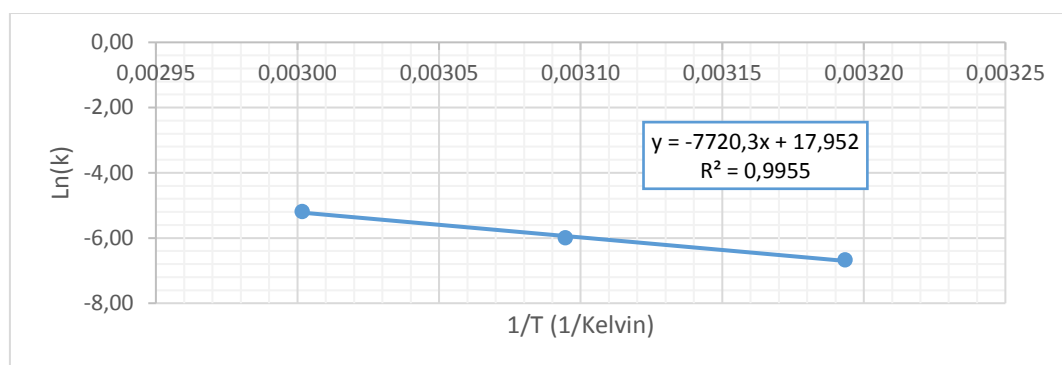
**Figura 19: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

En el Cuadro 28 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el factor de calidad sensorial, es decir la catación estudiada en el café pergamino envasado en yute más superbolsa.

**Cuadro 28: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor catación del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00126	0,00319	-6,67356
50	0,00249	0,00309	-5,99638
60	0,00556	0,00300	-5,19174

En la Figura 20 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en superbolsa más yute para la catación.



**Figura 20: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

Las Figuras 18, 19 y 20 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción ( $k_0$ ) para los factores de calidad: color, acidez y catación respectivamente para el café pergamino envasado en superbolsa más yute.

Se determinó para cada propiedad del café pergamino envasado en superbolsa más yute el  $k_{20}$  (constante de velocidad de reacción a 20 °C) usando la Ecuación 7.

Con el valor  $k_{20}$  y dependiendo del orden de la reacción de cada atributo se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero ( $n=0$ ) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno ( $n=1$ ) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 29 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada factor de calidad.

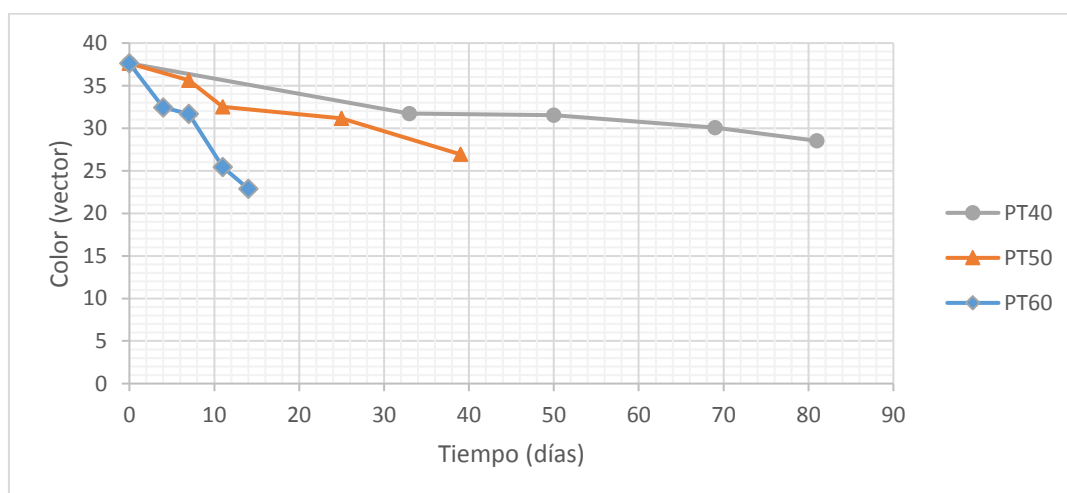
**Cuadro 29: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en superbolsa más yute.**

ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	k <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	k <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
<b>COLOR</b>	97,53	5,212 x 10 <sup>13</sup>	0,00022	693,7	23,21
<b>ACIDEZ</b>	94,81	3,324 x 10 <sup>13</sup>	0,00042	790,8	26,36
<b>CATA</b>	53,60	6,529 x 10 <sup>7</sup>	0,00023	210,2	7,01
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ PERGAMINO ENVASADO EN SUPERBOLSA MÁS YUTE</b>					<b>7 MESES</b>

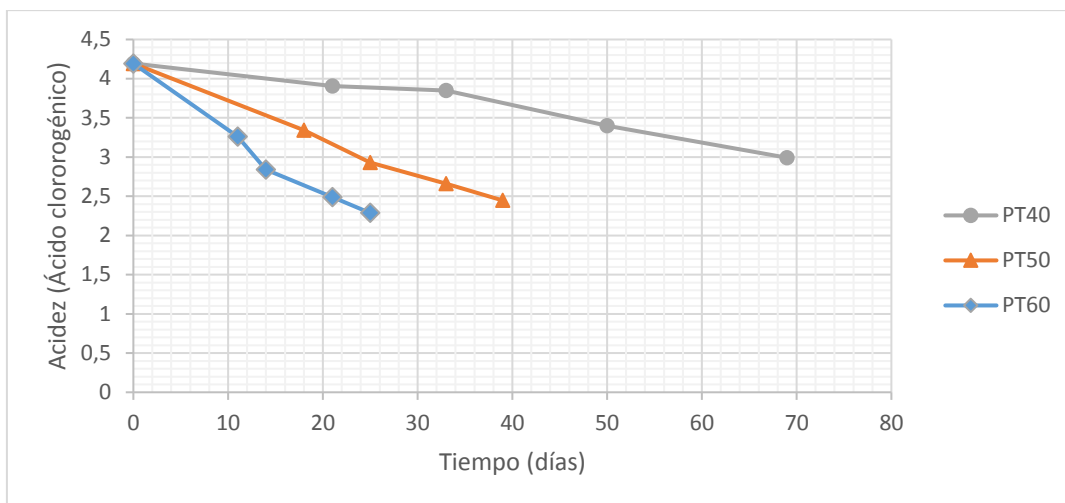
El tiempo de vida útil del café pergamino envasado en superbolsa más yute según la ecuación de Arrhenius es de siete meses porque el factor de calidad limitante es la catación, el redondeo se realizó por defecto.

### c. TRILAMINADO

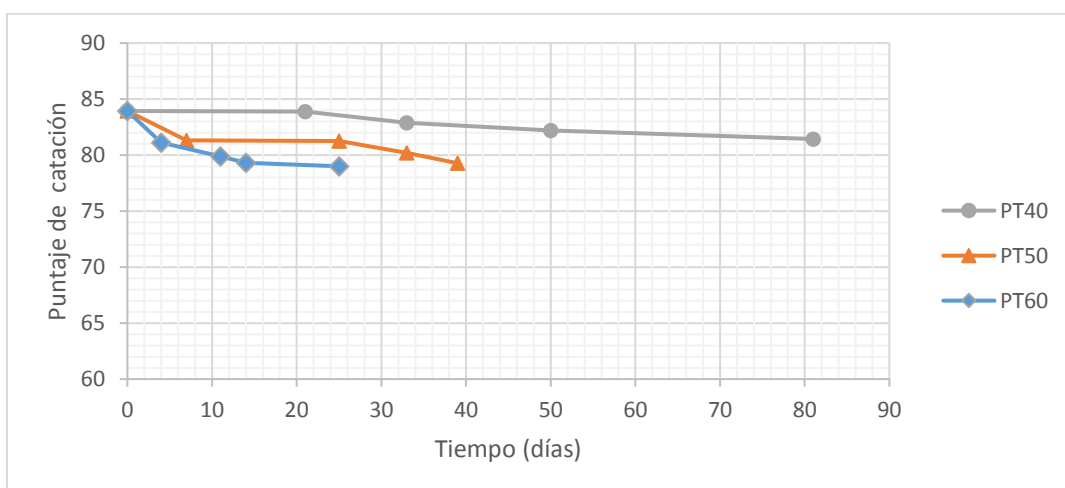
Las Figuras 21, 22 y 23 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café pergamino envasado en trilaminado, los datos se encuentran en los anexos.



**Figura 21: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en trilaminado.**



**Figura 22: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado en trilaminado.**



**Figura 23: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café pergamino envasado trilaminado.**

Los factores color, la acidez y la evaluación sensorial presentaron una disminución progresiva de sus valores con el paso del tiempo. Además, se puede notar que la razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas como en los anteriores empaques estudiados.

En el Cuadro 30 se determinó el orden de la reacción para los factores de calidad, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café pergamino en el envase trilaminado a diferentes temperaturas de almacenamiento.



**Cuadro 30: Determinación de orden de reacción en el café pergamino envasado en trilaminado a 40 °C, 50 °C y 60 °C.**

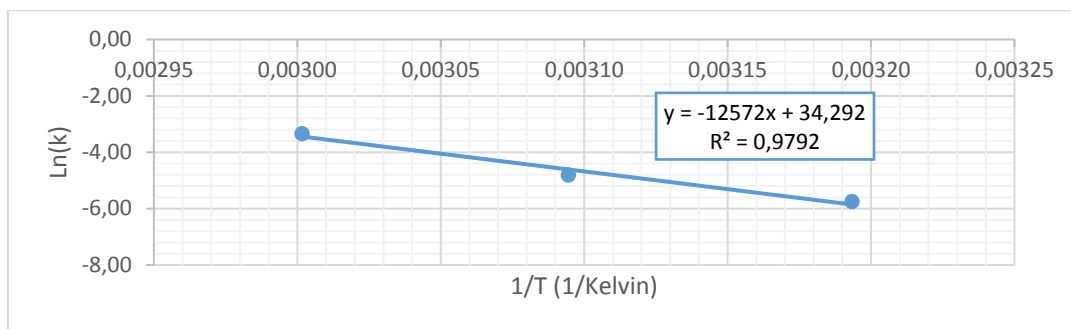
T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,104	-0,003	-0,018	-0,005	-0,064	-0,001
	Intercepto	36,753	3,605	4,274	1,462	84,217	4,433
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,925	0,938	0,960	0,945	0,949	0,948
	Linealidad	NO	SI	SI	NO	SI	NO
50	Pendiente	-0,258	-0,008	-0,045	-0,014	-0,172	-0,002
	Intercepto	37,007	3,616	4,160	1,439	83,294	4,422
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,947	0,954	0,993	0,997	0,908	0,913
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
60	Pendiente	-1,048	-0,035	-0,077	-0,025	-0,368	-0,005
	Intercepto	37,560	3,641	4,110	1,429	83,185	4,421
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,975	0,969	0,977	0,990	0,910	0,915
	Linealidad	SI	NO	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>	

En el Cuadro 31 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el color como el factor de calidad estudiado al café pergamino envasado en trilaminado.

**Cuadro 31: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café pergamino envasado en trilaminado.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00317	0,00319	-5,75490
50	0,00812	0,00309	-4,81384
60	0,03549	0,00300	-3,33856

En la Figura 24 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en trilaminado para la propiedad de color.



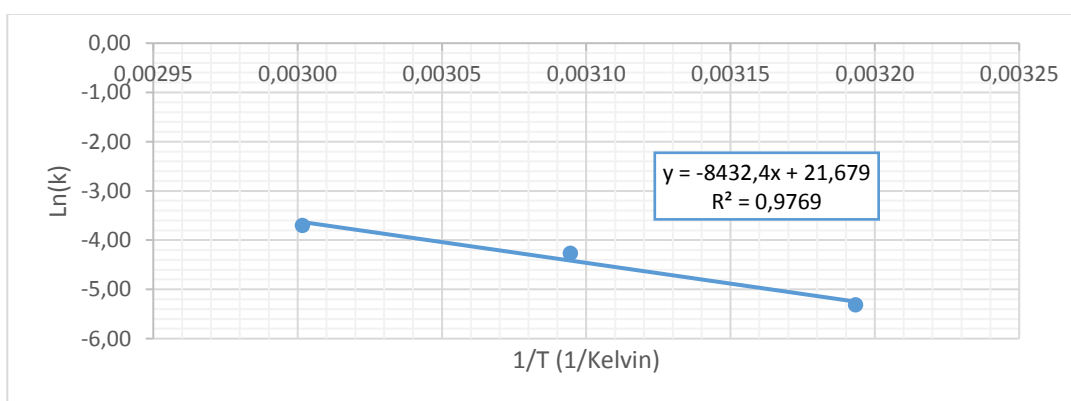
**Figura 24: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café pergamino envasado en trilaminado.**

En el Cuadro 32 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el factor de calidad acidez estudiado al café pergamino envasado en trilaminado.

**Cuadro 32: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor de acidez del café pergamino envasado en trilaminado**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00490	0,00319	-5,31803
50	0,01396	0,00309	-4,27152
60	0,02458	0,00300	-3,70593

En la Figura 25 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en trilaminado para el factor de calidad acidez.



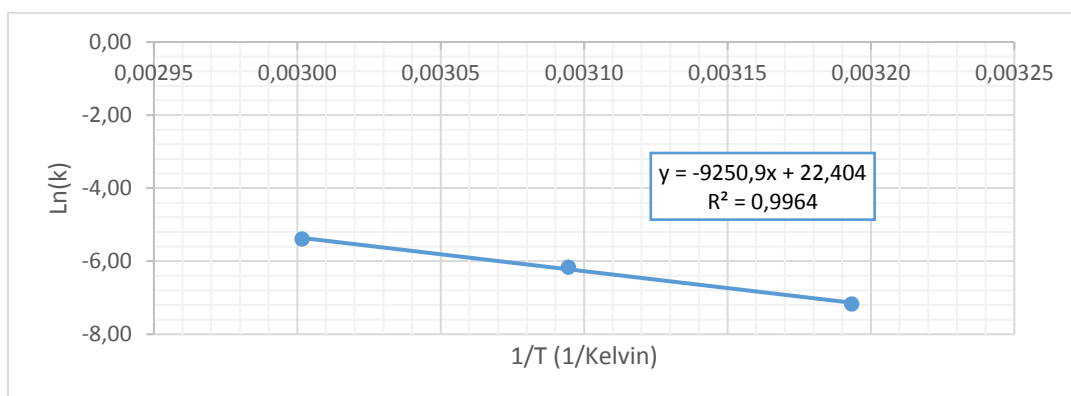
**Figura 25: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café pergamino envasado en trilaminado.**

En el Cuadro 33 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el factor de calidad sensorial, es decir la catación estudiada en el café pergamino envasado en trilaminado.

**Cuadro 33: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café pergamino envasado en trilaminado.**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00077	0,00319	-7,16689
50	0,00211	0,00309	-6,16145
60	0,00454	0,00300	-5,39534

En la Figura 26 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café pergamino envasado en trilaminado para la catación.



**Figura 26: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café pergamino envasado en trilaminado.**

Las Figuras 24, 25 y 26 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación ( $E_a$ ) y Constante de velocidad de reacción ( $k_0$ ) para los factores de calidad: color, acidez y catación respectivamente para el café pergamino envasado en trilaminado.

Se determinó para cada propiedad del café pergamino envasado en trilaminado el  $k_{20}$  (constante de velocidad de reacción a 20°C) usando la Ecuación 7.

Con el valor  $k_{20}$  y dependiendo del orden de la reacción de cada atributo se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero ( $n=0$ ) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno ( $n=1$ ) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 34 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada factor de calidad.

**Cuadro 34: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café pergamino envasado en trilaminado.**

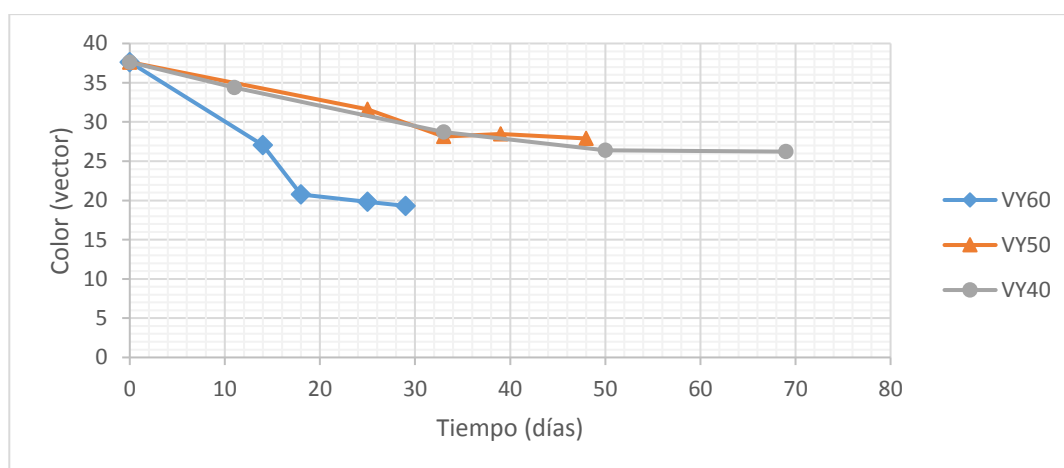
ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	K <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	K <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
COLOR	104,52	7,816 x 10 <sup>14</sup>	0,00019	291,4	27,20
ACIDEZ	70,11	2600792968	0,00084	400,1	13,34
CATA	76,91	5671106867	0,00011	453,12	15,12
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ PERGAMINO ENVASADO EN TRILAMINADO</b>					<b>13 MESES</b>

El tiempo de vida útil del café pergamino envasado en trilaminado es de 13 meses porque el factor de calidad limitante es la acidez, el redondeo se realizó por defecto.

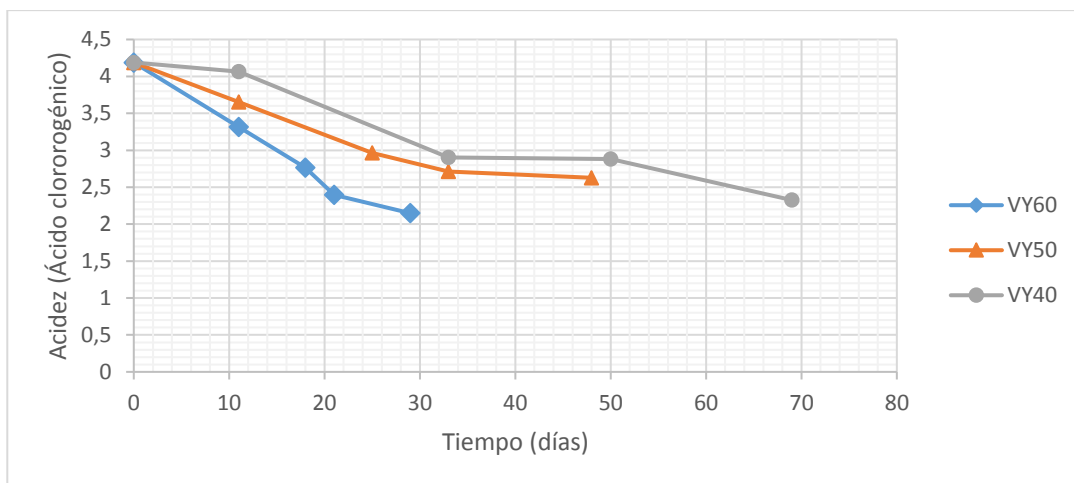
#### 4.4.2 VERDE

##### a. YUTE

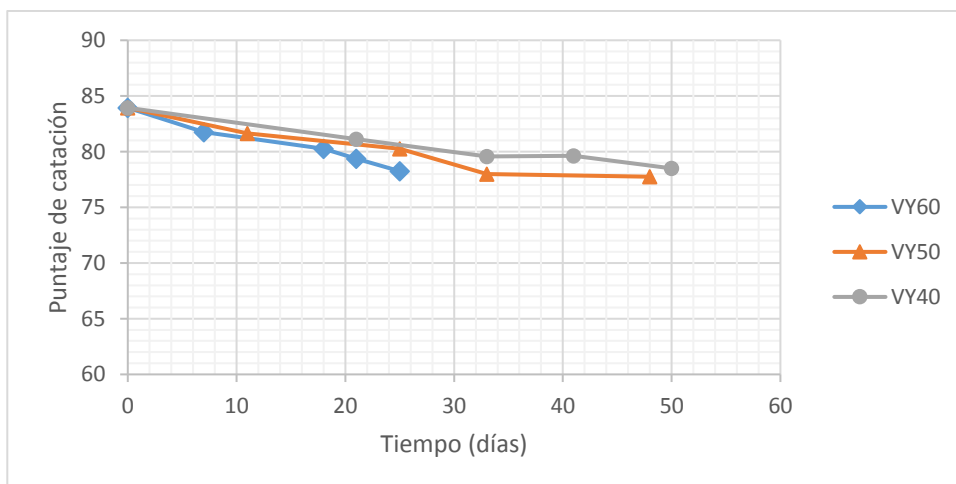
Las Figuras 27, 28 y 29 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café verde envasado en yute, los datos se encuentran en los anexos.



**Figura 27: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute.**



**Figura 28: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute.**



**Figura 29: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en yute.**

En las figuras 27, 28 y 29 se muestra un cambio significativo para los factores de calidad del café verde envasado en yute a través del tiempo de almacenamiento. La razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas.

En el Cuadro 35 se determinó el orden de la reacción para cada atributo estudiado, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café verde en el empaque yute a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Cuadro 35: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en yute a 40 °C, 50 °C y 60 °C.**

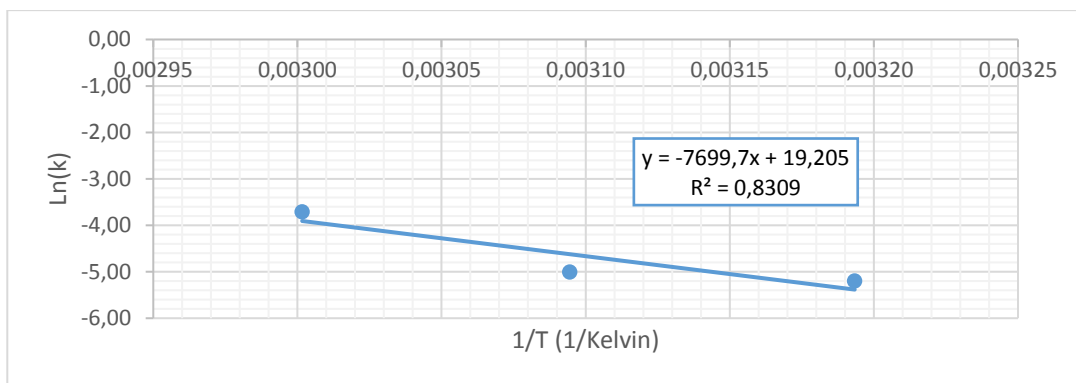
T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,172	-0,006	-0,028	-0,009	-0,150	-0,002
	Intercepto	36,276	3,593	4,188	1,444	83,265	4,422
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,900	0,914	0,933	0,945	0,943	0,948
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
50	Pendiente	-0,217	-0,007	-0,034	-0,010	-0,209	-0,003
	Intercepto	37,056	3,613	4,028	1,398	83,332	4,423
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,927	0,941	0,909	0,927	0,932	0,936
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
60	Pendiente	-0,660	-0,025	-0,073	-0,024	-0,320	-0,004
	Intercepto	36,269	3,600	4,123	1,425	83,916	4,430
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,929	0,941	0,976	0,985	0,998	0,998
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>	

En el Cuadro 36 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de color estudiado al café verde envasado en yute

**Cuadro 36: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en yute.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	LN(k)
40	0,00554	0,00319	-5,19654
50	0,00669	0,00309	-5,00644
60	0,02451	0,00300	-3,70856

En la Figura 30 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en yute para la propiedad de color.



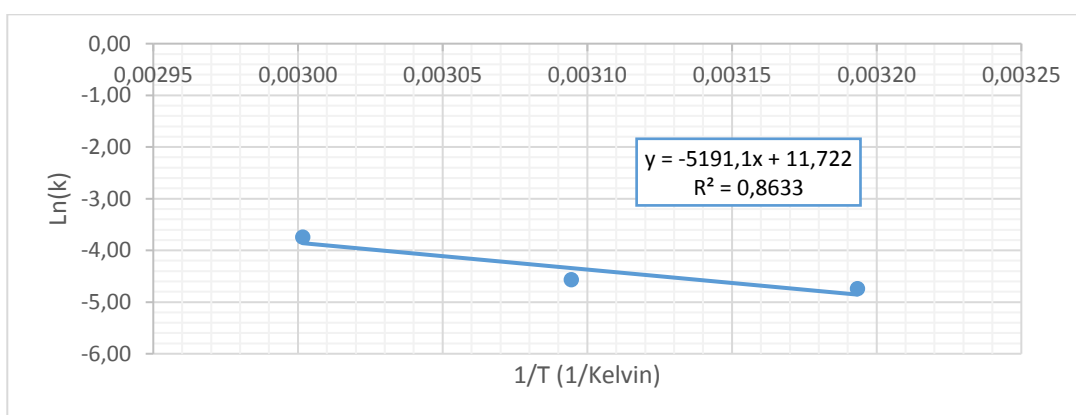
**Figura 30: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café verde envasado en yute.**

En el Cuadro 37 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de acidez estudiado al café verde envasado en yute.

**Cuadro 37: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60° C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en yute.**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00870	0,00319	-4,74477
50	0,01035	0,00309	-4,57116
60	0,02369	0,00300	-3,74252

En la Figura 31 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en yute para la propiedad de acidez.



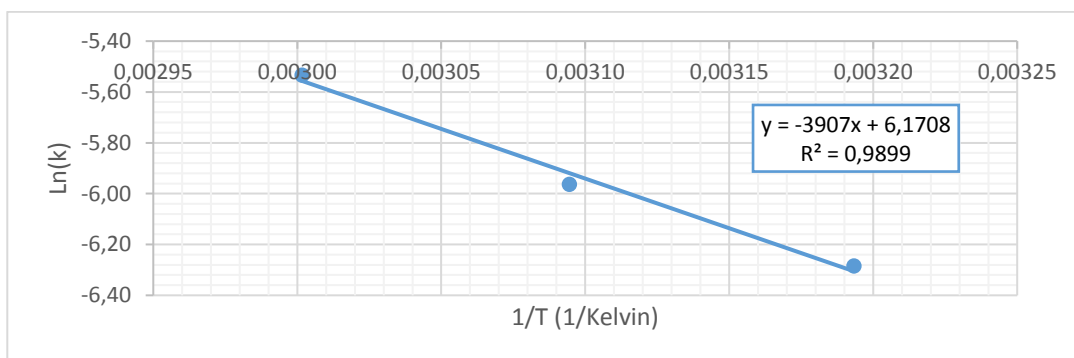
**Figura 31: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado en yute.**

En el Cuadro 38 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo sensorial, catación estudiado en el café verde envasado en yute.

**Cuadro 38: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café pergamino envasado en tr laminado**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00187	0,00319	-6,28429
50	0,00257	0,00309	-5,96306
60	0,00395	0,00300	-5,53395

En la Figura 38 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en yute para la catación.



**Figura 32: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en yute.**

Las Figuras 30, 31 y 32 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción (k<sub>0</sub>) para las propiedades de color, acidez y catación respectivamente para el café verde envasado en yute.

Se determinó para cada propiedad del café verde envasado en yute el k<sub>20</sub> (constante de velocidad de reacción a 20 °C) usando la Ecuación 7.

Con el valor k<sub>20</sub> y dependiendo del orden de la reacción de cada factor de calidad se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero (n=0) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno (n=1) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 39 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada atributo, y el menor valor entre las propiedades estudiadas para el café verde envasado en yute es el tiempo de vida útil final del producto.



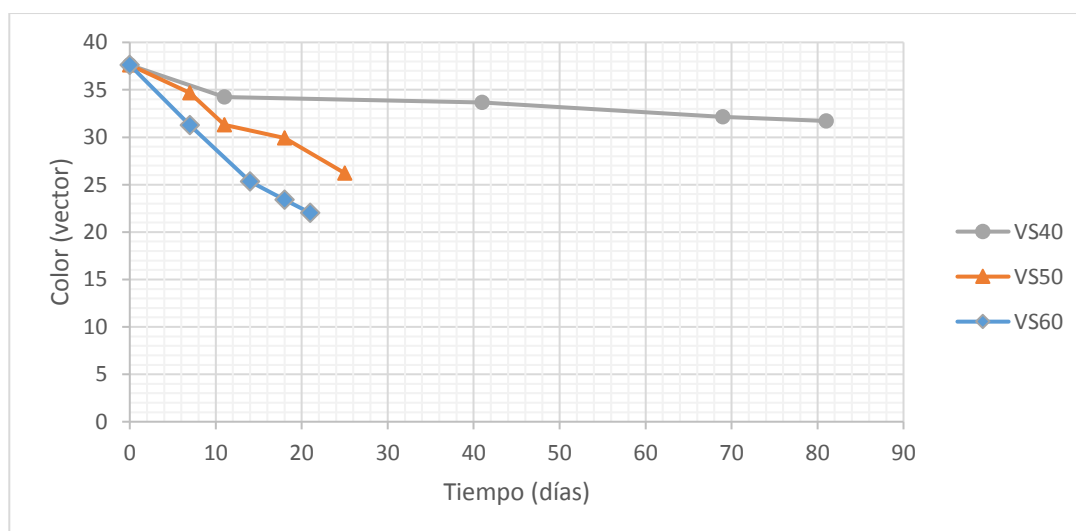
**Cuadro 39: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en yute.**

ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	k <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	k <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
<b>COLOR</b>	64,01	219072230,4	0.00086	176,4	5,88
<b>ACIDEZ</b>	43.16	123203,1613	0,00251	133,3	4,44
<b>CATA</b>	32,48	478,5883642	0,00989	61.6	2,05
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ VERDE ENVASADO EN YUTE</b>					<b>2 MES</b>

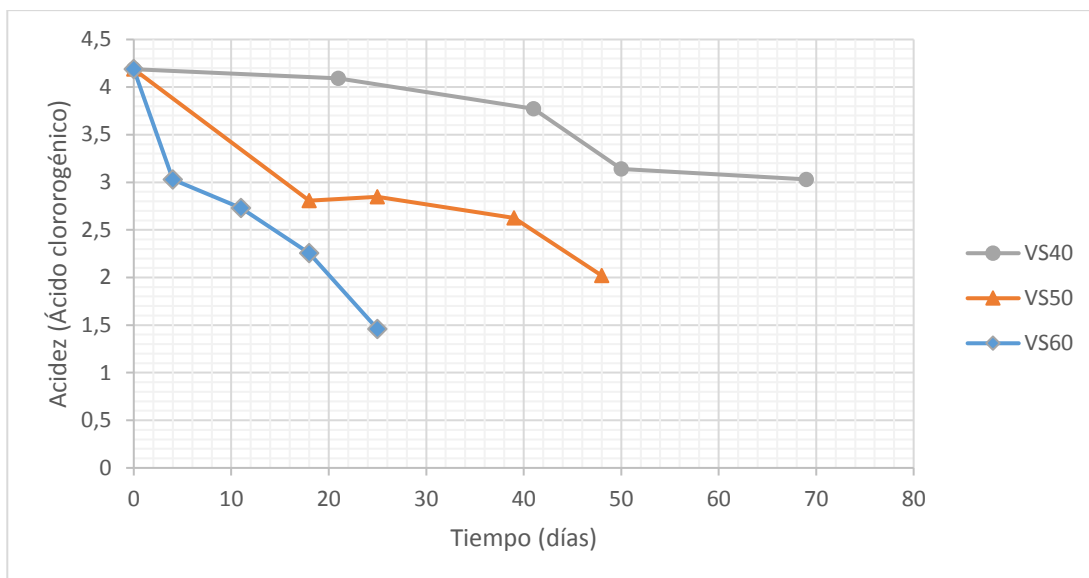
El tiempo de vida útil del café verde envasado en yute es de dos meses porque el factor de calidad limitante es la catación, el redondeo se realizó por defecto.

### b. SUPERBOLSA MÁS YUTE

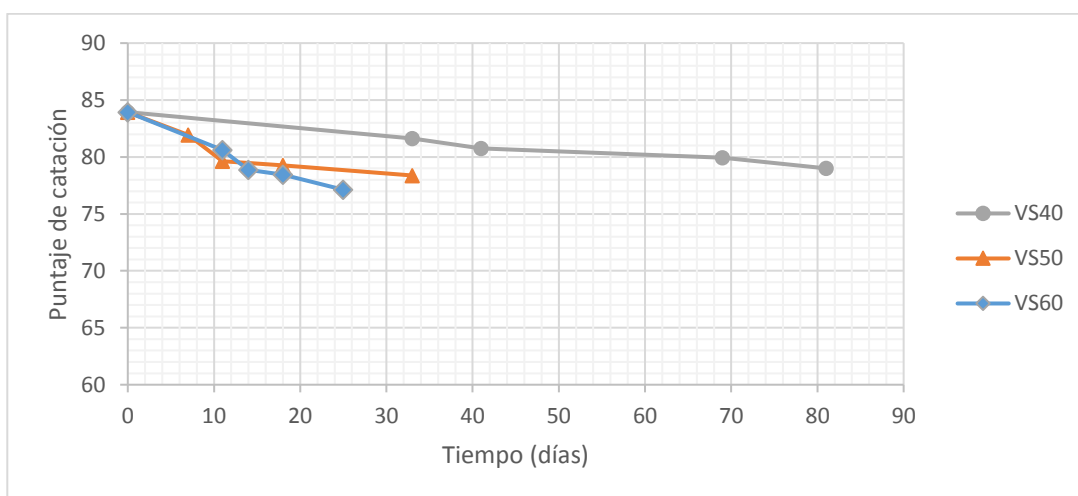
Las Figuras 33, 34 y 35 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café verde envasado en superbolsa más yute, los datos se encuentran en los anexos.



**Figura 33: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado superbolsa más yute.**



**Figura 34: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en superbolsa más yute.**



**Figura 35: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en superbolsa más yute.**

En las Figuras 33, 34 y 35 muestran un cambio significativo para los factores de calidad del café verde envasado en superbolsa más yute a través del tiempo de almacenamiento. La razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas.

En el Cuadro 40 se determinó el orden de la reacción para cada factor de calidad estudiado, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café verde en el envase superbolsa más yute a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Cuadro 40: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en superbolsa más yutea 40 °C, 50 °C y 60 °C.**

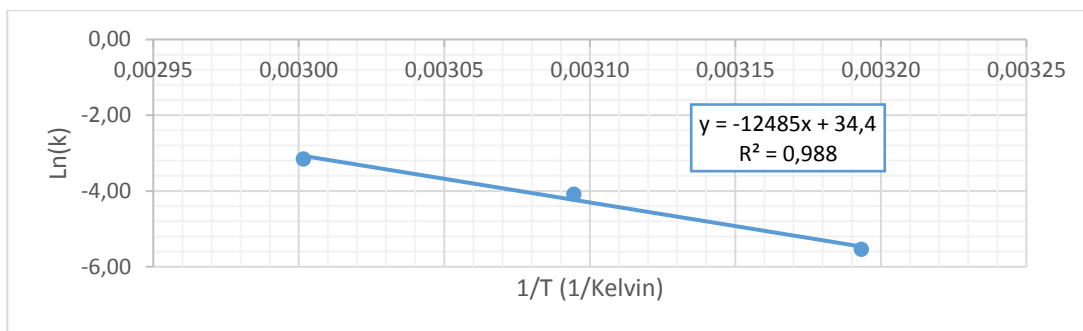
T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,135	-0,004	-0,019	-0,005	-0,111	-0,001
	Intercepto	36,736	3,604	4,321	1,473	83,410	4,424
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,902	0,916	0,867	0,855	0,946	0,950
	Linealidad	NO	SI	SI	NO	NO	SI
50	Pendiente	-0,516	-0,017	-0,040	-0,013	-0,221	-0,003
	Intercepto	37,837	3,646	3,935	1,381	83,321	4,423
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,968	0,952	0,881	0,902	0,886	0,890
	Linealidad	SI	NO	NO	SI	NO	SI
60	Pendiente	-1,204	-0,043	-0,095	-0,037	-0,453	-0,006
	Intercepto	36,389	3,606	3,834	1,379	83,061	4,420
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,954	0,976	0,919	0,943	0,910	0,916
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>	

En el Cuadro 41 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de color estudiado al café verde envasado en superbolsa más yute.

**Cuadro 41: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en superbolsa más yute.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	LN(k)
40	0,00392	0,00319	-5,54173
50	0,01687	0,00309	-4,08201
60	0,04272	0,00300	-3,15305

En la Figura 36 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en superbolsa más yute para la propiedad de color.



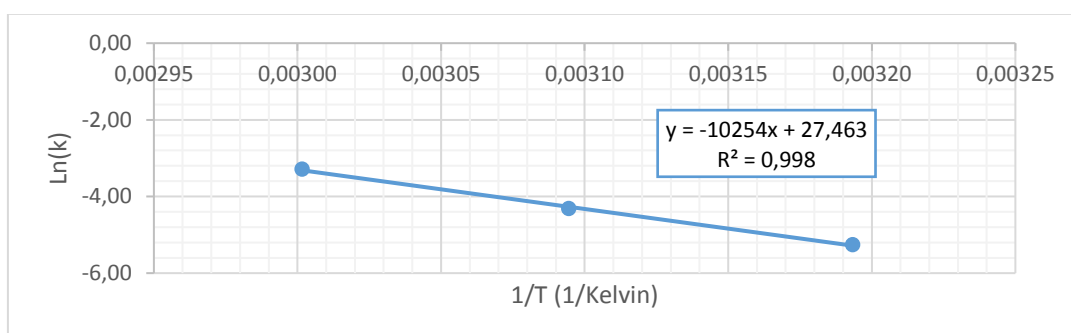
**Figura 36: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de color del café verde envasado en superbolsa más yute.**

En el Cuadro 42 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de acidez estudiado al café verde envasado en superbolsa más yute.

**Cuadro 42: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en superbolsa más yute.**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00520	0,00319	-5,25875
50	0,01329	0,00309	-4,32063
60	0,03720	0,00300	-3,29134

En la Figura 37 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde en yute más superbolsa para la propiedad de acidez.



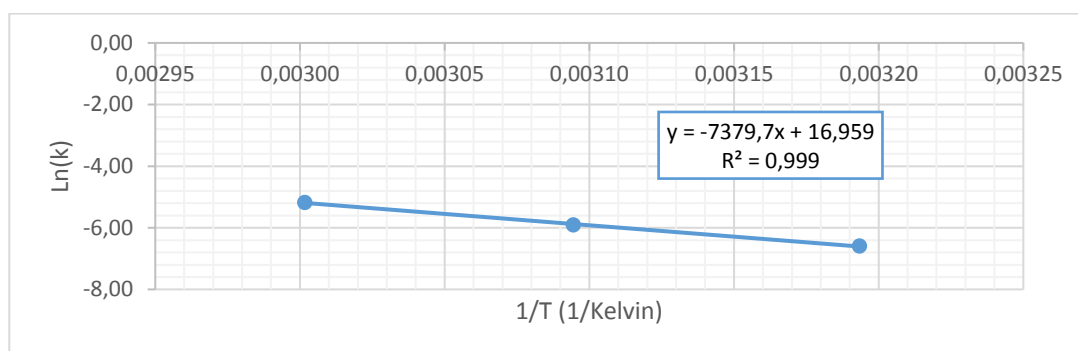
**Figura 37: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado en superbolsa más yute.**

En el Cuadro 43 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo sensorial, catación estudiado en el café verde envasado en yute más superbolsa.

**Cuadro 43: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café verde envasado en superbolsa más yute.**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00137	0,00319	-6,59452
50	0,00273	0,00309	-5,90437
60	0,00563	0,00300	-5,17898

En la Figura 38 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en superbolsa más yute para la catación.



**Figura 38: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en superbolsa más yute.**

Las Figuras 36, 37 y 38 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción ( $k_0$ ) para las propiedades de color, acidez y catación respectivamente para el café verde envasado en superbolsa más yute.

Se determinó para cada propiedad del café verde envasado en superbolsa más yute el  $k_{20}$  (constante de velocidad de reacción a 20 °C) usando la Ecuación 7.

Con el valor  $k_{20}$  y dependiendo del orden de la reacción de cada factor de calidad se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero ( $n=0$ ) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno ( $n=1$ ) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 44 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada factor de calidad.

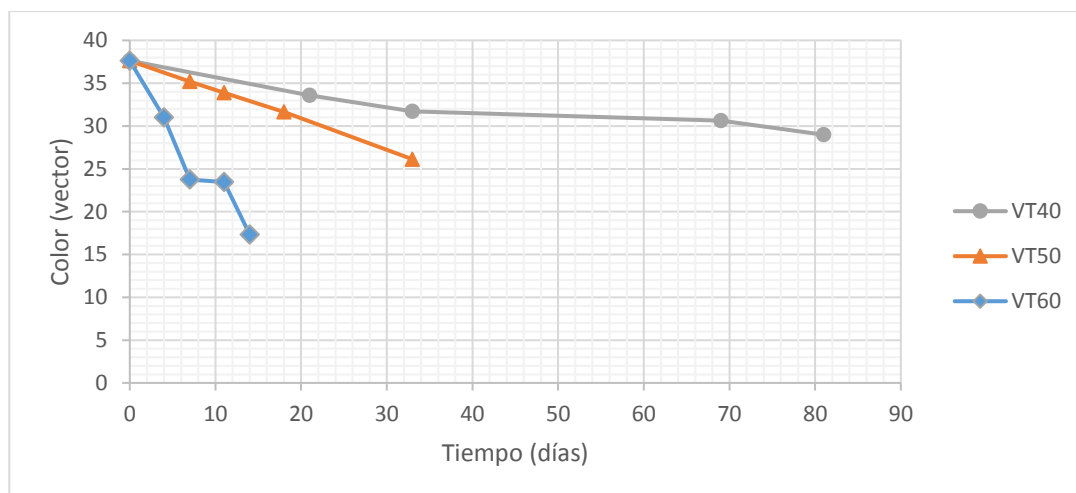
**Cuadro 44: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en superbolsa más yute.**

ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	k <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	k <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
<b>COLOR</b>	103,80	8,703 x 10 <sup>14</sup>	0.00028	544,7	18,16
<b>ACIDEZ</b>	85,26	8,45 x 10 <sup>11</sup>	0,00054	613,7	20,46
<b>CATA</b>	61,35	2,673 x 10 <sup>7</sup>	0,00027	177,6	5,92
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ VERDE ENVASADO EN SUPERBOLSA MÁS YUTE.</b>					<b>5 MES</b>

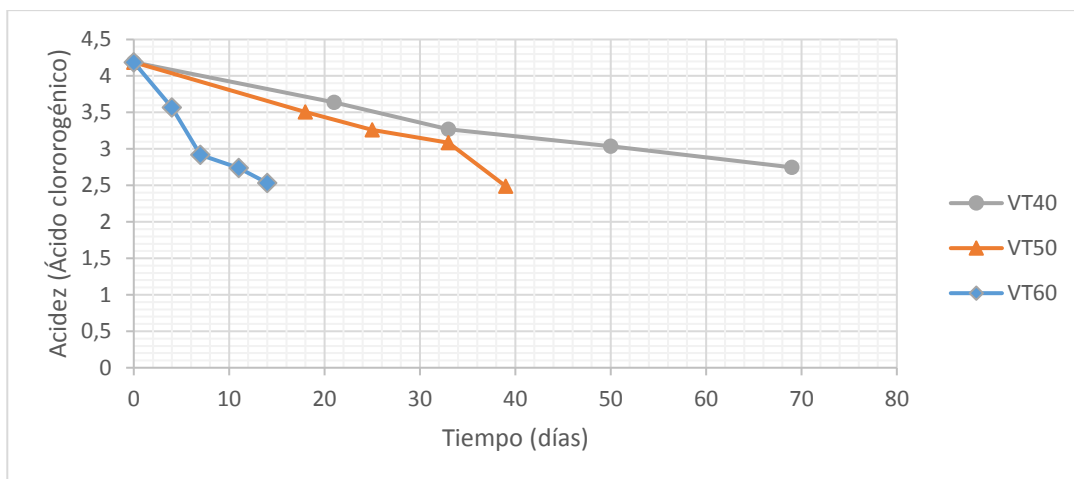
El tiempo de vida útil del café verde envasado en yute más superbolsa es de cinco meses porque el factor de calidad limitante es la catación, el redondeo se realizó por defecto.

### c. TRILAMINADO

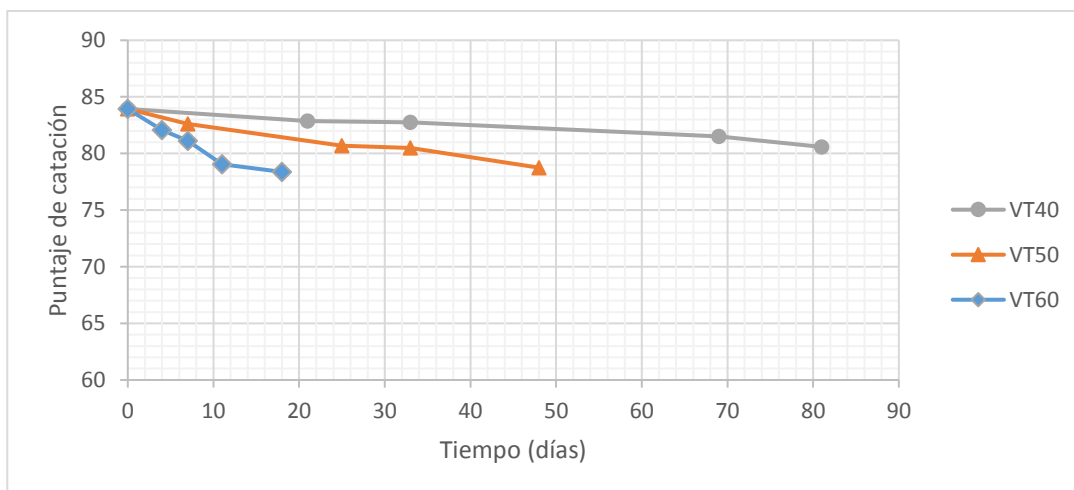
Las figuras 39, 40 y 41 muestran el comportamiento de las variables fisicoquímicas y sensoriales a través del tiempo para el café verde envasado en trilaminado los datos se encuentran en los anexos.



**Figura 39: Variación del vector color durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado.**



**Figura 40: Variación de la acidez expresada en ácido clorogénico durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado.**



**Figura 41: Variación del puntaje de catación durante el almacenamiento a 40 °C, 50 °C y 60 °C en el café verde envasado en trilaminado.**

Los factores color, la acidez y la evaluación sensorial presentaron una disminución progresiva de sus valores con el paso del tiempo. Además, se puede notar que la razón de cambio de los factores de calidad con respecto al tiempo es mayor a temperaturas altas y menor a temperaturas bajas como en los anteriores empaques estudiados.

En el Cuadro 45 se determinó el orden de la reacción para los factores de calidad, así como las constantes de cinética de reacción ( $k$ ) para el café verde en el envase trilaminado a diferentes temperaturas de almacenamiento.

**Cuadro 45: Determinación de orden de reacción en el café verde envasado en trilaminado a 40 °C, 50 °C y 60 °C**

T °C		COLOR		ACIDEZ		CATACIÓN	
		Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1	Orden 0	Orden 1
40	Pendiente	-0,121	-0,004	-0,021	-0,006	-0,078	-0,001
	Intercepto	36,707	3,605	4,095	1,417	83,973	4,431
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,942	0,959	0,971	0,986	0,959	0,958
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	SI	NO
50	Pendiente	-0,347	-0,011	-0,040	-0,012	-0,202	-0,002
	Intercepto	37,673	3,638	4,228	1,458	83,761	4,428
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,999	0,994	0,957	0,919	0,940	0,941
	Linealidad	SI	NO	SI	NO	NO	SI
60	Pendiente	-1,367	-0,052	-0,118	-0,036	-0,406	-0,005
	Intercepto	36,471	3,620	4,040	1,403	83,836	4,429
	Coefficiente R <sup>2</sup>	0,938	0,939	0,929	0,951	0,991	0,991
	Linealidad	NO	SI	NO	SI	NO	SI
<b>ORDEN DE REACCIÓN</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>		<b>ORDEN 1</b>	

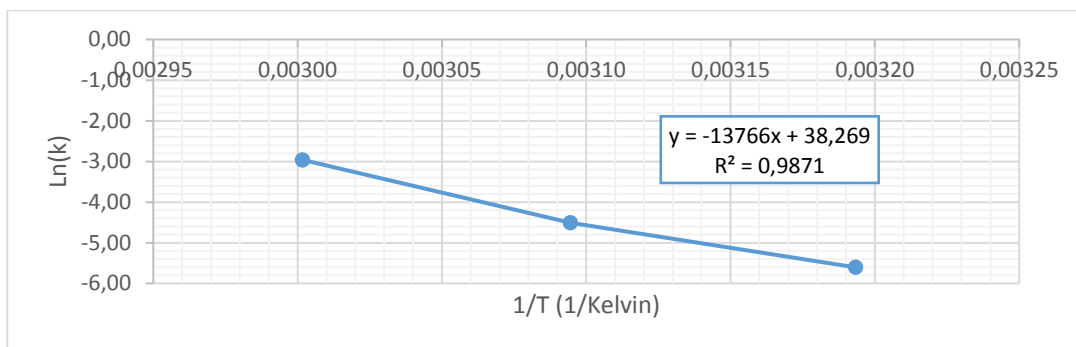
En el Cuadro 46 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el color como el factor de calidad estudiado al café verde envasado en trilaminado.

**Cuadro 46: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor color del café verde envasado en trilaminado.**

T °C	COLOR		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	Ln(k)
40	0,00368	0,00319	-5,60519
50	0,01107	0,00309	-4,50372
60	0,05178	0,00300	-2,96080

En la Figura 42 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en trilaminado para la propiedad de color.





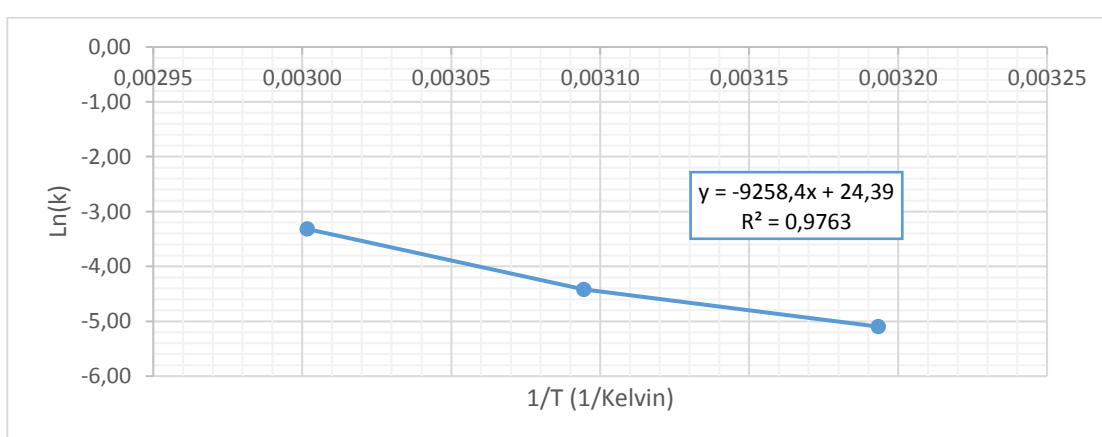
**Figura 42: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad color del café verde envasado trilaminado.**

En el Cuadro 47 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo de acidez estudiado al café verde envasado en trilaminado.

**Cuadro 47: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor acidez del café verde envasado en trilaminado.**

T °C	ACIDEZ		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	LN(k)
40	0,00611	0,00319	-5,09767
50	0,01203	0,00309	-4,42001
60	0,03623	0,00300	-3,31781

En la Figura 43 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en trilaminado para la propiedad de acidez.



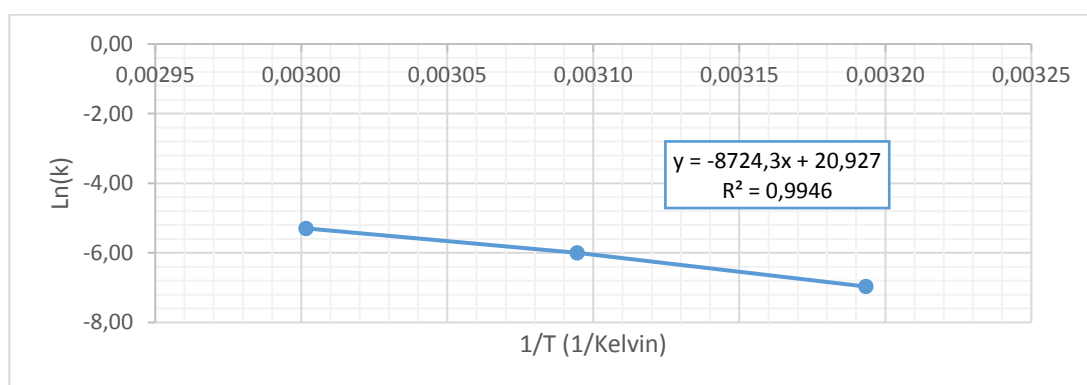
**Figura 43: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la propiedad de acidez del café verde envasado trilaminado.**

En el Cuadro 48 se encuentran los valores necesarios para la linealización del modelo de Arrhenius para el atributo sensorial, catación estudiado en el café verde envasado en trilaminado.

**Cuadro 48: Constante de la velocidad de reacción (k) en las diferentes temperaturas 40 °C, 50 °C, y 60 °C obtenidas para el factor evaluación sensorial del café verde envasado en trilaminado**

T °C	CATACIÓN		
	k (días <sup>-1</sup> )	1 / T (K)	LN(k)
40	0,00094	0,00319	-6,96698
50	0,00248	0,00309	-5,99923
60	0,00501	0,00300	-5,29668

En la Figura 44 se muestra un gráfico del logaritmo neperiano de las constantes de cinética de reacción para cada temperatura contra el inverso de la temperatura absoluta (Kelvin) para el café verde envasado en trilaminado para la catación.



**Figura 44: Variación del Ln (k) con la 1/Temperatura (1/K) para la catación del café verde envasado en trilaminado.**

Las Figuras 42, 43 y 44 se usaron para determinar los valores de Energía de Activación (Ea) y Constante de velocidad de reacción (k<sub>0</sub>) para los factores de calidad: color, acidez y catación respectivamente para el café verde envasado en trilaminado.

Se determinó para cada propiedad del café verde envasado en trilaminado el k<sub>20</sub> (constante de velocidad de reacción a 20 °C) usando la Ecuación 7.

Con el valor k<sub>20</sub> y dependiendo del orden de la reacción de cada atributo se determinó el tiempo de vida útil, para el orden de reacción cero (n=0) se usó la Ecuación 8 y para el orden de reacción uno (n=1) se usó la Ecuación 9.

En el Cuadro 49 se muestran las variables usadas para determinar el tiempo de vida útil de cada factor de calidad.

**Cuadro 49: Variables para determinar el tiempo de vida útil en el café verde envasado en trilaminado.**

ATRIBUTO	Ea (KJ/mol)	k <sub>0</sub> (días <sup>-1</sup> )	k <sub>20</sub> (días <sup>-1</sup> )	Tiempo (días)	Tiempo (meses)
<b>COLOR</b>	114,45	4,170 x 10 <sup>16</sup>	0,00017	898,8	29,96
<b>ACIDEZ</b>	76,97	3,914 x 10 <sup>10</sup>	0,00075	443,3	14,78
<b>CATA</b>	72,53	1,226 x 10 <sup>9</sup>	0,00015	329,5	10,98
<b>TIEMPO DE VIDA ÚTIL DEL CAFÉ VERDE ENVASADO EN TRILAMINADO</b>					<b>10 MESES</b>

El tiempo de vida útil del café verde envasado en trilaminado es de 10 meses porque el factor de calidad limitante es la catación, el redondeo se realizó por defecto.

En el Cuadro 50 se muestran los tiempos de vida útil del café verde y café pergamino, en los diferentes empaques por cada factor de calidad estudiados en la presente investigación.

**Cuadro 50: Tiempos de vida útil en meses para el café verde y el café pergamino en los tres diferentes empaques y diferentes factores de calidad.**

FACTORES DE CALIDAD	YUTE				YUTE MÁS SUPERBOLSA				TRILAMINADO			
	Pergamino (i)		Verde (i)		Pergamino (i)		Verde (i)		Pergamino (i)		Verde (i)	
<b>COLOR</b>	6,75	a	5,88	a	23,21	b	18,16	b	27,29	b	29,96	b
<b>ACIDEZ</b>	3,56	c	4,44	c	26,36	d	20,46	d	13,34	c	14,78	c
<b>CATA</b>	3,72	e	2,05	e	7,01	f	5,92	f	15,12	g	10,98	g
<b>Tiempos De Vida Finales</b>	<b>3 MES</b>		<b>2 MESES</b>		<b>7 MESES</b>		<b>5 MESES</b>		<b>13 MESES</b>		<b>10 MESES</b>	

(i) Letras indican la comparación estadística a un nivel de significancia del cinco por ciento entre el tipo de café pergamino y verde en los diferentes empaques en cada factor de calidad.

En la presente investigación la importancia de los empaques radica en su influencia en el tiempo de vida útil. Los empaques yute, superbolsa más yute y trilaminado ayudan a que el

café verde o café pergamino retengan sus atributos en función del microambiente generado por cada empaque.

El empaque de yute es un contenedor que cumple mínimamente las funciones del envase, pero se evaluó en la investigación porque se usa aún en la mayoría de las cafetaleras peruanas, con esta investigación se puede comparar las ventajas que trae el uso de un mejor envase en el almacenamiento tanto como para el café verde o el café pergamino.

No se usó sólo el envase superbolsa porque debido a su material (polietileno) no permite el apilado de sacos, este envase se usa en la industria cafetalera en conjunto con el yute.

Para estimar el tiempo de vida útil se consideró el factor de calidad delimitante para cada empaque de acuerdo al menor tiempo obtenido por la ecuación de Arrhenius de cada factor como se presenta en el Cuadro 50, de donde se entiende que:

En el empaque de yute para el café pergamino el menor tiempo obtenido es de tres meses (redondeado por defecto), siendo el factor limitante la acidez con 3,56 meses y la cata con 3,72 meses; para el café verde se obtuvo dos meses siendo el factor limitante la cata. Se puede apreciar también en el Cuadro 50 que no existen diferencias estadísticas significativas al almacenar en café pergamino o verde para todos los factores, por lo tanto, se indica que el tiempo de vida útil para el café verde o pergamino almacenado en yute es el mismo; tomando en consideración para el tiempo de vida útil final el menor valor es de dos meses.

En el empaque de superbolsa más yute para el café pergamino, el menor tiempo obtenido es de siete meses, siendo el factor limitante la cata; para el café verde se obtuvo cinco meses siendo el factor limitante la cata. Se puede apreciar también en el Cuadro 50 que no existen diferencias estadísticas significativas al almacenar en café pergamino o verde para todos los factores en este empaque, se puede indicar que el tiempo de vida útil para el café verde o pergamino almacenado en yute es el mismo; tomando en consideración para el tiempo de vida útil final el menor valor es de cinco meses.

En el empaque trilaminado para el café pergamino el menor tiempo obtenido es de 13 meses, siendo el factor delimitante la acidez; para el café verde se obtuvo diez meses siendo el factor delimitante la cata. Como se mencionó anteriormente que no existen diferencias estadísticas significativas al almacenar en café pergamino o verde para todos los factores, se puede indicar que el tiempo de vida útil para el café verde o pergamino almacenado en trilaminado

es el mismo; tomando en consideración para el tiempo de vida útil final el menor valor es de 10 meses.

Se realizó las comparaciones entre los empaques de acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos a un nivel de significancia de 0,05 en el factor de calidad color de donde se obtiene que el empaque trilaminado junto con el superbolsa más yute son los mejores empaques porque ofrecen mayor tiempo de vida cuando se almacena el café verde o pergamino siendo estos estadísticamente significativos con el empaque de yute.

Se realizó las comparaciones entre los empaques de acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos a un nivel de significancia de 0,05 en el factor de calidad acidez de donde se obtiene que el empaque superbolsa más yute como mejor empaque para almacenar el café verde o pergamino siendo este estadísticamente significativo con el empaque de yute y trilaminado.

Se realizó las comparaciones entre los empaques de acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos a un nivel de significancia de 0,05 en el factor de calidad delimitante catación de donde se obtiene que el empaque trilaminado como mejor empaque para almacenar el café verde o pergamino siendo este estadísticamente significativo con el empaque de yute y superbolsa más yute.

El factor de calidad delimitante es la evaluación sensorial conocida también como cata, así como la acidez en algunos casos; se debe tener en cuenta que los diferentes autores mencionan que en el tostado se desarrollan muchas reacciones químicas donde se forman nuevos compuestos a partir de otros, por ende esta investigación evaluó el factor de calidad color donde se evalúa al café verde sin ninguna transformación obteniendo para dicho factor tiempos de vida útil mayores en los diferentes empaques.

## V. CONCLUSIONES

- No existen diferencias significativas en almacenar en forma de café verde o café pergamino en los empaques de yute, superbolsa más yute y trilaminado en los factores color: café pergamino (media =  $30,82 \pm 2,07$ ) o café verde (media =  $30,51 \pm 2,07$ ); acidez: café pergamino (media =  $3,24 \pm 0,3$ ) o café verde (media =  $3,17 \pm 0,3$ ); catación: café pergamino (media =  $81,15 \pm 0,87$ ) o café verde (media =  $81,24 \pm 0,87$ ).
- El tiempo de vida útil del café verde o pergamino envasado en yute es de dos meses y el factor de calidad delimitante es la catación.
- El tiempo de vida útil del café verde o pergamino envasado en superbolsa más yute es de cinco meses y el factor de calidad delimitante es la catación.
- El tiempo de vida útil del café verde envasado en trilaminado es de 10 meses siendo el factor de calidad delimitante la catación.
- El mejor empaque para almacenar café verde o pergamino en el factor de calidad delimitante catación es el trilaminado (media =  $81,52 \pm 0,54$ ) en comparación con los empaques de superbolsa más yute (media =  $81,09 \pm 0,64$ ) y yute (media =  $80,95 \pm 0,69$ ).
- Los análisis fisicoquímicos que se realizaron al café verde nos muestran un contenido de Humedad de  $9,2 \pm 0,014\%$ , Ceniza  $4 \pm 0,057\%$ , Proteína  $14,3 \pm 0,049\%$ , Grasa  $12,5 \pm 0,021\%$ , y finalmente Carbohidratos  $60 \pm 0,014\%$ .
- Los análisis microbiológicos no reportaron la presencia de mohos y levaduras, aerobios mesófilos ni coliformes totales para el café verde y café pergamino.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Para la realización de futuros estudios de tiempo de vida útil en el café verde, se recomienda realizar a tiempo real en el envase de yute más superbolsa y trilaminado aplicando como controles de calidad pruebas olfativas diseñadas para el grano de café y evaluación pH del grano.
- Se recomienda evaluar la influencia de los procesos unitarios fermentado y desmucilaginado en el tiempo de vida útil del café verde.
- Se recomienda hacer una evaluación de las características fisicoquímicas principales del café verde en todo el Perú.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- ADEX (Asociación de Exportadores, PE). 2015. Ranking de Productos – Exportaciones. En línea el 15 ene. 2015. Disponible en <http://www.adexdatatrade.com/Members/RankingProductos.aspx>.
- ALVARADO, J. 1996. Principios de ingeniería aplicados a los alimentos. Radio comunicaciones, división de artes gráficas. OeA-PRDCT. Quito- Ecuador.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2006. Official Methods of Analysis of AOAC International. Chapter 30.
- ASTM D 751–06 2011. Standard Test Methods for Coated Fabrics. Weight. ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA.
- BARBERÁ, P. 2011. Cómo catar el café. Forum Café. Disponible en: <http://www.forumdelcafe.com/pdf/Los%20defectos%20del%20Cafe%20Verde.pdf>.
- BELITZ, H., GROSH, W., SCHIEREL, P. 2009. Química de los alimentos. 3<sup>ra</sup> Edición Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza. España.
- BELLO, J. 2000 Ciencia bromatológica. Principios generales de los alimentos. Ediciones Díaz de Santos, S.A. Madrid España.
- BHUMIRATANA, N; ADHIKARI, K; CHAMBERS, E. 2011. Evolution of sensory aroma attributes from coffee beans to brewed coffee. LWT - Food Science and Technology 44 (10): 2185-2192.
- BUDRY, G., NEBESNY, E., PODSDDEK, A., ZYZELEWICZ, D., MATERSKA, M., JANKOWSKI, S., JANDA, B. 2009. Effect of different extraction methods on the recovery of the chloregenic acids, caffeine and Maillard reaction products in coffee beans. European Food Research and Technology.
- CAFÉ&CACAO. 2014. Central de Organizaciones Productoras de Café y Cacao del Perú. Disponible de: <http://www.centralcafeycacao.org/>.



- CASTRO, P. Y. CONTRERAS 2004. Café De Especialidad: Alternativa Para El Sector Cafetalero Peruano. Programa de Magister en Administración: 24.
- CCI (Centro De Comercio Internacional) 2015. La guía del café. Disponible en: <http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Grado-de-humedad-y-secado/>.
- CERVERA, A. 2003. Envase y embalaje. La venta silenciosa. Editorial ESIC. España. Madrid.
- CHEFTEL, H; CHEFTEL, J.C. 1983. Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Zaragoza, ES. v. 1, 286 p.
- CHOCANO M. Y GUITERREZ R. 2001. Estudio de prefactibilidad para la producción de café especial (*Coffea arábica*) en grano verde con fines de exportación. Proyecto para optar el título profesional. UNALM.
- CLEVES, R. 1995. Tecnología en Beneficiado de café. San José, Costa Rica.
- CODEX 2009. Código De Prácticas Para Prevenir Y Reducir La Contaminación De Ocratoxina A En El Café. CAC/RCP. N°69. Pág. 1-38.
- CODINA, J. Y ROVIRA, J. 2010. Los Defectos del café verde. Revista Fórum Café. Fórum Cultural del café. Grupografico.com. Barcelona España. Disponible en: <http://www.forumdelcafe.com/pdf/Los%20defectos%20del%20Cafe%20Verde.pdf>.
- COGERSA. S.A.U. (Compañía para la Gestión de los Residuos Sólidos en Asturias, Sociedad Anónima Unipersonal) 2014. PEAD. Gobierno del Principado de Asturias. En línea: <http://cache.metaspacesportal.com/46975.pdf>.
- CONAFRUT 2000. El Cultivo De Los Cafés Especiales. Boletín técnico N° 31. Oficina de la Comisión Nacional de Fruticultura.
- CORNEJO 2012. Estimación del tiempo de vida sensorial de mixtura de frutas secas mediante el método de supervivencia. Tesis para optar el título de Magister Scientae. Escuela de Posgrado. UNALM.
- CUROTTO, M. 2006. Estudio de la Influencia de la cocción y el secado en algunos compuestos bioactivos y capacidad antioxidante de tres variedades de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*).
- DAMODARA, S., PARKIN, K., FENNEMA O. 2008. Fennema Química de los Alimentos. 3<sup>ra</sup> Edición Editorial ACRIBIA S.A. Zaragoza. España

- DÍAZ 2012. Evaluación de la Ocratoxina A en el Café (*Coffea arabica* L.) de las Principales zonas cafetaleras del Perú. Tesis para optar el título de Magister Scientae. Escuela de Posgrado. UNALM.
- DIETER H., GROSCH W. 1992. Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- ECHEVARRÍA, A. 2012. Comparativo en vivero de cinco variedades de café (*Coffea arabica* L.) en San Ramón, Chanchamayo. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, PE. 76 p.
- FIGUEROA, R. 1983. La Caficultura en el Perú. Lima, PE. 202 p
- FORSITHE S. Y HAYES P. 2002. Higiene De Los Alimentos, Microbiología y HACCP. 2<sup>da</sup> Edición. Editorial ACRIBIA, S.A.
- GARCÍA J., RODRÍGUEZ A. 2004. Químicas y agroalimentarias. Análisis y ensayos. Primera edición. Universidad politécnica de Valencia.
- GARCÍA, C. 2008. Estimación de la vida útil de un producto alimenticio pasteurizado y uno acidificado mediante pruebas aceleradas. Proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Química, Universidad de Costa Rica, San José.
- GARCÍA, C. Y MOLINA M. 2008. Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas. Universidad de Costa Rica, San José. Revista de Ingeniería. Volumen 18. Número 1-2.
- GARCÍA, C., CHACON, G., MOLINA M. 2011. Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. Ingeniería 21 (2): 31-38, ISSN: 1409-2441; 2011. San José, Costa Rica.
- GARCÍA, D. 1989. Estudio de los parámetros óptimos en el procesamiento de café verde, determinantes de su calidad. Tesis Ing. Indo. Alim. Lima, PE, UNALM.
- GÓMEZ, J. 2013. GrainPro SuperGrainbag<sup>TM</sup> o Super bolsa<sup>TM</sup>. Almacenamiento con atmósfera modificada (AM) de Productos agrícolas secos. GrainPro, Inc. Almacenamos el futuro. USA.
- GONZÁLES, J. 2008. Determinación del costo real en la siembra y cultivo de café pergamino. Licenciado, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- GRAIN PRO INC. 2013. Especificaciones de la superbolsa. Disponible en: <http://grainpro.com/gpi/>.

- HANZ D. Y WERNER G. 1992. Química de los alimentos. 2da Edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza España.
- HILL, G; GRIEGER, R. 1980. Kinetic data: Generation, interpretation, and use. Food Technology 34 (2): 56-66.
- HOUGH, G; FISZMAN, F. 2005. Estimación de la vida útil sensorial de los alimentos. Madrid, ES. 1. ed. 114 p.
- LABUZA, T. 1984. Application of chemical kinetics to deterioration of foods. Chemical Education, 61(4), 348-358.
- LABUZA, T. 2000. Determinación of shelf life of foods. Consultado en: ([www.Fscn.che.umn.edu/Ted\\_Labuza.tpl.html](http://www.Fscn.che.umn.edu/Ted_Labuza.tpl.html)).
- LABUZA, T; SCHMIDT, M. 1985. Accelerated shelf-life testing of foods. FoodTechnology 39(9): 57-64.
- MAGRET, R. 2002. Evaluación y selección de empaques para productos alimenticios aromáticos. Trabajo Monográfico. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero en Industrias Alimentarias.
- MARÍN, G. 2013. Control de Calidad del Café. MINAG (Ministerio de Agricultura). 2013. Series Históricas de Producción Agrícola (en línea). Consultado el 18 agosto. 2013. Disponible en <http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/>.
- MARÍN, S., ARCILA, J., MONTOYA, E., & OLIVEROS, C. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L.var. Colombia). Revista CENICAFÉ. Chinchiná, Caldas, Colombia, 54(3):208-225.
- MATERSKA, M. Y PERUKA, I. 2005. Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L). Journal of Agricultural and Food Chemistry.
- MINAG (Ministerio De Agricultura, PE). 2015. Series Históricas de Producción Agrícola (en línea). Consultado el 15 ene. 2015. Disponible en <http://frenteweb.minag.gob.pe/sisca/>.
- MINCETUR (Ministerio De Comercio Exterior Y Turismo, PE). 2009. Guía de envases y embalajes. Primera edición. Consultado el 20 de abril del 2016. Disponible en: <http://www.mincetur.gob.pe/comercio/>.
- MINSA (Ministerio De Salud, PE)-DIGESA (Dirección General De Salud Ambiental E Inocuidad Alimentaria, PE). 2008. NTS (Norma Técnica Sanitaria)

- N°071. Norma Sanitaria que establece los requisitos microbiológicos de calidad sanitaria e Inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. Lima, PE.
- NAPCOR (National Association for PET Container Resources) 2014. Lo básico del PET. En línea: [http://www.napcor.com/pdf/NAPCOR\\_PETBasics\\_spanish.pdf](http://www.napcor.com/pdf/NAPCOR_PETBasics_spanish.pdf).
  - NETER, J. 1983. Applied linear regression models. Illinois: Richard D. Irwin, Inc.
  - NTP (NORMA TÉCNICA PERUANA) 209.027 2007. Café verde. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI. Tercera Edición. Lima, Perú.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) 209.028 2015. Café tostado en grano o molido. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI. Tercera Edición. Lima, Perú.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) 209.310 2008. Café pergamino. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI. Segunda Edición. Lima, Perú.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) 209.311 2003. Cafés especiales. Requisitos. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI. Primera Edición. Lima, Perú.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) 231.063 1985. Sacos de Yute para café tipo exportación. Instituto De Investigación Tecnológica Industrial Y De Normas Técnicas ITINTEC. Edición. Lima, Perú.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) 399.095:1984 2011. Envases Flexibles. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua. 1a. ed. CTN 014: Envases y Embalajes.
  - NTP (Norma Técnica Peruana) ISO 3509 1998. Café y sus derivados. Vocabulario. Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales- INDECOPI. Primera Edición. Lima, Perú.
  - NTP (NORMA TÉCNICA PERUANA) ISO 4593 1998. Plásticos. Películas y laminados. Determinación del espesor por examen mecánico. 1a. ed. CTN 014: Envases y Embalajes.
  - OCAMPO, J. 2003. Determinación de la vida de anaquel del café soluble elaborado por la empresa de café S.A. y evaluación del tipo de empaque en la conservación del producto. Tesis Lic. Ing. Quim. Manizales, CO, UNAL. 104 p.

- PASCUAL, P. Y CALDERÓN, V. 2000. Microbiología Alimentaria. Metodología analítica para alimentos y bebidas. 2<sup>da</sup> Edición. Editado por Diaz de Santos S.A. Madrid. España.
- PELÁEZ, A. Y E. MORENO 2005. Aspectos De Calidad Del Café Para La Industria Torrefactora Nacional. S. Edición, División de Estrategia Y Proyectos Especiales De Comercialización Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
- PÉREZ, L., CHÁVEZ, K., MEDINA, L., GÁMEZ, N. 2013. Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica*, y *Coffea Canephora*. Posgrado en Biociencias de la Universidad de Sonora. Volumen XV.
- PIQUERA, C. y SALAS, M. 2009. Estudio de la prefactibilidad para la producción de café convencional (*Coffea arabica*). En grano pergamino con fines de comercio interno en la provincia de Satipo. Tesis para obtener el título profesional. UNALM... Ciclo Optativo de profesionalización en Gestión profesional Agrícola.
- PRIETO, A. 2002. Caracterización física del café semitostado. Tesis Ing. Química. Bogotá Colombia.
- PROEXPORT 2003. Cartilla de empaques y embalajes para exportación. Bogotá Colombia. Consultado 1 de octubre de 2013. En línea: <http://antiguo.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo2930DocumentNo8292.PDF>.
- PUERTA, G. 2003. Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia. Revista CENICAFÉ, Avances técnicos N° 0316.
- PUERTA, G. 2006. La humedad controlada del grano preserva la calidad del café. Chinchiná: Cenicafé. Avances Técnicos N° 352.
- PUERTA, G. 2011. Composición química de una taza de café. Avances Técnicos Cenicafé. Pág. 1-12.
- QUINTERO, G. 1999. "Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café." Cenicafé 50(1): 78-88.
- QUINTERO, P. 2009. "Los Catadores del Café" Cenicafé. ISSN-0120-0178. Programa de Investigación Científica. Gerencia Técnica.
- RAE (REAL ACADEMIA ESPAÑOLA) 2015. Diccionario de la lengua española. 22.a Edición. En línea: <http://www.rae.es/>.

- RIBEIRO F.; BOREM F.; GIOMO G.; LIMA R.; MALTA M.; FIGUEIREDO L.; 2011. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO<sub>2</sub>, Journal of Stored Products Research, 47(4), 341-348.
- SAAVEDRA, M. 2009. Elaboración de chips de yuca (*Manihot esculenta*) y su determinación de su vida en anaquel. Tesis para optar el título de Magister Scientae. Escuela de Posgrado. UNALM.
- SAGUY, I; KAREL, M. 1980. Modeling of Quality Deterioration during Food Processing and Storage. Food Technology 34(2): 78-80.
- SANDOVAL R. 2009. Determinación de pH y Acidez en Alimentos. En línea: <http://es.scribd.com/doc/69774122/4-DETERMINACION-DE-PH-Y-ACIDEZ-EN-ALIMENTOS#scribd>.
- SCAA (Specialty Coffee Association of America). 2009. SCAA Protocol; Cupping Specialty Coffee. California, US. 7 p.
- SERRACÍN F. 2013. Cafés diferenciados y los hitos en la cadena de valor. Cafetero, 1(4).
- SINGH, P. 1996. Computer applications in Food Technology. Use of Spreadsheets in Graphical, Statistical, and Process Analyses. Academic Pres. San Diego California. USA.
- SIVETZ, M; FOOTE, H. 1963. Coffee processing technology. Westport, US. v. 1. 598 p.
- SOTO, C. 2010. Guía Técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. IICA. Guatemala.
- TORRES, J. 2003. Determinación de la estabilidad del aceite de girasol coloreado con achiote mediante pruebas aceleradas de vida útil. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Facultad de Industrias Alimentarias. UNALM. Página 1-103.
- TRABA, J. 2013. La pulpa de café. Consideraciones para su aprovechamiento biotecnológico. Disponible en: <http://www.monografias.com/>.
- VALLE L., JUYO S., MORALES R., VELÁSQUEZ R. 1999. Propuesta de un plan HACCP para la Línea de Procesamiento de Café Verde: Un Plan de Higiene y Sanitización y Uno de Buenas Prácticas de Manufactura para la planta de Café en la Empresa Grafito S.A.C. Trabajo de investigación no experimental para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. UNALM.

- VERGARA, S. 2012. Café peruano: Aroma y Sabor para Nosotros y el Mundo. Reporte de Inteligencia de Mercados. Consultado 1 de octubre de 2013. Disponible en: <http://www.agrolalibertad.gob.pe/>.
- VIAN, A. 2006. Introducción a la Química Industrial. Editorial Revérte. Pág. 350
- VOTAVOVA, L., VOLDRICH, M., SEVCIK, R. CIZKOVA, H., MLEJNECKA, J., STOLAR, M., FLEISMAN, T. 2009. Changes on the antioxidant capacity of robusta coffe during roasting. Czech Journal of Food Sciencie.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Evaluación estadística del factor de calidad color

	Yute			Superbolsa más yute			Trilaminado		
	40	50	60	40	50	60	40	50	60
Café Pergamino	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189
	26,3965	34,9337	23,8747	34,101	35,4065	31,2653	31,7221	35,6296	32,4329
	26,076	35,2092	23,6579	33,7115	33,6837	25,3408	31,534	32,5143	31,6962
	24,5269	32,6214	23,4947	32,1957	30,7751	23,4106	30,0651	31,1497	25,4329
	23,4159	32,6287	22,4061	31,0275	25,707	22,0174	28,5117	26,9255	22,8866
Café Verde	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189	37,6189
	34,3806	31,6213	31,6573	34,2432	34,6608	31,5228	33,5828	35,1801	31,0014
	28,6925	28,1381	27,0387	33,667	31,3115	23,6482	31,7279	33,8644	23,7442
	26,376	28,4818	20,7762	32,1543	29,9083	23,9834	30,6328	31,6492	23,4381
	26,2232	27,896	19,8326	31,7134	26,213	22,8404	28,9827	26,1177	17,3274

#### 1. Identificación de factores

##### 1.1 Factores intrasujetos

Los factores intrasujetos que son tipo de empaque y temperatura, así como su interacción cumplen con el supuesto de esfericidad de Mauchly donde las varianzas de las diferencias de medias son similares porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ).

#### Factores dentro de sujetos

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Empaque	Temperatura	Variable dependiente
1	1	COLOR_Yute_40
	2	COLOR_Yute_50
	3	COLOR_Yute_60
2	1	COLOR_Superbolsa_40
	2	COLOR_Superbolsa_50
	3	COLOR_Superbolsa_60
3	1	COLOR_Trilaminado_40
	2	COLOR_Trilaminado_50
	3	COLOR_Trilaminado_60



## 1.2 Factores intersujetos

El factor intersujeto tipo de café cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ) para todas las interacciones.

**Factores inter-sujetos**

		Etiqueta de valor	N
Tipo de café	1	Café Pergamino	5
	2	Café Verde	5

## 2. Estadísticos descriptivos

**Estadísticos descriptivos**

	Tipo de café	Media	Desviación estándar	N
Color en empaque yute a 40°C	Café Pergamino	27,606840	5,7249399	5
	Café Verde	30,658258	5,1033847	5
	Total	29,132549	5,3598898	10
Color en empaque yute a 50°C	Café Pergamino	34,602380	2,0854910	5
	Café Verde	30,751234	4,1247184	5
	Total	32,676807	3,6897548	10
Color en empaque yute a 60°C	Café Pergamino	26,210460	6,4025844	5
	Café Verde	27,384752	7,4803135	5
	Total	26,797606	6,5932635	10
Color en empaque superbolsa y yute a 40°C	Café Pergamino	33,730918	2,4959657	5
	Café Verde	33,879344	2,3360834	5
	Total	33,805131	2,2804385	10
Color en empaque superbolsa y yute a 50°C	Café Pergamino	32,638244	4,6118718	5
	Café Verde	31,942506	4,3867576	5
	Total	32,290375	4,2591359	10
Color en empaque superbolsa y yute a 60°C	Café Pergamino	27,930608	6,4631261	5
	Café Verde	27,922746	6,4536202	5
	Total	27,926677	6,0890156	10
Color en empaque trilaminado a 40°C	Café Pergamino	31,890356	3,4539394	5
	Café Verde	32,509023	3,3102004	5
	Total	32,199690	3,2059904	10
Color en empaque trilaminado a 50°C	Café Pergamino	32,767614	4,1393866	5
	Café Verde	32,886067	4,3577641	5

Continuación

	Total	32,826841	4,0074042	10
Color en empaque trilaminado a 60°C	Café Pergamino	30,013512	5,8800963	5
	Café Verde	26,626007	7,8249603	5
	Total	28,319759	6,7651897	10

3. Prueba de esfericidad de Mauchly

**Prueba de esfericidad de Mauchly<sup>a</sup>**

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Efecto intra sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi- cuadrado	gl	Sig.	Épsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse- Geisser	Huynh- Feldt	Límite inferior
Empaque	,579	3,829	2	,147	,704	,915	,500
Temperatura	,541	4,299	2	,117	,685	,883	,500
Empaque *	,141	12,590	9	,196	,658	1,000	,250
Temperatura							

Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.

3.1 Prueba de efectos dentro de los sujetos

En la interacción de los factores intrasujetos tipo de empaque y temperatura con el factor intersujeto de tipo de café se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de café x tipo de empaque x temperatura en la variable color  $F(4,32) = 4,92$ ,  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,38$  (indica que el 38% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de café, tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta color no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C y además no se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde.

En la interacción de los factores intrasujetos empaque y temperatura se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de empaque x temperatura en la variable respuesta de color siendo  $F(4,32) = 5,81$ ,  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,42$  (indica que el 42% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el

comportamiento de la variable respuesta color no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60°C sin tener en cuenta el tipo de café.

En el factor intrasujetos de empaque, se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor tipo de empaque en la variable color  $F(2,16) = 7,64$ ,  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,49$  (indica que el 49% de la varianza se explica por las diferencias en el color por haber sido almacenados diferentes tipos de empaque). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta color no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado sin tener en cuenta la temperatura aplicada ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en el color según el tipo de empaque.

En el factor intrasujeto de temperatura se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor temperatura usada con la variable color  $F(2,16) = 19,746$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,71$  (indica que el 71% de la varianza se explica por las diferencias en el color por haber sido almacenado en diferente temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta color no es el mismo si se ha almacenado a temperatura de 40°, 50° y 60 °C sin tener en cuenta el tipo de envase utilizado ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en el color según la temperatura de almacenamiento.

#### Pruebas de efectos dentro de sujetos

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Empaque	Esfericidad asumida	58,047	2	29,024	7,636	,005	,488	15,271	,898
	Greenhouse-Geisser	58,047	1,407	41,252	7,636	,012	,488	10,744	,795
	Huynh-Feldt	58,047	1,831	31,703	7,636	,006	,488	13,980	,875
	Límite inferior	58,047	1,000	58,047	7,636	,025	,488	7,636	,679

Continuación

Empaque * CAFÉ	Esfericida d asumida	4,001	2	2,001	,526	,60 1	,062	1,053	,122
	Greenhou se- Geisser	4,001	1,40 7	2,844	,526	,54 3	,062	,741	,109
	Huynh- Feldt	4,001	1,83 1	2,185	,526	,58 6	,062	,964	,118
	Límite inferior	4,001	1,00 0	4,001	,526	,48 9	,062	,526	,098
Error(Empaque)	Esfericida d asumida	60,818	16	3,801					
	Greenhou se- Geisser	60,818	11,2 57	5,403					
	Huynh- Feldt	60,818	14,6 48	4,152					
	Límite inferior	60,818	8,00 0	7,602					
Temperatura	Esfericida d asumida	412,076	2	206,038	19,7 46	,00 0	,712	39,492	1,000
	Greenhou se- Geisser	412,076	1,37 1	300,591	19,7 46	,00 1	,712	27,070	,994
	Huynh- Feldt	412,076	1,76 6	233,302	19,7 46	,00 0	,712	34,877	,999
	Límite inferior	412,076	1,00 0	412,076	19,7 46	,00 2	,712	19,746	,972
Temperatura * CAFÉ	Esfericida d asumida	30,378	2	15,189	1,45 6	,26 3	,154	2,911	,266
	Greenhou se- Geisser	30,378	1,37 1	22,159	1,45 6	,26 5	,154	1,996	,218
	Huynh- Feldt	30,378	1,76 6	17,199	1,45 6	,26 4	,154	2,571	,248
	Límite inferior	30,378	1,00 0	30,378	1,45 6	,26 2	,154	1,456	,187
Error(Temperatura)	Esfericida d asumida	166,950	16	10,434					
	Greenhou se- Geisser	166,950	10,9 67	15,223					

Continuación

	Huynh-Feldt	166,950	14,130	11,815					
	Límite inferior	166,950	8,000	20,869					
Empaque * Temperatura	Esfericidad asumida	68,698	4	17,175	5,811	,001	,421	23,246	,964
	Greenhouse-Geisser	68,698	2,633	26,091	5,811	,006	,421	15,302	,880
	Huynh-Feldt	68,698	4,000	17,175	5,811	,001	,421	23,246	,964
	Límite inferior	68,698	1,000	68,698	5,811	,042	,421	5,811	,563
Empaque * Temperatura * CAFÉ	Esfericidad asumida	58,143	4	14,536	4,919	,003	,381	19,674	,928
	Greenhouse-Geisser	58,143	2,633	22,082	4,919	,012	,381	12,951	,817
	Huynh-Feldt	58,143	4,000	14,536	4,919	,003	,381	19,674	,928
	Límite inferior	58,143	1,000	58,143	4,919	,057	,381	4,919	,496
Error(Empaque*Temperatura)	Esfericidad asumida	94,570	32	2,955					
	Greenhouse-Geisser	94,570	21,064	4,490					
	Huynh-Feldt	94,570	32,000	2,955					
	Límite inferior	94,570	8,000	11,821					

a. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

4. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>				
	F	df1	df2	Sig.
Color en empaque yute a 40°C	,023	1	8	,884
Color en empaque yute a 50°C	1,829	1	8	,213

Continuación

Color en empaque yute a 60°C	,266	1	8	,620
Color en empaque superbolsa y yute a 40°C	,004	1	8	,951
Color en empaque superbolsa y yute a 50°C	,012	1	8	,917
Color en empaque superbolsa y yute a 60°C	,004	1	8	,950
Color en empaque trilaminado a 40°C	,019	1	8	,893
Color en empaque trilaminado a 50°C	,006	1	8	,940
Color en empaque trilaminado a 60°C	,507	1	8	,497

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

4.1 Prueba de efectos intersujetos

En el factor intersujeto tipo de café se interpreta que no existe un efecto principal significativo del factor tipo de café en la variable color  $F(1,8) = 0,12$ ,  $p > 0,05$  y  $\eta^2 = 0,01$  (indica que el 1% de la varianza se explica por las diferencias en el color por haber al evaluar el café pergamino y el café verde). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta color es el mismo si se utiliza el café pergamino y el café verde, no existen diferencias estadísticamente significativas en el color según el tipo de café.

**Pruebas de efectos inter-sujetos**

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Interceptación	84624,934	1	84624,934	437,356	,000	,982	437,356	1,000
CAFÉ	2,226	1	2,226	,012	,917	,001	,012	,051
Error	1547,936	8	193,492					

a. Se ha calculado utilizando  $\alpha = ,05$

## 5. Comparaciones por pares sin interacción

### 5.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto tipo de empaque con respecto a la variable color, sin tomar en cuenta la interacción con la temperatura ni el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Existe diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 29,54) o el empaque superbolsa más yute (media = 31,34).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 29,54) o el empaque trilaminado (media = 31,12).
- No existen diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque superbolsa más yute (media = 31,34) o el empaque trilaminado (media = 31,12).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Empaque	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	29,536	1,605	25,834	33,237
2	31,341	1,373	28,175	34,506
3	31,115	1,497	27,662	34,569

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-1,805*	,560	,012	-3,097	-,514
	3	-1,580*	,597	,029	-2,955	-,204
2	1	1,805*	,560	,012	,514	3,097
	3	,225	,301	,476	-,469	,920
3	1	1,580*	,597	,029	,204	2,955
	2	-,225	,301	,476	-,920	,469

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 5.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto temperatura respecto a la variable color sin tomar en cuenta la interacción con el tipo de empaque ni con el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados, el cuadro estadístico se presenta en el Anexo 1:

- No existen diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 31,71) o 50 °C (media = 32,60).
- Existen diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 31,71) o 60 °C (media = 27,68).
- Existen diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 32,60) o 60 °C (media = 27,68).

### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	31,712	1,171	29,013	34,412
2	32,598	1,210	29,807	35,389
3	27,681	2,076	22,894	32,469

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-,886	,475	,099	-1,981	,210
	3	4,031*	,950	,003	1,841	6,221
2	1	,886	,475	,099	-,210	1,981
	3	4,917*	,980	,001	2,658	7,175
3	1	-4,031*	,950	,003	-6,221	-1,841
	2	-4,917*	,980	,001	-7,175	-2,658

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).



### 5.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No existen diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado en café pergamino (media =  $30,82 \pm 2,07$ ) o café verde (media =  $30,51 \pm 2,07$ ).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Tipo de café	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	30,821	2,074	26,039	35,603
Café Verde	30,507	2,074	25,725	35,288

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	Café Verde	,315	2,933	,917	-6,448	7,077
Café Verde	Café Pergamino	-,315	2,933	,917	-7,077	6,448

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6. Comparaciones por pares con interacción

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones.

#### 6.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 27,61 y desviación estándar = 5,72) o el empaque superbolsa más yute (media = 33,73 y desviación estándar = 2,50).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 27,61 y desviación estándar = 5,72) o el empaque trilaminado (media = 31,89 y desviación estándar = 3,45).

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 33,73 y desviación estándar = 2,50) o el empaque trilaminado (media = 31,89 y desviación estándar = 3,45).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 34,60 y desviación estándar = 2,09) o el empaque superbolsa más yute (media = 32,64 y desviación estándar = 4,61).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 34,60 y desviación estándar = 2,09) o el empaque trilaminado (media = 32,77 y desviación estándar = 4,14).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 32,64 y desviación estándar = 4,61) o el empaque trilaminado (media = 32,77 y desviación estándar = 4,14).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 26,21 y desviación estándar = 6,40) o el empaque superbolsa más yute (media = 30,01 y desviación estándar = 5,88).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 26,21 y desviación estándar = 6,40) o el empaque trilaminado (media = 30,01 y desviación estándar = 5,88).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 27,93 y desviación estándar = 6,46) o el empaque trilaminado (media = 30,01 y desviación estándar = 5,88).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 30,66 y desviación estándar = 5,10) o el empaque superbolsa más yute (media = 33,88 y desviación estándar = 2,34).

- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 30,66 y desviación estándar = 5,10) o el empaque trilaminado (media = 32,51 y desviación estándar = 3,31).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 33,88 y desviación estándar = 2,34) o el empaque trilaminado (media = 32,51 y desviación estándar = 3,31).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 30,75 y desviación estándar = 4,12) o el empaque superbolsa más yute (media = 31,94 y desviación estándar = 4,38).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 30,75 y desviación estándar = 4,12) o el empaque trilaminado (media = 32,88 y desviación estándar = 4,36).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 31,94 y desviación estándar = 4,38) o el empaque trilaminado (media = 32,88 y desviación estándar = 4,36).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 27,38 y desviación estándar = 7,48) o el empaque superbolsa más yute (media = 27,92 y desviación estándar = 6,45).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 27,38 y desviación estándar = 7,48) o el empaque trilaminado (media = 26,63 y desviación estándar = 7,82).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 27,92 y desviación estándar = 6,45) o el empaque trilaminado (media = 26,63 y desviación estándar = 7,82).

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Tipo de café	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	-6,124*	1,443	,003	-9,452	-2,796
			3	-4,284*	1,019	,003	-6,633	-1,935
		2	1	6,124*	1,443	,003	2,796	9,452
			3	1,841*	,472	,005	,752	2,929
		3	1	4,284*	1,019	,003	1,935	6,633
			2	-1,841*	,472	,005	-2,929	-,752
	2	1	2	1,964	1,136	,122	-,657	4,585
			3	1,835	1,240	,177	-1,024	4,693
		2	1	-1,964	1,136	,122	-4,585	,657
			3	-,129	,456	,784	-1,182	,923
		3	1	-1,835	1,240	,177	-4,693	1,024
			2	,129	,456	,784	-,923	1,182
3	1	2	-1,720	1,344	,236	-4,819	1,378	
		3	-3,803*	1,511	,036	-7,287	-,319	
	2	1	1,720	1,344	,236	-1,378	4,819	
		3	-2,083	1,089	,092	-4,595	,429	
	3	1	3,803*	1,511	,036	,319	7,287	
		2	2,083	1,089	,092	-,429	4,595	
Café Verde	1	1	2	-3,221	1,443	,056	-6,549	,107
			3	-1,851	1,019	,107	-4,200	,498
		2	1	3,221	1,443	,056	-,107	6,549
			3	1,370*	,472	,020	,282	2,459
		3	1	1,851	1,019	,107	-,498	4,200
			2	-1,370*	,472	,020	-2,459	-,282
	2	1	2	-1,191	1,136	,325	-3,812	1,429
			3	-2,135	1,240	,123	-4,993	,724
		2	1	1,191	1,136	,325	-1,429	3,812
			3	-,944	,456	,073	-1,996	,109
		3	1	2,135	1,240	,123	-,724	4,993
			2	,944	,456	,073	-,109	1,996
	3	1	2	-,538	1,344	,699	-3,636	2,560

Continuación

	3	,759	1,511	,629	-2,725	4,243
2	1	,538	1,344	,699	-2,560	3,636
	3	1,297	1,089	,268	-1,215	3,809
3	1	-.759	1,511	,629	-4,243	2,725
	2	-1,297	1,089	,268	-3,809	1,215

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 6.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 27,61 y desviación estándar = 5,72) o 50 °C (media = 34,60 y desviación estándar = 2,09).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 27,61 y desviación estándar = 5,72) o 60 °C (media = 26,21 y desviación estándar = 6,40).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 34,60 y desviación estándar = 2,09) o 60 °C (media = 26,21 y desviación estándar = 6,40).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 33,73 y desviación estándar = 2,49) o 50 °C (media = 32,64 y desviación estándar = 4,61).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 33,73 y desviación estándar = 2,49) o 60 °C (media = 27,93 y desviación estándar = 6,46).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C e (media = 32,64 y desviación estándar = 4,61) o 60 °C (media = 27,93 y desviación estándar = 6,46).

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 31,89 y desviación estándar = 3,45) o el 50 °C (media = 32,76 y desviación estándar = 4,14).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 31,89 y desviación estándar = 3,45) o 60 °C (media = 30,01 y desviación estándar = 5,88).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 32,76 y desviación estándar = 4,14) o 60 °C (media = 30,01 y desviación estándar = 5,88).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 30,66 y desviación estándar = 5,10) o 50 °C (media = 30,75 y desviación estándar = 4,12).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 30,66 y desviación estándar = 5,10) o 60 °C (media = 27,38 y desviación estándar = 7,48).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 30,75 y desviación estándar = 4,12) o 60 °C (media = 27,38 y desviación estándar = 7,48).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 33,87 y desviación estándar = 2,34) o 50 °C (media = 31,94 y desviación estándar = 4,39).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 33,87 y desviación estándar = 2,34) o 60 °C (media = 27,92 y desviación estándar = 6,45).

- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 31,94 y desviación estándar = 4,39) o 60 °C (media = 27,92 y desviación estándar = 6,45).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p > 0,05$ ) han almacenado a 40 °C (media = 32,51 y desviación estándar = 3,31) o 50 °C (media = 32,89 y desviación estándar = 4,36).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 32,51 y desviación estándar = 3,31) o 60 °C (media = 26,63 y desviación estándar = 7,82).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en el color ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 32,89 y desviación estándar = 4,36) o 60 °C (media = 26,63 y desviación estándar = 7,82).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Tipo de café	(I) Empaque	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
						Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	2	-6,996*	1,389	,001	-10,197	-3,794
		3	1,396	,913	,165	-,708	3,501
		3	8,392*	2,002	,003	3,775	13,009
	2	1	6,996*	1,389	,001	3,794	10,197
		2	-8,392*	2,002	,003	-13,009	-3,775
		3	-1,396	,913	,165	-3,501	,708
Café Verde	1	2	1,093	1,099	,349	-1,442	3,627
		3	5,800*	1,898	,016	1,423	10,177
		3	4,708*	1,397	,010	1,486	7,929
	2	1	-1,093	1,099	,349	-3,627	1,442
		2	-5,800*	1,898	,016	-10,177	-1,423
		3	-4,708*	1,397	,010	-7,929	-1,486

Continuación

3	1	2	-,877	,891	,353	-2,931	1,176	
		3	1,877	1,739	,312	-2,134	5,887	
	2	1	,877	,891	,353	-1,176	2,931	
		3	2,754	1,505	,105	-,716	6,224	
	3	1	-1,877	1,739	,312	-5,887	2,134	
		2	-2,754	1,505	,105	-6,224	,716	
Café Verde 1	1	2	-,093	1,389	,948	-3,295	3,109	
		3	3,274*	,913	,007	1,169	5,378	
	2	1	,093	1,389	,948	-3,109	3,295	
		3	3,366	2,002	,131	-1,251	7,984	
	3	1	-3,274*	,913	,007	-5,378	-1,169	
		2	-3,366	2,002	,131	-7,984	1,251	
	2	1	2	1,937	1,099	,116	-,598	4,472
			3	5,957*	1,898	,014	1,580	10,334
		2	1	-1,937	1,099	,116	-4,472	,598
			3	4,020*	1,397	,021	,799	7,241
		3	1	-5,957*	1,898	,014	-10,334	-1,580
			2	-4,020*	1,397	,021	-7,241	-,799
3	1	2	-,377	,891	,683	-2,431	1,676	
		3	5,883*	1,739	,010	1,873	9,893	
	2	1	,377	,891	,683	-1,676	2,431	
		3	6,260*	1,505	,003	2,790	9,730	
	3	1	-5,883*	1,739	,010	-9,893	-1,873	
		2	-6,260*	1,505	,003	-9,730	-2,790	

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No se realizó las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intersujeto tipo de café por no presentar efecto principal significativo.

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_Calidad\_COLOR

Empaque	Temperatura	(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
							Límite inferior	Límite superior



Continuación

1	1	Café Pergamino	Café Verde	-3,051	3,430	,400	-10,961	4,858
		Café Verde	Café Pergamino	3,051	3,430	,400	-4,858	10,961
	2	Café Pergamino	Café Verde	3,851	2,067	,099	-,915	8,618
		Café Verde	Café Pergamino	-3,851	2,067	,099	-8,618	,915
	3	Café Pergamino	Café Verde	-1,174	4,403	,796	-11,328	8,980
		Café Verde	Café Pergamino	1,174	4,403	,796	-8,980	11,328
2	1	Café Pergamino	Café Verde	-,148	1,529	,925	-3,674	3,377
		Café Verde	Café Pergamino	,148	1,529	,925	-3,377	3,674
	2	Café Pergamino	Café Verde	,696	2,847	,813	-5,868	7,260
		Café Verde	Café Pergamino	-,696	2,847	,813	-7,260	5,868
	3	Café Pergamino	Café Verde	,008	4,085	,999	-9,411	9,427
		Café Verde	Café Pergamino	-,008	4,085	,999	-9,427	9,411
3	1	Café Pergamino	Café Verde	-,619	2,139	,780	-5,552	4,315
		Café Verde	Café Pergamino	,619	2,139	,780	-4,315	5,552
	2	Café Pergamino	Café Verde	-,118	2,688	,966	-6,317	6,080
		Café Verde	Café Pergamino	,118	2,688	,966	-6,080	6,317
	3	Café Pergamino	Café Verde	3,388	4,377	,461	-6,707	13,482
		Café Verde	Café Pergamino	-3,388	4,377	,461	-13,482	6,707

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## ANEXO 2: Evaluación estadística del factor de calidad acidez

	Yute			Superbolsa más yute			Trilaminado		
	40	50	60	40	50	60	40	50	60
Café Pergamino	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934	4,1934
	3,8355	3,9376	3,2757	3,89	2,4465	3,519	3,906	3,3413	3,2611
	3,6265	3,0332	3,0417	3,9021	3,0207	2,9189	3,8491	2,9316	2,8418
	2,8925	2,8687	2,6938	3,0948	2,2289	2,7169	3,3985	2,6588	2,4892
	2,8095	2,7757	2,3373	2,9584	1,6001	2,3942	2,9915	2,4462	2,287
Café Verde	4,1934	4,1878	4,1878	4,1878	4,1878	4,1878	4,1878	4,1878	4,1878
	4,0657	3,6517	3,3147	4,0902	2,8074	3,0285	3,6382	3,5063	3,5663
	2,9026	2,9637	2,7638	3,7715	2,847	2,7301	3,268	3,2594	2,9173
	2,8833	2,7106	2,3961	3,1404	2,6249	2,2544	3,0379	3,0852	2,7387
	2,3254	2,6276	2,1477	3,0305	2,0199	1,459	2,7467	2,4881	2,5319

### 1. Identificación de factores

#### 1.1 Factores Intrasujetos

Los factores intrasujetos que son tipo de empaque y temperatura, así como su interacción cumplen con el supuesto de esfericidad de Mauchly donde las varianzas de las diferencias de medias son similares porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ).

#### Factores dentro de sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Empaque	Temperatura	Variable dependiente
1	1	Yute_40
	2	Yute_50
	3	Yute_60
2	1	Superbolsa_40
	2	Superbolsa_50
	3	Superbolsa_60
3	1	Trilaminado_40
	2	Trilaminado_50
	3	Trilaminado_60

## 1.2 Factores intersujetos

El factor intersujeto tipo de café cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ) para todas las interacciones.

**Factores inter-sujetos**

		Etiqueta de valor	N
Tipo de café	1	Café Pergamino	5
	2	Café Verde	5

## 2. Estadísticos descriptivos

**Estadísticos descriptivos**

	Tipo de café	Media	Desviación estándar	N
En empaque yute a 40°C	Café Pergamino	3,471480	,6023175	5
	Café Verde	3,274060	,8158486	5
	Total	3,372770	,6840255	10
En empaque yute a 50°C	Café Pergamino	3,361720	,6553135	5
	Café Verde	3,228284	,6705869	5
	Total	3,295002	,6290207	10
En empaque yute a 60°C	Café Pergamino	3,108380	,7028783	5
	Café Verde	2,961998	,8138966	5
	Total	3,035189	,7210665	10
En empaque superbolsa y yute a 40°C	Café Pergamino	3,607722	,5463555	5
	Café Verde	3,644054	,5341012	5
	Total	3,625888	,5097247	10
En empaque superbolsa y yute a 50°C	Café Pergamino	2,697904	,9783848	5
	Café Verde	2,897404	,7937313	5
	Total	2,797654	,8464622	10
En empaque superbolsa y yute a 60°C	Café Pergamino	3,148466	,7136168	5
	Café Verde	2,731956	1,0069584	5
	Total	2,940211	,8515710	10
En empaque trilaminado a 40°C	Café Pergamino	3,667676	,4732246	5
	Café Verde	3,375716	,5589665	5
	Total	3,521696	,5119290	10

Continuación

En empaque trilaminado a 50°C	Café Pergamino	3,114242	,6897708	5
	Café Verde	3,305364	,6199929	5
	Total	3,209803	,6264555	10
En empaque trilaminado a 60°C	Café Pergamino	3,014490	,7558977	5
	Café Verde	3,188404	,6797662	5
	Total	3,101447	,6838996	10

### 3. Prueba de esfericidad de Mauchly

#### Prueba de esfericidad de Mauchly<sup>a</sup>

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Empaque	,732	2,186	2	,335	,789	1,000	,500
Temperatura	,462	5,398	2	,067	,650	,822	,500
Empaque * Temperatura	,196	10,444	9	,331	,609	1,000	,250

Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.

#### 3.1 Prueba de efectos dentro de los sujetos

En la interacción de los factores intrasujetos tipo de empaque y temperatura con el factor intersujeto de tipo de café se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de café x tipo de empaque x temperatura en la variable acidez  $F(4,32) = 3,35$ ,  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,30$  (indica que el 30% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de café, tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta acidez no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C y además no se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde.

En la interacción de los factores intrasujetos empaque y temperatura se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de empaque x temperatura en la variable respuesta de acidez siendo  $F(4,32) = 7,82$ ,  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,42$  (indica que el 49% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta acidez no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C sin tener en cuenta el tipo de café.

En el factor intrasujeto de empaque, se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor tipo de empaque en la variable acidez  $F(2,16) = 4,30$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,35$  (indica que el 35% de la varianza se explica por las diferencias en la acidez por haber sido almacenados diferentes tipos de empaque). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta acidez no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado sin tener en cuenta la temperatura aplicada ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la acidez según el tipo de empaque.

En el factor intrasujeto de temperatura se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor temperatura usada con la variable acidez  $F(2,16) = 23,49$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,75$  (indica que el 75% de la varianza se explica por las diferencias en la acidez por haber sido almacenado en diferente temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta acidez no es el mismo si se ha almacenado a temperatura de 40°, 50° y 60 °C sin tener en cuenta el tipo de envase utilizado ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la acidez según la temperatura de almacenamiento.

**Pruebas de efectos dentro de sujetos**

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Empaque	Esfericidad asumida	,391	2	,196	4,304	,032	,350	8,607	,663
	Greenhouse-Geisser	,391	1,577	,248	4,304	,045	,350	6,787	,582

Continuación

	Huynh-Feldt	,391	2,000	,196	4,304	,03 2	,350	8,607	,663
	Límite inferior	,391	1,000	,391	4,304	,07 2	,350	4,304	,447
Empaque * CAFE	Esfericidad asumida	,126	2	,063	1,391	,27 7	,148	2,782	,255
	Greenhouse-Geisser	,126	1,577	,080	1,391	,27 8	,148	2,193	,225
	Huynh-Feldt	,126	2,000	,063	1,391	,27 7	,148	2,782	,255
	Límite inferior	,126	1,000	,126	1,391	,27 2	,148	1,391	,181
Error(Empaque)	Esfericidad asumida	,727	16	,045					
	Greenhouse-Geisser	,727	12,61 7	,058					
	Huynh-Feldt	,727	16,00 0	,045					
	Límite inferior	,727	8,000	,091					
Temperatura	Esfericidad asumida	4,020	2	2,010	23,49 3	,00 0	,746	46,986	1,000
	Greenhouse-Geisser	4,020	1,301	3,090	23,49 3	,00 0	,746	30,559	,997
	Huynh-Feldt	4,020	1,643	2,446	23,49 3	,00 0	,746	38,602	1,000
	Límite inferior	4,020	1,000	4,020	23,49 3	,00 1	,746	23,493	,988
Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	,257	2	,129	1,503	,25 2	,158	3,007	,273
	Greenhouse-Geisser	,257	1,301	,198	1,503	,25 7	,158	1,956	,217
	Huynh-Feldt	,257	1,643	,157	1,503	,25 5	,158	2,470	,245
	Límite inferior	,257	1,000	,257	1,503	,25 5	,158	1,503	,191
Error(Temperatura)	Esfericidad asumida	1,369	16	,086					

	Greenhouse-Geisser	1,369	10,406	,132					
	Huynh-Feldt	1,369	13,145	,104					
	Límite inferior	1,369	8,000	,171					
Empaque * Temperatura	Esfericidad asumida	1,479	4	,370	7,821	,000	,494	31,284	,993
	Greenhouse-Geisser	1,479	2,435	,607	7,821	,002	,494	19,045	,945
	Huynh-Feldt	1,479	4,000	,370	7,821	,000	,494	31,284	,993
	Límite inferior	1,479	1,000	1,479	7,821	,023	,494	7,821	,689
Empaque * Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	,633	4	,158	3,350	,021	,295	13,399	,786
	Greenhouse-Geisser	,633	2,435	,260	3,350	,048	,295	8,157	,613
	Huynh-Feldt	,633	4,000	,158	3,350	,021	,295	13,399	,786
	Límite inferior	,633	1,000	,633	3,350	,105	,295	3,350	,364
Error(Empaque*Temperatura)	Esfericidad asumida	1,513	32	,047					
	Greenhouse-Geisser	1,513	19,481	,078					
	Huynh-Feldt	1,513	32,000	,047					
	Límite inferior	1,513	8,000	,189					

a. Se ha calculado utilizando  $\alpha = ,05$

#### 4. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
En empaque yute a 40°C	1,309	1	8	,286
En empaque yute a 50°C	,005	1	8	,946
En empaque yute a 60°C	,247	1	8	,633

## Continuación

En empaque superbolsa y yute a 40°C	,025	1	8	,877
En empaque superbolsa y yute a 50°C	,376	1	8	,557
En empaque superbolsa y yute a 60°C	,179	1	8	,684
En empaque trilaminado a 40°C	,105	1	8	,754
En empaque trilaminado a 50°C	,140	1	8	,718
En empaque trilaminado a 60°C	,007	1	8	,933

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

### 4.1 Prueba de efectos intersujetos

En el factor intersujeto tipo de café se interpreta que no existe un efecto principal significativo del factor tipo de café en la variable acidez  $F(1,8) = 0,23$ ;  $p > 0,05$  y  $\eta^2 = 0,03$  (indica que el 3% de la varianza se explica por las diferencias en la acidez por haber al evaluar el café pergamino y el café verde). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta acidez es el mismo si se utiliza el café pergamino y el café verde, no existen diferencias estadísticamente significativas en la acidez según el tipo de café.

### Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Interceptación	927,989	1	927,989	223,988	,000	,966	223,988	1,000
CAFE	,095	1	,095	,023	,883	,003	,023	,052
Error	33,144	8	4,143					

a. Se ha calculado utilizando  $\alpha = ,05$

### 5. Comparaciones por pares sin interacción



## 5.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto tipo de empaque con respecto a la variable acidez, sin tomar en cuenta la interacción con la temperatura ni el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- No existe diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,23) o el empaque superbolsa más yute (media = 3,12).
- No existe diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,23) o el empaque trilaminado (media = 3,28).
- Existe presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque superbolsa más yute (media = 3,12) o el empaque trilaminado (media = 3,28).

### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Empaque	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	3,234	,221	2,725	3,743
2	3,121	,232	2,586	3,657
3	3,278	,196	2,825	3,730

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,113	,067	,132	-,042	,269
	3	-,043	,044	,353	-,145	,058
2	1	-,113	,067	,132	-,269	,042
	3	-,156*	,051	,016	-,274	-,039
3	1	,043	,044	,353	-,058	,145
	2	,156*	,051	,016	,039	,274

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 5.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto temperatura respecto a la variable acidez sin tomar en cuenta la interacción con el tipo de empaque ni con el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados, el cuadro estadístico se presenta en el Anexo 2:

- Existe diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,51) o 50 °C (media = 3,10).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,51) o 60 °C (media = 3,03).
- No existe diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 3,10) o 60 °C (media = 3,03).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	3,507	,183	3,084	3,930
2	3,101	,224	2,585	3,616
3	3,026	,245	2,460	3,591

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,406*	,084	,001	,212	,600
	3	,481*	,092	,001	,270	,693
2	1	-,406*	,084	,001	-,600	-,212
	3	,075	,040	,096	-,017	,167
3	1	-,481*	,092	,001	-,693	-,270
	2	-,075	,040	,096	-,167	,017

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 5.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No existen diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado en café pergamino (media =  $3,24 \pm 0,3$ ) o café verde (media =  $3,17 \pm 0,3$ ).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Tipo de café	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	3,244	,303	2,544	3,943
Café Verde	3,179	,303	2,479	3,878

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	Café Verde	,065	,429	,883	-,925	1,055
Café Verde	Café Pergamino	-,065	,429	,883	-1,055	,925

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

#### 6. Comparaciones por pares de las interacciones

##### 6.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto empaque en relación a la acidez.

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,47 y desviación estándar = 0,60) o el empaque superbolsa más yute (media = 3,61 y desviación estándar = 0,55).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,47 y desviación estándar = 0,60) o el empaque trilaminado (media = 3,67 y desviación estándar = 0,47).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque

superbolsa más yute (media = 3,61 y desviación estándar = 0,55) o el empaque trilaminado (media = 3,67 y desviación estándar = 0,47).

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,36 y desviación estándar = 0,66) o el empaque superbolsa más yute (media = 2,70 y desviación estándar = 0,98).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,36 y desviación estándar = 0,66) o el empaque trilaminado (media = 3,11 y desviación estándar = 0,69).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 2,70 y desviación estándar = 0,98) o el empaque trilaminado (media = 3,11 y desviación estándar = 0,69).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,11 y desviación estándar = 0,70) o el empaque superbolsa más yute (media = 3,15 y desviación estándar = 0,71).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,11 y desviación estándar = 0,70) o el empaque trilaminado (media = 3,01 y desviación estándar = 0,76).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 2,93 y desviación estándar = 0,46) o el empaque trilaminado (media = 3,01 y desviación estándar = 0,76).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,27 y desviación estándar = 0,82) o el empaque superbolsa más yute (media = 3,64 y desviación estándar = 0,53).

- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,27 y desviación estándar = 0,82) o el empaque trilaminado (media = 3,38 y desviación estándar = 0,56).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 3,64 y desviación estándar = 0,53) o el empaque trilaminado (media = 3,38 y desviación estándar = 0,56).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,23 y desviación estándar = 0,67) o el empaque superbolsa más yute (media = 2,89 y desviación estándar = 0,79).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 3,23 y desviación estándar = 0,67) o el empaque trilaminado (media = 3,31 y desviación estándar = 0,62).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 2,89 y desviación estándar = 0,79) o el empaque trilaminado (media = 3,31 y desviación estándar = 0,62).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 2,96 y desviación estándar = 0,81) o el empaque superbolsa más yute (media = 2,73 y desviación estándar = 1,01).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 2,96 y desviación estándar = 0,81) o el empaque trilaminado (media = 3,19 y desviación estándar = 0,68).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque

superbolsa más yute (media = 2,73 y desviación estándar = 1,01) o el empaque trilaminado (media = 3,19 y desviación estándar = 0,68).

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Tipo de café	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	-,136	,131	,328	-,438	,165
			3	-,196	,124	,153	-,483	,090
		2	1	,136	,131	,328	-,165	,438
			3	-,060	,082	,484	-,248	,129
		3	1	,196	,124	,153	-,090	,483
			2	,060	,082	,484	-,129	,248
	2	1	2	,664*	,243	,026	,103	1,225
			3	,247*	,106	,048	,003	,492
		2	1	-,664*	,243	,026	-1,225	-,103
			3	-,416*	,166	,036	-,799	-,034
		3	1	-,247*	,106	,048	-,492	-,003
			2	,416*	,166	,036	,034	,799
3	1	2	-,040	,098	,693	-,266	,186	
		3	,094	,058	,146	-,041	,228	
	2	1	,040	,098	,693	-,186	,266	
		3	,134	,134	,345	-,174	,442	
	3	1	-,094	,058	,146	-,228	,041	
		2	-,134	,134	,345	-,442	,174	
Café Verde	1	1	2	-,370*	,131	,022	-,671	-,069
			3	-,102	,124	,437	-,388	,185
		2	1	,370*	,131	,022	,069	,671
			3	,268*	,082	,011	,080	,457
	3	1	2	,102	,124	,437	-,185	,388
			2	-,268*	,082	,011	-,457	-,080
		2	1	,331	,243	,211	-,230	,892
			3	-,077	,106	,489	-,322	,168

	2	1	-,331	,243	,211	-,892	,230
		3	-,408*	,166	,039	-,790	-,026
	3	1	,077	,106	,489	-,168	,322
		2	,408*	,166	,039	,026	,790
3	1	2	,230*	,098	,047	,004	,456
		3	-,226*	,058	,005	-,361	-,092
	2	1	-,230*	,098	,047	-,456	-,004
		3	-,456*	,134	,009	-,765	-,148
	3	1	,226*	,058	,005	,092	,361
		2	,456*	,134	,009	,148	,765

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 6.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto temperatura con relación a la acidez.

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,47 y desviación estándar = 0,60) o 50 °C (media = 3,36 y desviación estándar = 0,66).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,47 y desviación estándar = 0,60) o 60 °C (media = 3,11 y desviación estándar = 0,70).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 3,36 y desviación estándar = 0,66) o 60 °C (media = 3,11 y desviación estándar = 0,70).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,61 y desviación estándar = 0,55) o 50 °C (media = 2,70 y desviación estándar = 0,98).

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,61 y desviación estándar = 0,55) o 60 °C (media = 3,15 y desviación estándar = 0,71).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C e (media = 2,70 y desviación estándar = 0,98) o 60 °C (media = 3,15 y desviación estándar = 0,71).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,67 y desviación estándar = 0,47) o el 50 °C (media = 3,11 y desviación estándar = 0,69).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,67 y desviación estándar = 0,47) o 60 °C (media = 3,01 y desviación estándar = 0,76).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 3,11 y desviación estándar = 0,69) o 60° C (media = 3,01 y desviación estándar = 0,76).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,27 y desviación estándar = 0,82) o 50 °C (media = 3,23 y desviación estándar = 0,67).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,27 y desviación estándar = 0,82) o 60 °C (media = 2,96 y desviación estándar = 0,81).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 3,23 y desviación estándar = 0,67) o 60 °C (media = 2,96 y desviación estándar = 0,81).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,64 y desviación estándar = 0,53) o 50 °C (media = 2,89 y desviación estándar = 0,79).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,64 y desviación estándar = 0,53) o 60 °C (media = 2,73 y desviación estándar = 1,01).



- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 2,89 y desviación estándar = 0,79) o 60 °C (media = 2,73 y desviación estándar = 1,01).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) han almacenado a 40 °C (media = 3,38 y desviación estándar = 0,56) o 50 °C (media = 3,31 y desviación estándar = 0,62).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 3,38 y desviación estándar = 0,56) o 60 °C (media = 3,19 y desviación estándar = 0,68).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la acidez ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 3,31 y desviación estándar = 0,62) o 60 °C (media = 3,19 y desviación estándar = 0,68).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_Acidez

Tipo de café	Empaque	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	,110	,121	,392	-,170	,390
			3	,363 <sup>*</sup>	,125	,020	,075	,651
	2	1	3	-,110	,121	,392	-,390	,170
			3	,253 <sup>*</sup>	,108	,047	,004	,503
	3	1	2	-,363 <sup>*</sup>	,125	,020	-,651	-,075
			3	-,253 <sup>*</sup>	,108	,047	-,503	-,004
2	1	1	2	,910 <sup>*</sup>	,241	,005	,355	1,465
			3	,459	,213	,063	-,032	,951
	2	1	3	-,910 <sup>*</sup>	,241	,005	-1,465	-,355
			3	-,451 <sup>*</sup>	,187	,042	-,881	-,020
	3	1	2	-,459	,213	,063	-,951	,032
			3	,451 <sup>*</sup>	,187	,042	,020	,881
3	1	2	3	,553 <sup>*</sup>	,116	,001	,287	,820
			3	,653 <sup>*</sup>	,133	,001	,346	,960

Continuación

		2	1		-,553 <sup>*</sup>	,116	,001	-,820	-,287
			3		,100	,069	,189	-,060	,260
		3	1		-,653 <sup>*</sup>	,133	,001	-,960	-,346
			2		-,100	,069	,189	-,260	,060
Café Verde	1	1	2		,046	,121	,716	-,234	,326
			3		,312 <sup>*</sup>	,125	,037	,024	,600
		2	1		-,046	,121	,716	-,326	,234
			3		,266 <sup>*</sup>	,108	,039	,017	,516
		3	1		-,312 <sup>*</sup>	,125	,037	-,600	-,024
			2		-,266 <sup>*</sup>	,108	,039	-,516	-,017
	2	1	2		,747 <sup>*</sup>	,241	,015	,192	1,302
			3		,912 <sup>*</sup>	,213	,003	,421	1,404
		2	1		-,747 <sup>*</sup>	,241	,015	-1,302	-,192
			3		,165	,187	,401	-,265	,596
		3	1		-,912 <sup>*</sup>	,213	,003	-1,404	-,421
			2		-,165	,187	,401	-,596	,265
	3	1	2		,070	,116	,560	-,196	,337
			3		,187	,133	,197	-,120	,494
		2	1		-,070	,116	,560	-,337	,196
			3		,117	,069	,131	-,043	,277
		3	1		-,187	,133	,197	-,494	,120
			2		-,117	,069	,131	-,277	,043

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No se realizó las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intersujeto tipo de café en relación a la acidez por no presentar efecto principal significativo ( $p > 0,05$ ).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor de calidad Acidez

Empaque	Temperatura	(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
							Límite inferior	Límite superior

Continuación

1	1	Café Pergamino	Café Verde	,197	,454	,675	-,848	1,243
		Café Verde	Café Pergamino	-,197	,454	,675	-1,243	,848
	2	Café Pergamino	Café Verde	,133	,419	,758	-,834	1,100
		Café Verde	Café Pergamino	-,133	,419	,758	-1,100	,834
	3	Café Pergamino	Café Verde	,146	,481	,769	-,963	1,255
		Café Verde	Café Pergamino	-,146	,481	,769	-1,255	,963
2	1	Café Pergamino	Café Verde	-,036	,342	,918	-,824	,752
		Café Verde	Café Pergamino	,036	,342	,918	-,752	,824
	2	Café Pergamino	Café Verde	-,200	,563	,732	-1,499	1,100
		Café Verde	Café Pergamino	,200	,563	,732	-1,100	1,499
	3	Café Pergamino	Café Verde	,417	,552	,472	-,856	1,689
		Café Verde	Café Pergamino	-,417	,552	,472	-1,689	,856
3	1	Café Pergamino	Café Verde	,292	,328	,399	-,463	1,047
		Café Verde	Café Pergamino	-,292	,328	,399	-1,047	,463
	2	Café Pergamino	Café Verde	-,191	,415	,657	-1,148	,765
		Café Verde	Café Pergamino	,191	,415	,657	-,765	1,148
	3	Café Pergamino	Café Verde	-,174	,455	,712	-1,222	,874
		Café Verde	Café Pergamino	,174	,455	,712	-,874	1,222

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### ANEXO 3: Evaluación estadística del factor de calidad evaluación sensorial o cata

	Yute			Superbolsa más yute			Trilaminado		
	40	50	60	40	50	60	40	50	60
Café Pergamino	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938
	81,125	81,625	81,750	83,063	83,250	83,250	82,875	82,625	82,075
	79,583	80,250	80,250	81,563	81,250	80,250	82,750	80,688	81,125
	78,000	79,625	79,375	80,375	80,000	79,000	81,500	80,500	79,063
	77,750	78,500	78,250	79,917	79,250	78,125	80,583	78,750	78,375
Café Verde	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938	83,938
	83,000	82,938	82,188	81,625	81,938	80,625	83,875	81,313	81,125
	82,875	81,625	80,375	80,750	79,625	78,875	82,875	81,250	79,875
	81,250	80,000	80,063	79,938	79,250	78,438	82,188	80,213	79,313
	79,588	79,438	79,500	79,000	78,375	77,125	81,438	79,275	79,000

#### 1. Identificación de factores

##### 1.1 Factores Intrasujetos

El test de esfericidad de Mauchly indica que el supuesto de esfericidad no se cumple para el efecto de temperatura ( $\chi^2(2) = 17,08$   $p < 0,05$ ); por lo tanto, los grados de libertad se han corregido con la estimación de esfericidad de Greenhouse Geisser ( $\epsilon = 0,61$ ).

El factor intrasujeto Tipo de empaque y la interacción del tipo de empaque con la temperatura cumplen con el supuesto de esfericidad de Mauchly donde las varianzas de las diferencias de medias son similares porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ).

#### Factores dentro de sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Empaque	Temperatura	Variable dependiente
1	1	Yute_40
	2	Yute_50
	3	Yute_60
2	1	Superbolsa_40
	2	Superbolsa_50
	3	Superbolsa_60
3	1	Trilaminado_40
	2	Trilaminado_50
	3	Trilaminado_60

## 1.2 Factores intersujetos

El factor intersujeto tipo de café cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ) para todas las interacciones.

**Factores inter-sujetos**

		Etiqueta de valor	N
Tipo de café	1	Café Pergamino	5
	2	Café Verde	5

## 2. Estadísticos descriptivos

**Estadísticos descriptivos**

	Tipo de café	Media	Desviación estándar	N
En empaque yute a 40°C	Café Pergamino	80,079160	2,5482513	5
	Café Verde	82,130000	1,7188432	5
	Total	81,104580	2,3167719	10
En empaque yute a 50°C	Café Pergamino	80,787500	2,0914633	5
	Café Verde	81,587500	1,9032251	5
	Total	81,187500	1,9317792	10
En empaque yute a 60°C	Café Pergamino	80,712500	2,2104157	5
	Café Verde	81,212500	1,8257062	5
	Total	80,962500	1,9293511	10
En empaque superbolsa y yute a 40°C	Café Pergamino	81,770840	1,7170040	5
	Café Verde	81,050000	1,8840407	5
	Total	81,410420	1,7413237	10
En empaque superbolsa y yute a 50°C	Café Pergamino	81,537500	2,0231087	5
	Café Verde	80,625000	2,2720276	5
	Total	81,081250	2,0843852	10
En empaque superbolsa y yute a 60°C	Café Pergamino	80,912500	2,5729968	5
	Café Verde	79,800000	2,6299804	5
	Total	80,356250	2,5219608	10
En empaque trilaminado a 40°C	Café Pergamino	82,329160	1,3035853	5
	Café Verde	82,862500	1,0801837	5

Continuación

	Total	82,595830	1,1631210	10
En empaque trilaminado a 50°C	Café Pergamino	81,300000	2,0143043	5
	Café Verde	81,197500	1,7456956	5
	Total	81,248750	1,7778191	10
En empaque trilaminado a 60°C	Café Pergamino	80,915000	2,2587919	5
	Café Verde	80,650000	2,0090615	5
	Total	80,782500	2,0201605	10

3. Prueba de esfericidad de Mauchly

**Prueba de esfericidad de Mauchly<sup>a</sup>**

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Empaque	,909	,668	2	,716	,917	1,000	,500
Temperatura	,344	7,469	2	,024	,604	,742	,500
Empaque * Temperatura	,101	14,700	9	,110	,478	,703	,250

Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.

3.1 Prueba de efectos dentro de los sujetos

En la interacción de los factores intrasujetos tipo de empaque y temperatura con el factor intersujeto de tipo de café se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de café x tipo de empaque x temperatura en la variable cata  $F(4,32) = 1,365$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,15$  (indica que el 35% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de café, tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta cata no es la misma si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C y además se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde.

Pero en la interacción de los factores intrasujetos empaque y temperatura se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de empaque x temperatura en la variable respuesta de cata siendo  $F(4,32) = 11,24$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,58$  (indica que el 58% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta cata no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C sin tener en cuenta el tipo de café.

En el factor intrasujeto de empaque, se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor tipo de empaque en la variable cata  $F(2,16) = 5,54$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,41$  (indica que el 41% de la varianza se explica por las diferencias en la cata por haber sido almacenados diferentes tipos de empaque). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta cata no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado sin tener en cuenta la temperatura aplicada ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la cata según el tipo de empaque.

En el factor intrasujeto de temperatura se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor temperatura usada con la variable cata  $F(1,21;9,66) = 16,54$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,67$  (indica que el 67% de la varianza se explica por las diferencias en la cata por haber sido almacenado en diferente temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta cata no es el mismo si se ha almacenado a temperatura de 40°, 50° y 60 °C sin tener en cuenta el tipo de envase utilizado ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la cata según la temperatura de almacenamiento.

**Pruebas de efectos dentro de sujetos**

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Empaque	Esfericidad asumida	5,794	2	2,897	5,535	,015	,409	11,070	,777

Continuación

	Greenhous e-Geisser	5,794	1,833	3,161	5,535	,01 8	,409	10,145	,747
	Huynh- Feldt	5,794	2,000	2,897	5,535	,01 5	,409	11,070	,777
	Límite inferior	5,794	1,000	5,794	5,535	,04 6	,409	5,535	,543
Empaque * CAFE	Esfericidad asumida	15,498	2	7,749	14,80 4	,00 0	,649	29,609	,996
	Greenhous e-Geisser	15,498	1,833	8,455	14,80 4	,00 0	,649	27,137	,993
	Huynh- Feldt	15,498	2,000	7,749	14,80 4	,00 0	,649	29,609	,996
	Límite inferior	15,498	1,000	15,498	14,80 4	,00 5	,649	14,804	,919
Error(Empaque)	Esfericidad asumida	8,375	16	,523					
	Greenhous e-Geisser	8,375	14,66 4	,571					
	Huynh- Feldt	8,375	16,00 0	,523					
	Límite inferior	8,375	8,000	1,047					
Temperatura	Esfericidad asumida	15,113	2	7,557	16,54 4	,00 0	,674	33,087	,998
	Greenhous e-Geisser	15,113	1,208	12,513	16,54 4	,00 2	,674	19,981	,971
	Huynh- Feldt	15,113	1,484	10,186	16,54 4	,00 1	,674	24,546	,988
	Límite inferior	15,113	1,000	15,113	16,54 4	,00 4	,674	16,544	,944
Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	3,409	2	1,704	3,731	,04 7	,318	7,462	,597
	Greenhous e-Geisser	3,409	1,208	2,822	3,731	,07 8	,318	4,506	,445
	Huynh- Feldt	3,409	1,484	2,297	3,731	,06 5	,318	5,536	,502
	Límite inferior	3,409	1,000	3,409	3,731	,08 9	,318	3,731	,398



Continuación

Error(Temperatura)	Esfericidad asumida	7,308	16	,457					
	Greenhouse-Geisser	7,308	9,662	,756					
	Huynh-Feldt	7,308	11,870	,616					
	Límite inferior	7,308	8,000	,914					
Empaque * Temperatura	Esfericidad asumida	8,697	4	2,174	11,237	,000	,584	44,948	1,000
	Greenhouse-Geisser	8,697	1,912	4,549	11,237	,001	,584	21,484	,973
	Huynh-Feldt	8,697	2,812	3,093	11,237	,000	,584	31,596	,996
	Límite inferior	8,697	1,000	8,697	11,237	,010	,584	11,237	,834
Empaque * Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	1,056	4	,264	1,365	,268	,146	5,460	,375
	Greenhouse-Geisser	1,056	1,912	,553	1,365	,284	,146	2,610	,245
	Huynh-Feldt	1,056	2,812	,376	1,365	,279	,146	3,838	,304
	Límite inferior	1,056	1,000	1,056	1,365	,276	,146	1,365	,178
Error(Empaque*Temperatura)	Esfericidad asumida	6,192	32	,193					
	Greenhouse-Geisser	6,192	15,295	,405					
	Huynh-Feldt	6,192	22,494	,275					
	Límite inferior	6,192	8,000	,774					

a. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

4. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>				
	F	df1	df2	Sig.
En empaque yute a 40°C	,765	1	8	,407

Continuación

En empaque yute a 50°C	,025	1	8	,879
En empaque yute a 60°C	,137	1	8	,721
En empaque superbolsa y yute a 40°C	,000	1	8	,998
En empaque superbolsa y yute a 50°C	,132	1	8	,726
En empaque superbolsa y yute a 60°C	,045	1	8	,838
En empaque trilaminado a 40°C	,274	1	8	,615
En empaque trilaminado a 50°C	,392	1	8	,549
En empaque trilaminado a 60°C	,130	1	8	,728

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

#### 4.1 Prueba de efectos para el factor intersujeto

En el factor intersujeto tipo de café se interpreta que no existe un efecto principal significativo del factor tipo de café en la variable cata  $F(1,8) = 0,005$ ;  $p > 0,05$  y  $\eta^2 = 0,01$  (indica que el 1% de la varianza se explica por las diferencias en la cata por haber al evaluar el café pergamino y el café verde). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta cata es el mismo si se utiliza el café pergamino y el café verde, no existen diferencias estadísticamente significativas en la cata según el tipo de café.

#### Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Interceptación	593295,243	1	593295,243	17298,661	,000	1,000	17298,661	1,000
CAFE	,165	1	,165	,005	,946	,001	,005	,050
Error	274,377	8	34,297					

a. Se ha calculado utilizando  $\alpha = ,05$

## 5. Comparaciones por pares sin interacción

### 5.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto tipo de empaque con respecto a la variable cata, sin tomar en cuenta la interacción con la temperatura ni el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- No existen diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media =  $81,09 \pm 0,64$ ) o el empaque superbolsa más yute (media =  $80,95 \pm 0,69$ ).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media =  $81,09 \pm 0,64$ ) o el empaque trilaminado (media =  $81,52 \pm 0,54$ ).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque superbolsa más yute (media =  $80,95 \pm 0,69$ ) o el empaque trilaminado (media =  $81,54 \pm 0,54$ ).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Empaque	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	81,085	,644	79,601	82,569
2	80,949	,689	79,361	82,538
3	81,542	,538	80,302	82,783

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,136	,205	,527	-,338	,609
	3	-,458*	,157	,019	-,819	-,096
2	1	-,136	,205	,527	-,609	,338
	3	-,593*	,195	,016	-1,042	-,144
3	1	,458*	,157	,019	,096	,819
	2	,593*	,195	,016	,144	1,042

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 5.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto temperatura respecto a la variable cata sin tomar en cuenta la interacción con el tipo de empaque ni con el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Existe diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,70) o 50 °C (media = 81,17).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,70) o 60 °C (media = 80,70).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 81,17) o 60 °C (media = 80,70).

### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	81,704	,531	80,479	82,929
2	81,173	,626	79,730	82,615
3	80,700	,707	79,070	82,331

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,531*	,146	,007	,195	,868
	3	1,003*	,234	,003	,463	1,543
2	1	-,531*	,146	,007	-,868	-,195
	3	,472*	,123	,005	,188	,756
3	1	-1,003*	,234	,003	-1,543	-,463
	2	-,472*	,123	,005	-,756	-,188

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 5.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No existen diferencias estadísticamente significativas en la catación ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado en café pergamino (media =  $81,15 \pm 0,87$ ) o café verde (media =  $81,24 \pm 0,87$ ).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Tipo de café	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	81,149	,873	79,136	83,163
Café Verde	81,235	,873	79,222	83,248

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	Café Verde	-,086	1,235	,946	-2,933	2,761
Café Verde	Café Pergamino	,086	1,235	,946	-2,761	2,933

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6. Comparaciones por pares de las interacciones

#### 6.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto empaque en relación a la cata:

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,08 y desviación estándar = 2,55) o el empaque superbolsa más yute (media = 81,77 y desviación estándar = 1,72).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,08 y desviación estándar = 2,55) o el empaque trilaminado (media = 82,33 y desviación estándar = 1,30).

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 81,77 y desviación estándar = 1,72) o el empaque trilaminado (media = 82,33 y desviación estándar = 1,30).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,79 y desviación estándar = 2,09) o el empaque superbolsa más yute (media = 81,54 y desviación estándar = 2,02).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,79 y desviación estándar = 2,09) o el empaque trilaminado (media = 81,30 y desviación estándar = 2,01).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 81,54 y desviación estándar = 2,02) o el empaque trilaminado (media = 81,30 y desviación estándar = 2,01).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,71 y desviación estándar = 2,21) o el empaque superbolsa más yute (media = 80,91 y desviación estándar = 2,57).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 80,71 y desviación estándar = 2,21) o el empaque trilaminado (media = 80,92 y desviación estándar = 2,26).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 80,91 y desviación estándar = 2,57) o el empaque trilaminado (media = 80,92 y desviación estándar = 2,26).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en empaque de

yute (media = 82,13 y desviación estándar = 1,72) o el empaque superbolsa más yute (media =81,05 y desviación estándar =1,88).

- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 82,13 y desviación estándar = 1,72) o el empaque trilaminado (media =82,86 y desviación estándar = 1,08).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media =81,05 y desviación estándar = 1,88) o el empaque trilaminado (media =82,86 y desviación estándar = 1,08).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 81,59 y desviación estándar = 1,90) o el empaque superbolsa más yute (media = 80,63 y desviación estándar = 2,27).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 81,59 y desviación estándar = 1,90) o el empaque trilaminado (media = 81,26 y desviación estándar = 1,75).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media =80,63 y desviación estándar = 2,27) o el empaque trilaminado (media = 81,26 y desviación estándar = 1,75).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 81,21 y desviación estándar = 1,83) o el empaque superbolsa más yute (media = 79,80 y desviación estándar = 2,63).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media =81,21 y desviación estándar = 1,83) o el empaque trilaminado (media = 80,65 y desviación estándar = 2,01).

- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 79,80 y desviación estándar = 2,63) o el empaque trilaminado (media = 80,65 y desviación estándar = 2,01).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Tipo de café	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	-1,692*	,398	,003	-2,610	-,774
			3	-2,250*	,511	,002	-3,428	-1,072
		2	1	1,692*	,398	,003	,774	2,610
			3	-,558	,379	,179	-1,433	,316
		3	1	2,250*	,511	,002	1,072	3,428
			2	,558	,379	,179	-,316	1,433
	2	1	2	-,750*	,300	,037	-1,441	-,059
			3	-,512	,265	,089	-1,122	,097
		2	1	,750*	,300	,037	,059	1,441
			3	,238	,318	,477	-,497	,972
		3	1	,512	,265	,089	-,097	1,122
			2	-,238	,318	,477	-,972	,497
3	1	2	-,200	,361	,594	-1,032	,632	
		3	-,203	,186	,309	-,632	,227	
	2	1	,200	,361	,594	-,632	1,032	
		3	-,003	,321	,994	-,744	,739	
	3	1	,203	,186	,309	-,227	,632	
		2	,003	,321	,994	-,739	,744	
Café Verde	1	2	1,080*	,398	,027	,162	1,998	
		3	-,733	,511	,190	-1,911	,446	
	2	1	-1,080*	,398	,027	-1,998	-,162	
		3	-1,813*	,379	,001	-2,687	-,938	
	3	1	,733	,511	,190	-,446	1,911	
		2	1,813*	,379	,001	,938	2,687	



2	1	2	,962*	,300	,012	,272	1,653
		3	,390	,265	,179	-,220	1,000
	2	1	-,962*	,300	,012	-1,653	-,272
		3	-,572	,318	,110	-1,307	,162
	3	1	-,390	,265	,179	-1,000	,220
		2	,572	,318	,110	-,162	1,307
3	1	2	1,413*	,361	,004	,581	2,244
		3	,562*	,186	,017	,133	,992
	2	1	-1,413*	,361	,004	-2,244	-,581
		3	-,850*	,321	,029	-1,591	-,109
	3	1	-,562*	,186	,017	-,992	-,133
		2	,850*	,321	,029	,109	1,591

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 6.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto temperatura con relación a la cata los resultados:

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 80,08 y desviación estándar = 2,55) o 50 °C (media = 80,79 y desviación estándar = 2,09).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 80,08 y desviación estándar = 2,55) o 60 °C (media = 80,71 y desviación estándar = 2,21).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 80,79 y desviación estándar = 2,09) o 60 °C (media = 80,71 y desviación estándar = 2,21).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,77 y desviación estándar = 1,72) o 50 °C (media = 81,54 y desviación estándar = 2,02).

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,77 y desviación estándar = 1,72) o 60 °C (media =80,91 y desviación estándar = 2,57).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C e (media = 81,54 y desviación estándar = 2,02) o 60 °C (media =80,91 y desviación estándar = 2,57).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 82,33 y desviación estándar = 1,30) o el 50 °C (media =81,30 y desviación estándar =2,01).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 82,33 y desviación estándar = 1,30) o 60 °C (media = 80,92 y desviación estándar = 2,26).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media =81,30 y desviación estándar =2,01) o 60° C (media =80,92 y desviación estándar = 2,26).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 82,13 y desviación estándar = 1,72) o 50 °C (media =81,59 y desviación estándar = 1,90).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p<0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 82,13 y desviación estándar = 1,72) o 60 °C (media =81,21 y desviación estándar = 1,83).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media =81,59 y desviación estándar = 1,90) o 60 °C (media =81,21 y desviación estándar = 1,83).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p>0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,05 y desviación estándar = 1,88) o 50 °C (media = 80,63 y desviación estándar = 2,27).

- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 81,05 y desviación estándar = 1,88) o 60 °C (media = 79,80 y desviación estándar = 2,63).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 80,63 y desviación estándar = 2,27) o 60 °C (media = 79,80 y desviación estándar = 2,63).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) han almacenado a 40 °C (media = 82,86 y desviación estándar = 1,08) o 50 °C (media = 81,26 y desviación estándar = 1,75).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 82,86 y desviación estándar = 1,08) o 60 °C (media = 80,65 y desviación estándar = 2,01).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la cata ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 81,26 y desviación estándar = 1,75) o 60 °C (media = 80,65 y desviación estándar = 2,01).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Tipo de café	Empaque	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	-,708 <sup>*</sup>	,277	,034	-1,347	-,070
			3	-,633	,357	,114	-1,456	,189
		2	1	,708 <sup>*</sup>	,277	,034	,070	1,347
	2	1	2	,233	,210	,299	-,252	,718
			3	,858	,376	,052	-,008	1,725
		2	1	-,233	,210	,299	-,718	,252

Continuación

			3	,625*	,246	,035	,058	1,192
		3	1	-,858	,376	,052	-1,725	,008
			2	-,625*	,246	,035	-1,192	-,058
	3	1	2	1,029*	,427	,043	,044	2,015
			3	1,414*	,510	,024	,239	2,590
		2	1	-1,029*	,427	,043	-2,015	-,044
			3	,385	,286	,215	-,275	1,045
		3	1	-1,414*	,510	,024	-2,590	-,239
			2	-,385	,286	,215	-1,045	,275
Café Verde	1	1	2	,542	,277	,086	-,096	1,181
			3	,917*	,357	,033	,095	1,740
		2	1	-,542	,277	,086	-1,181	,096
			3	,375	,196	,093	-,078	,828
		3	1	-,917*	,357	,033	-1,740	-,095
			2	-,375	,196	,093	-,828	,078
	2	1	2	,425	,210	,078	-,060	,910
			3	1,250*	,376	,010	,384	2,116
		2	1	-,425	,210	,078	-,910	,060
			3	,825*	,246	,010	,258	1,392
		3	1	-1,250*	,376	,010	-2,116	-,384
			2	-,825*	,246	,010	-1,392	-,258
	3	1	2	1,665*	,427	,005	,680	2,650
			3	2,212*	,510	,002	1,037	3,388
		2	1	-1,665*	,427	,005	-2,650	-,680
			3	,547	,286	,092	-,112	1,207
		3	1	-2,212*	,510	,002	-3,388	-1,037
			2	-,547	,286	,092	-1,207	,112

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No se realizó las comparaciones por con todas las interacciones respecto al factor intersujeto tipo de café en relación a la cata por no presentar efecto principal significativo ( $p > 0,05$ ).

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_de\_calidad\_CATA

Continuación		(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
Empaque-	Temperatura						Límite inferior	Límite superior
1	1	Café Pergamino	Café Verde	-2,051	1,375	,174	-5,221	1,119
		Café Verde	Café Pergamino	2,051	1,375	,174	-1,119	5,221
	2	Café Pergamino	Café Verde	-,800	1,265	,545	-3,716	2,116
		Café Verde	Café Pergamino	,800	1,265	,545	-2,116	3,716
	3	Café Pergamino	Café Verde	-,500	1,282	,707	-3,457	2,457
		Café Verde	Café Pergamino	,500	1,282	,707	-2,457	3,457
2	1	Café Pergamino	Café Verde	,721	1,140	,545	-1,908	3,350
		Café Verde	Café Pergamino	-,721	1,140	,545	-3,350	1,908
	2	Café Pergamino	Café Verde	,913	1,361	,521	-2,225	4,050
		Café Verde	Café Pergamino	-,913	1,361	,521	-4,050	2,225
	3	Café Pergamino	Café Verde	1,113	1,645	,518	-2,682	4,907
		Café Verde	Café Pergamino	-1,113	1,645	,518	-4,907	2,682

Continuación

3	1	Café Pergamino	Café Verde	-,533	,757	,501	-2,279	1,213
		Café Verde	Café Pergamino	,533	,757	,501	-1,213	2,279
	2	Café Pergamino	Café Verde	,103	1,192	,934	-2,646	2,851
		Café Verde	Café Pergamino	-,103	1,192	,934	-2,851	2,646
	3	Café Pergamino	Café Verde	,265	1,352	,849	-2,853	3,383
		Café Verde	Café Pergamino	-,265	1,352	,849	-3,383	2,853

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

#### ANEXO 4: Evaluación estadística del factor de calidad humedad

	Yute			Superbolsa más yute			Trilaminado		
	40	50	60	40	50	60	40	50	60
Café Pergamino	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574	9,8574
	8,8683	9,3703	7,11	9,7679	9,623	9,4544	9,8482	9,7365	9,8225
	8,1388	6,9681	6,6296	9,2794	9,3703	9,403	9,4827	9,5356	9,6455
	7,4556	6,8099	5,422	9,0532	8,3024	8,2765	9,2313	9,2471	9,7396
	6,5309	5,5323	4,5909	8,7332	8,0252	7,3747	9,5825	9,241	9,6048
Café Verde	9,8574	9,7378	9,7378	9,7378	9,7378	9,7378	9,7378	9,7378	9,7378
	8,9943	8,9649	7,2269	9,539	9,5553	9,7029	9,7972	9,8368	9,8872
	7,6883	6,8728	6,5502	8,7613	9,028	8,1801	9,608	9,6682	9,849
	6,9782	5,8871	4,8435	8,5502	8,5068	7,4848	9,5498	9,5696	9,7727
	6,3577	4,4759	4,5479	8,8091	8,1865	7,5098	9,4372	9,771	9,6588

#### 1. Identificación de factores

##### 1.1 Factores Intrasujetos

El test de esfericidad de Mauchly indica que el supuesto de esfericidad no se cumple para el efecto de envasar en diferente tipo de empaque ( $\chi^{2(2)} = 17,08$   $p < 0,05$ ); por lo tanto, los grados de libertad se han corregido con la estimación de esfericidad de Greenhouse Geisser ( $\epsilon = 0,52$ ).

El factor intrasujeto temperatura y la interacción de la temperatura con el tipo de empaque cumplen con el supuesto de esfericidad de Mauchly donde las varianzas de las diferencias de medias son similares porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ).

#### Factores dentro de sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_HUMEDAD

Empaque	Temperatura	Variable dependiente
1	1	Yute_40
	2	Yute_50
	3	Yute_60
2	1	Superbolsa_40
	2	Superbolsa_50
	3	Superbolsa_60
3	1	Trilaminado_40
	2	Trilaminado_50
	3	Trilaminado_60

## 1.2 Factores intersujetos

El factor intersujeto tipo de café cumplen con el supuesto de homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene porque el valor de significación es mayor que 0,05 ( $p > 0,05$ ) para todas las interacciones excepto para la interacción en empaque trilaminado a 50° C donde el  $p < 0,05$ .

**Factores inter-sujetos**

		Etiqueta de valor	N
Tipo de café	1	Café Pergamino	5
	2	Café Verde	5

## 2. Estadísticos descriptivos

**Estadísticos descriptivos**

	Tipo de café	Media	Desviación estándar	N
En empaque yute a 40°C	Café Pergamino	8,170218	1,2779838	5
	Café Verde	7,975194	1,4382276	5
	Total	8,072706	1,2867725	10
En empaque yute a 50°C	Café Pergamino	7,707612	1,8351363	5
	Café Verde	7,187709	2,1683172	5
	Total	7,447660	1,9134915	10
En empaque yute a 60°C	Café Pergamino	6,721974	2,0138146	5
	Café Verde	6,581276	2,0938022	5
	Total	6,651625	1,9381354	10
En empaque superbolsa y yute a 40°C	Café Pergamino	9,338213	,4756501	5
	Café Verde	9,079492	,5241818	5
	Total	9,208852	,4911868	10
En empaque superbolsa y yute a 50°C	Café Pergamino	9,035664	,8202186	5
	Café Verde	9,002884	,6630409	5
	Total	9,019274	,7033423	10
En empaque superbolsa y yute a 60°C	Café Pergamino	8,873222	1,0233156	5
	Café Verde	8,523089	1,1280528	5
	Total	8,698155	1,0319989	10
En empaque trilaminado a 40°C	Café Pergamino	9,600413	,2635946	5
	Café Verde	9,626009	,1445543	5



Continuación

	Total	9,613211	,2008731	10
En empaque trilaminado a 50°C	Café Pergamino	9,523523	,2798387	5
	Café Verde	9,716702	,1022563	5
	Total	9,620112	,2231988	10
En empaque trilaminado a 60°C	Café Pergamino	9,733977	,1091156	5
	Café Verde	9,781121	,0905244	5
	Total	9,757549	,0977298	10

3. Prueba de esfericidad de Mauchly

**Prueba de esfericidad de Mauchly<sup>a</sup>**

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Efecto inter sujetos	W de Mauchly	Aprox. Chi-cuadrado	gl	Sig.	Épsilon <sup>b</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Límite inferior
Empaque	,087	17,079	2	,000	,523	,608	,500
Temperatura	,790	1,651	2	,438	,826	1,000	,500
Empaque * Temperatura	,214	9,880	9	,376	,651	1,000	,250

Prueba la hipótesis nula que la matriz de covarianzas de error de las variables dependientes con transformación ortonormalizada es proporcional a una matriz de identidad.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

b. Se puede utilizar para ajustar los grados de libertad para las pruebas promedio de significación. Las pruebas corregidas se visualizan en la tabla de pruebas de efectos dentro de sujetos.

3.1 Prueba de efectos dentro de los sujetos

En la interacción de los factores intrasujetos tipo de empaque y temperatura con el factor intersujeto de tipo de café se interpreta que no existe una interacción significativa de los factores tipo de café x tipo de empaque x temperatura en la variable humedad  $F(4,32) = 0,69$ ,  $p > 0,05$  y  $\eta^2 = 0,08$  (indica que el 8% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de café, tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta humedad es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C y además se comporta de la misma forma en el café pergamino y en el café verde.

En la interacción de los factores intrasujetos empaque y temperatura se interpreta que existe una interacción significativa de los factores tipo de empaque x temperatura en la variable respuesta de humedad siendo  $F(4,32) = 11,25$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,58$  (indica que el 58% de la varianza se explica por la interacción de los factores tipo de empaque y temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta humedad no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado a una diferente temperatura de 40°, 50° o 60 °C sin tener en cuenta el tipo de café.

En el factor intrasujeto de empaque, se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor tipo de empaque en la variable humedad  $F(1,05;8,37) = 18,87$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,70$  (indica que el 70% de la varianza se explica por las diferencias en la humedad por haber sido almacenados diferentes tipos de empaque). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta humedad no es el mismo si se ha utilizado el empaque yute, superbolsa más yute o trilaminado sin tener en cuenta la temperatura aplicada ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la humedad según el tipo de empaque.

En el factor intrasujeto de temperatura se interpreta que existe un efecto principal significativo del factor temperatura usada con la variable humedad  $F(2,16) = 15,92$ ;  $p < 0,05$  y  $\eta^2 = 0,66$  (indica que el 66% de la varianza se explica por las diferencias en la humedad por haber sido almacenado en diferente temperatura). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta humedad no es el mismo si se ha almacenado a temperatura de 40°, 50° y 60 °C sin tener en cuenta el tipo de envase utilizado ni el tipo de café, es decir, existen diferencias estadísticamente significativas en la humedad según la temperatura de almacenamiento.

**Pruebas de efectos dentro de sujetos**

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Origen		Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Empaque	Esfericidad asumida	81,514	2	40,757	18,865	,000	,702	37,730	,999

Continuación

	Greenhous e-Geisser	81,514	1,046	77,961	18,86 5	,00 2	,702	19,725	,971
	Huynh- Feldt	81,514	1,216	67,042	18,86 5	,00 1	,702	22,937	,985
	Límite inferior	81,514	1,000	81,514	18,86 5	,00 2	,702	18,865	,966
Empaque * CAFE	Esfericidad asumida	,591	2	,295	,137	,87 3	,017	,274	,068
	Greenhous e-Geisser	,591	1,046	,565	,137	,73 2	,017	,143	,063
	Huynh- Feldt	,591	1,216	,486	,137	,76 8	,017	,166	,064
	Límite inferior	,591	1,000	,591	,137	,72 1	,017	,137	,062
Error(Empaque)	Esfericidad asumida	34,568	16	2,160					
	Greenhous e-Geisser	34,568	8,365	4,133					
	Huynh- Feldt	34,568	9,727	3,554					
	Límite inferior	34,568	8,000	4,321					
Temperatura	Esfericidad asumida	5,341	2	2,671	15,91 9	,00 0	,666	31,838	,997
	Greenhous e-Geisser	5,341	1,653	3,232	15,91 9	,00 0	,666	26,310	,992
	Huynh- Feldt	5,341	2,000	2,671	15,91 9	,00 0	,666	31,838	,997
	Límite inferior	5,341	1,000	5,341	15,91 9	,00 4	,666	15,919	,936
Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	,003	2	,002	,010	,99 0	,001	,020	,051
	Greenhous e-Geisser	,003	1,653	,002	,010	,98 0	,001	,016	,051
	Huynh- Feldt	,003	2,000	,002	,010	,99 0	,001	,020	,051
	Límite inferior	,003	1,000	,003	,010	,92 3	,001	,010	,051

Error(Temperatura)	Esfericidad asumida	2,684	16	,168					
	Greenhouse-Geisser	2,684	13,222	,203					
	Huynh-Feldt	2,684	16,000	,168					
	Límite inferior	2,684	8,000	,336					
	/Empaque * Temperatura								
	Esfericidad asumida	6,270	4	1,568	11,246	,000	,584	44,986	1,000
	Greenhouse-Geisser	6,270	2,604	2,408	11,246	,000	,584	29,287	,994
	Huynh-Feldt	6,270	4,000	1,568	11,246	,000	,584	44,986	1,000
	Límite inferior	6,270	1,000	6,270	11,246	,010	,584	11,246	,835
Empaque * Temperatura * CAFE	Esfericidad asumida	,382	4	,095	,685	,608	,079	2,740	,198
	Greenhouse-Geisser	,382	2,604	,147	,685	,552	,079	1,784	,162
	Huynh-Feldt	,382	4,000	,095	,685	,608	,079	2,740	,198
	Límite inferior	,382	1,000	,382	,685	,432	,079	,685	,113
Error(Empaque*Temperatura)	Esfericidad asumida	4,460	32	,139					
	Greenhouse-Geisser	4,460	20,833	,214					
	Huynh-Feldt	4,460	32,000	,139					
	Límite inferior	4,460	8,000	,558					

a. Se ha calculado utilizando  $\alpha = ,05$

#### 4. Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error

**Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup>**

	F	df1	df2	Sig.
En empaque yute a 40°C	,242	1	8	,636
En empaque yute a 50°C	,150	1	8	,709
En empaque yute a 60°C	,020	1	8	,890
En empaque superbolsa y yute a 40°C	,322	1	8	,586
En empaque superbolsa y yute a 50°C	,932	1	8	,363
En empaque superbolsa y yute a 60°C	,243	1	8	,635
En empaque trilaminado a 40°C	1,683	1	8	,231
En empaque trilaminado a 50°C	5,670	1	8	,044
En empaque trilaminado a 60°C	,333	1	8	,580

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño: Interceptación + CAFE

Diseño dentro de sujetos: Empaque + Temperatura + Empaque \* Temperatura

#### 4.1 Prueba de efectos intersujeto

En el factor intersujeto tipo de café se interpreta que no existe un efecto principal significativo del factor tipo de café en la variable humedad  $F(1,14) = 0,20$ ;  $p > 0,05$  y  $\eta^2 = 0,01$  (indica que el 1% de la varianza se explica por las diferencias en la humedad por haber al evaluar el café pergamino y el café verde). En síntesis, el comportamiento de la variable respuesta humedad es el mismo si se utiliza el café pergamino y el café verde, no existen diferencias estadísticamente significativas en la humedad según el tipo de café.

### Pruebas de efectos inter-sujetos

Medida: Factor\_de\_calidad\_HUMEDAD

Variable transformada: Media

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Cuadrático promedio	F	Sig.	Eta parcial al cuadrado	Parámetro de no centralidad	Potencia observada <sup>a</sup>
Interceptación	10790,669	1	10790,669	2231,053	,000	,994	2231,053	1,000
CAFE	,097	1	,097	,020	,889	,001	,020	,052
Error	67,712	14	4,837					

a. Se ha calculado utilizando alpha = ,05

### 5. Comparaciones por pares sin interacción

#### 5.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto tipo de empaque con respecto a la variable humedad, sin tomar en cuenta la interacción con la temperatura ni el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados, el cuadro estadístico se presenta en el Anexo 4:

- Existe diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,39) o el empaque superbolsa más yute (media = 8,98).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,39) o el empaque trilaminado (media = 9,66).
- Existe presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque superbolsa más yute (media = 8,98) o el empaque trilaminado (media = 9,66).

#### Estimaciones

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Empaque	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	7,391	,562	6,095	8,686
2	8,975	,240	8,421	9,530
3	9,664	,049	9,551	9,777

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	-1,585*	,341	,002	-2,372	-,798
	3	-2,273*	,524	,002	-3,481	-1,065
2	1	1,585*	,341	,002	,798	2,372
	3	-,688*	,203	,009	-1,156	-,221
3	1	2,273*	,524	,002	1,065	3,481
	2	,688*	,203	,009	,221	1,156

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 5.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó las comparaciones por pares para el factor intrasujeto temperatura respecto a la variable humedad sin tomar en cuenta la interacción con el tipo de empaque ni con el tipo de café donde se obtuvieron los siguientes resultados:

- Existe diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 8,97) o 50 °C (media = 8,70).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 8,97) o 60 °C (media = 8,37).
- Existe diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 8,70) o 60 °C (media = 8,37).

### Estimaciones

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Temperatura	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
1	8,965	,211	8,479	9,451
2	8,696	,302	7,999	9,392
3	8,369	,328	7,614	9,125

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
1	2	,269*	,098	,025	,044	,495
	3	,596*	,127	,002	,302	,889
2	1	-,269*	,098	,025	-,495	-,044
	3	,327*	,088	,006	,123	,530
3	1	-,596*	,127	,002	-,889	-,302
	2	-,327*	,088	,006	-,530	-,123

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 5.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No existen diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado en café pergamino (media =  $8,75 \pm 0,39$ ) o café verde (media =  $8,61 \pm 0,39$ ).

### Estimaciones

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Tipo de café	Media	Error estándar	Intervalo de confianza al 95%	
			Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	8,745	,393	7,838	9,652
Café Verde	8,608	,393	7,701	9,515

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
					Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	Café Verde	,137	,556	,812	-1,145	1,419
Café Verde	Café Pergamino	-,137	,556	,812	-1,419	1,145

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6. Comparaciones por pares de las interacciones

#### 6.1 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de empaque



Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto empaque en relación a la humedad:

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 8,17 y desviación estándar = 1,28) o el empaque superbolsa más yute (media = 9,34 y desviación estándar = 0,48).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 8,17 y desviación estándar = 1,28) o el empaque trilaminado (media = 9,60 y desviación estándar = 0,26).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 9,34 y desviación estándar = 0,48) o el empaque trilaminado (media = 9,60 y desviación estándar = 0,26).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,71 y desviación estándar = 1,84) o el empaque superbolsa más yute (media = 9,04 y desviación estándar = 0,82).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,71 y desviación estándar = 1,84) o el empaque trilaminado (media = 9,52 y desviación estándar = 0,28).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 9,04 y desviación estándar = 0,82) o el empaque trilaminado (media = 9,52 y desviación estándar = 0,28).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 6,72 y desviación estándar = 2,01) o el empaque superbolsa más yute (media = 8,87 y desviación estándar = 1,02).

- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 6,72 y desviación estándar = 2,01) o el empaque trilaminado (media = 9,73 y desviación estándar = 0,11).
- En el café pergamino, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 8,87 y desviación estándar = 1,02) o el empaque trilaminado (media = 9,73 y desviación estándar = 0,11).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,98 y desviación estándar = 1,44) o el empaque superbolsa más yute (media = 9,08 y desviación estándar = 0,52).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,98 y desviación estándar = 1,44) o el empaque trilaminado (media = 9,63 y desviación estándar = 0,14).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 40 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 9,08 y desviación estándar = 0,52) o el empaque trilaminado (media = 9,63 y desviación estándar = 0,14).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,19 y desviación estándar = 2,17) o el empaque superbolsa más yute (media = 9,00 y desviación estándar = 0,66).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 7,19 y desviación estándar = 2,177) o el empaque trilaminado (media = 9,72 y desviación estándar = 0,10).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 50 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque

superbolsa más yute (media =9,00 y desviación estándar = 0,66) o el empaque trilaminado (media = 9,72 y desviación estándar = 0,10).

- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 6,58 y desviación estándar = 2,09) o el empaque superbolsa más yute (media = 8,52 y desviación estándar = 1,13).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en empaque de yute (media = 6,58 y desviación estándar = 2,09) o el empaque trilaminado (media = 9,78 y desviación estándar = 0,91).
- En el café verde, cuando se somete a una temperatura de 60 °C, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han envasado en el empaque superbolsa más yute (media = 8,52 y desviación estándar = 1,13) o el empaque trilaminado (media = 9,78 y desviación estándar = 0,91).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Tipo de café	Temperatura	(I) Empaque	(J) Empaque	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	-1,168*	,404	,020	-2,100	-,236
			3	-1,430*	,544	,030	-2,684	-,177
		2	1	1,168*	,404	,020	,236	2,100
	2	1	3	-,262	,169	,159	-,652	,127
			3	1	1,430*	,544	,030	,177
		2	2	,262	,169	,159	-,127	,652
3	1	1	2	-1,328	,604	,059	-2,722	,066
			3	-1,816	,839	,062	-3,750	,118
		2	1	1,328	,604	,059	-,066	2,722
	2	1	3	-,488	,265	,103	-1,098	,123
			3	1	1,816	,839	,062	-,118
		2	2	,488	,265	,103	-,123	1,098
3	1	2	-2,151*	,539	,004	-3,395	-,908	

Continuación

			3	-3,012*	,895	,010	-5,076	-,948
		2	1	2,151*	,539	,004	,908	3,395
			3	-,861	,457	,097	-1,915	,194
		3	1	3,012*	,895	,010	,948	5,076
			2	,861	,457	,097	-,194	1,915
Café Verde	1	1	2	-1,104*	,404	,026	-2,036	-,172
			3	-1,651*	,544	,016	-2,904	-,397
		2	1	1,104*	,404	,026	,172	2,036
			3	-,547*	,169	,012	-,936	-,157
		3	1	1,651*	,544	,016	,397	2,904
			2	,547*	,169	,012	,157	,936
	2	1	2	-1,815*	,604	,017	-3,209	-,422
			3	-2,529*	,839	,017	-4,463	-,595
		2	1	1,815*	,604	,017	,422	3,209
			3	-,714*	,265	,027	-1,324	-,103
		3	1	2,529*	,839	,017	,595	4,463
			2	,714*	,265	,027	,103	1,324
	3	1	2	-1,942*	,539	,007	-3,185	-,698
			3	-3,200*	,895	,007	-5,264	-1,135
		2	1	1,942*	,539	,007	,698	3,185
			3	-1,258*	,457	,025	-2,312	-,204
		3	1	3,200*	,895	,007	1,135	5,264
			2	1,258*	,457	,025	,204	2,312

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

## 6.2 Comparaciones por pares evaluando el factor temperatura

Se realizó también las comparaciones por pares con todas las interacciones respecto al factor intrasujeto temperatura con relación a la humedad:

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 8,17 y desviación estándar = 1,28) o 50 °C (media = 7,71 y desviación estándar = 1,84).

- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 8,17 y desviación estándar = 1,28) o 60 °C (media = 6,72 y desviación estándar = 2,01).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 7,71 y desviación estándar = 1,84) o 60 °C (media = 6,72 y desviación estándar = 2,01).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,34 y desviación estándar = 0,48) o 50 °C (media = 9,04 y desviación estándar = 0,82).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,34 y desviación estándar = 0,48) o 60 °C (media = 8,87 y desviación estándar = 1,02).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C e (media = 9,04 y desviación estándar = 0,82) o 60 °C (media = 8,87 y desviación estándar = 1,02).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,60 y desviación estándar = 0,26) o el 50 °C (media = 9,52 y desviación estándar = 0,28).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,60 y desviación estándar = 0,26) o 60 °C (media = 9,73 y desviación estándar = 0,11).
- En el café pergamino, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C

(media =9,52 y desviación estándar =0,28) o 60° C (media =9,73 y desviación estándar = 0,11).

- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 7,98 y desviación estándar = 1,44) o 50 °C (media =7,19 y desviación estándar =2,17).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 7,98 y desviación estándar = 1,44) o 60 °C (media =6,58 y desviación estándar =2,09).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media =7,19 y desviación estándar = 2,17) o 60 °C (media =6,58 y desviación estándar =2,09).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,08 y desviación estándar = 0,52) o 50 °C (media = 9,00 y desviación estándar = 0,66).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C (media = 9,08 y desviación estándar = 0,52) o 60 °C (media = 8,52 y desviación estándar = 1,13).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque superbolsa más yute, presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p < 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 9,00 y desviación estándar =0,66) o 60 °C (media =8,52 y desviación estándar =1,13).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) han almacenado a 40 °C (media = 9,63 y desviación estándar = 0,14) o 50 °C (media =9,72 y desviación estándar =0,10).
- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 40 °C

(media = 9,63 y desviación estándar = 0,14) o 60 °C (media = 9,78 y desviación estándar = 0,91).

- En el café verde, cuando se envasa en el empaque trilaminado, no presenta diferencias estadísticamente significativas en la humedad ( $p > 0,05$ ) según si se han almacenado a 50 °C (media = 9,72 y desviación estándar = 0,10) o 60 °C (media = 9,78 y desviación estándar = 0,91).

### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Tipo de café	Empaque	(I) Temperatura	(J) Temperatura	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>b</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>b</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
Café Pergamino	1	1	2	,463	,327	,195	-,292	1,217
			3	1,448*	,365	,004	,606	2,290
		2	1	-,463	,327	,195	-1,217	,292
			3	,986*	,373	,030	,126	1,845
		3	1	-1,448*	,365	,004	-2,290	-,606
			2	-,986*	,373	,030	-1,845	-,126
	2	1	2	,303	,163	,101	-,074	,679
			3	,465	,279	,135	-,179	1,109
		2	1	-,303	,163	,101	-,679	,074
			3	,162	,188	,413	-,271	,596
		3	1	-,465	,279	,135	-1,109	,179
			2	-,162	,188	,413	-,596	,271
3	1	2	,077	,067	,283	-,077	,231	
		3	-,134	,078	,124	-,313	,046	
	2	1	-,077	,067	,283	-,231	,077	
		3	-,210*	,078	,027	-,390	-,031	
	3	1	,134	,078	,124	-,046	,313	
		2	,210*	,078	,027	,031	,390	
Café Verde	1	2	,787*	,327	,043	,033	1,542	
		3	1,394*	,365	,005	,552	2,236	

Continuación

	2	1							
		3							
	3	1							
		2							
2	1	2							
		3							
	2	1							
		3							
	3	1							
		2							
3	1	2							
		3							
	2	1							
		3							
	3	1							
		2							

Se basa en medias marginales estimadas

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel ,05.

b. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).

### 6.3 Comparaciones por pares evaluando el factor tipo de café

No se realizó las comparaciones por pares sin interacciones ni con todas las interacciones respecto al factor intersujeto tipo de café en relación a la humedad por no presentar efecto principal significativo ( $p > 0,05$ ).

#### Comparaciones por parejas

Medida: Factor\_Calidad\_Humedad

Empaque	Temperatura	(I) Tipo de café	(J) Tipo de café	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig. <sup>a</sup>	95% de intervalo de confianza para diferencia <sup>a</sup>	
							Límite inferior	Límite superior
1	1	Café Pergamino	Café Verde	,195	,860	,826	-1,789	2,179
		Café Verde	Café Pergamino	-,195	,860	,826	-2,179	1,789



Continuación

2	Café	Café Verde	,520	1,270	,693	-2,410	3,449	
	Pergamino							
	Café Verde	Café	-,520	1,270	,693	-3,449	2,410	
		Pergamino						
3	Café	Café Verde	,141	1,299	,916	-2,855	3,137	
	Pergamino							
	Café Verde	Café	-,141	1,299	,916	-3,137	2,855	
		Pergamino						
2	1	Café	Café Verde	,259	,317	,437	-,471	,989
		Pergamino						
		Café Verde	Café	-,259	,317	,437	-,989	,471
			Pergamino					
2		Café	Café Verde	,033	,472	,946	-1,055	1,120
		Pergamino						
		Café Verde	Café	-,033	,472	,946	-1,120	1,055
			Pergamino					
3		Café	Café Verde	,350	,681	,621	-1,221	1,921
		Pergamino						
		Café Verde	Café	-,350	,681	,621	-1,921	1,221
			Pergamino					
3	1	Café	Café Verde	-,026	,134	,854	-,336	,284
		Pergamino						
		Café Verde	Café	,026	,134	,854	-,284	,336
			Pergamino					
2		Café	Café Verde	-,193	,133	,185	-,500	,114
		Pergamino						
		Café Verde	Café	,193	,133	,185	-,114	,500
			Pergamino					
3		Café	Café Verde	-,047	,063	,478	-,193	,099
		Pergamino						
		Café Verde	Café	,047	,063	,478	-,099	,193
			Pergamino					

Se basa en medias marginales estimadas

a. Ajuste para varias comparaciones: menor diferencia significativa (equivalente a sin ajustes).