

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HUMEDAD  
RELATIVA, TEMPERATURA Y TIEMPO EN EL  
ALMACENAMIENTO DE CAFÉ PERGAMINO (*Coffea  
arabica*), A 3826 M.S.N.M.**

**PRESENTADA POR**

**Bach. MAURO EDGAR MAMANI LIMACHI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2012**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE AGROINDUSTRIAS

TESIS

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA,  
TEMPERATURA Y TIEMPO EN EL ALMACENAMIENTO DE CAFÉ  
PERGAMINO (*Coffea arabica*), A 3826 M.S.N.M.



Presentada a la Coordinación de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias, como requisito para optar el Título:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE	..... Ing. M. Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy
PRIMER MIEMBRO	..... Ing. M. Sc. Florentino V. Choquehuanca Cáceres
SEGUNDO MIEMBRO	..... Ing. Wilber Incahuanaco Yucra
DIRECTOR DE TESIS	..... Ing. M. Sc. Genny Isabel Luna Mercado
ASESOR DE TESIS	..... Ing. M. Sc. Javier Mamani Paredes

PUNO - PERÚ

2012

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

## DEDICATORIA

Con el más profundo cariño a mis queridos padres Antero Leonidas Mamani y Marcelina Limachi, que siempre me apoyaron en mi formación personal y profesional.

Con cariño y gratitud a mis hermanos Simeón, Rebeca, Reyna, Bertha, Jaime Marcial y Dennis Raúl, por su aliento e invaluable contribución en mi formación profesional.

A mis hijos William Edwar y Kevin Bryan, por la felicidad e ilusión incondicional del día a día.

A mi familia y en especial a mi esposa Eusebia, por su permanente aliento en la consecución del presente trabajo de investigación.

**Mauro Edgar**

## MI SINCERO AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano, especialmente a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por la oportunidad de la realización de mis estudios superiores y a su plana docente, por haber compartido sus sabias enseñanzas.

A la Ing. M. Sc. Genny Isabel Luna Mercado, por aceptar la dirección del presente trabajo de investigación y haberme orientado en esta tarea, mostrando un constante e inestimable apoyo incondicional, paciencia y entusiasmo.

Al Ing. M. Sc. Javier Mamani Paredes, por haberme prestado una generosa ayuda en el desarrollo de este trabajo como Asesor.

A los distinguidos miembros de jurado: Ing. M. Sc. Luis Alberto Jiménez Monroy, Ing. M. Sc. Florentino Víctor Choquehuanca Cáceres e Ing. Wilber Incahuanaco Yucra, por acceder amablemente a formar parte del mismo y por su contribución en los aspectos de aprobación del proyecto, ejecución y redacción final del presente trabajo.

A los productores de café de los valles de Sandia y a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, han estado a mi lado durante todo este tiempo, en el que me han ofrecido su amistad sin pedir nada a cambio.

**Mauro Edgar**

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	02
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	03
2.1. DENOMINACIÓN DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> )	03
2.2. VARIEDADES DE PLANTAS DE CAFÉ	03
2.2.1. Variedad arabica	04
2.2.2. Variedad robusta	04
2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ	04
2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ	05
2.5. BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DEL CAFÉ	06
2.6. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO	07
2.7. EL PERGAMINO DE CAFÉ	07
2.7.1. Características que debe tener el café pergamino	07
2.8. FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFÉ	09
2.8.1. Concepto de calidad	09
2.8.2. Concepto de calidad del café	09
2.8.3. Factores genéticos y la calidad del café	09
2.8.4. Influencia del clima en la calidad del grano de café	10
2.8.5. Influencia del suelo y fertilización en la calidad del café	11
2.8.6. Factores culturales y calidad del café	11
2.8.7. Influencia de pestes y enfermedades en la calidad del café	12
2.8.8. Influencia de factores de cosecha en la calidad de café	12
2.8.9. Factores de pos cosecha	13
2.8.9.1. Etapa del despulpado	13
2.8.9.2. Etapa de fermentación	13
2.8.9.3. Etapa del lavado	14
2.8.9.4. Etapa de secado	14
2.8.9.5. Almacenamiento	15
2.8.9.6. La calidad física del café	17
2.8.10. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	17
2.8.11. EVALUACIÓN FÍSICA DEL CAFÉ PERGAMINO	18
2.8.12. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ VERDE ALMACENADO	19

2.8.12.1.	Fragancia/aroma	19
2.8.12.2.	Acidez	20
2.8.12.3.	Sabor	20
2.8.12.4.	Cuerpo	21
2.8.12.5.	Postgusto	22
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>23</b>
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	23
3.2.	MATERIAL EXPERIMENTAL	23
3.2.1.	Materia Prima	23
3.3.	EQUIPOS Y MATERIALES	23
3.3.1.	Materiales de laboratorio	23
3.3.2.	Equipos	24
3.4.	METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE OPERACIONES	24
3.4.1.	Procedimiento experimental de operaciones	24
3.4.2.	Diseño experimental	27
3.5.	FACTORES EN ESTUDIO	28
3.6.	VARIABLES DE RESPUESTA	28
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	28
3.8.	DISEÑO BIFACTORIAL	28
3.8.1.	Modelo matemático	31
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIONES</b>	<b>32</b>
4.1.	EFFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y TIEMPO DE ALMACENADO DE CAFÉ PERGAMINO ( <i>Coffea arabica</i> )	32
4.2.	EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE DEFECTOS FÍSICOS DEL CAFÉ	35
4.2.1.	Evaluación del color físico del café pergamino	38
4.2.2.	Evaluación del olor físico del café pergamino	40
4.3.	EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL GRANO DE CAFÉ VERDE ALMACENADO	42
4.3.1.	Efecto de humedad relativa, temperatura y tiempo sobre el tostado de café verde	42
4.3.2.	Efectos de humedad relativa, temperatura y tiempo sobre la acidez del café	45
4.3.3.	Efecto de humedad relativa, temperatura y tiempo sobre el aroma	47

V. CONCLUSIONES	51
VI. RECOMENDACIONES	52
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
VIII. ANEXOS	56

### ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
CUADRO 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ	04
CUADRO 2. PRINCIPALES CONSTITUYENTES DEL GRANO DE CAFÉ	05
CUADRO 3. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ	06
CUADRO 4. BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DEL CAFÉ	06
CUADRO 5. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO	07
CUADRO 6. INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA CALIDAD DEL GRANO DE CAFÉ	10
CUADRO 7. TABLA DE EQUIVALENCIA DE DEFECTOS DE CAFÉ	19
CUADRO 8. ESCALA HEDÓNICA PARA EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ	26
CUADRO 9. DISEÑO EXPERIMENTAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	27
CUADRO 10. TIPOS DE CONTROL DE EVALUACIÓN	28
CUADRO 11. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO BIFACTORIAL DE EFECTOS FIJOS	30
CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA – TEMPERATURA Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE CAFÉ PERGAMINO ( <i>Coffea arabica</i> )	32
CUADRO 13. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN PARA EL TIEMPO DE ALMACENADO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	34
CUADRO 14. COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN PARA LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	34
CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE DEFECTO FÍSICO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> )	

CUADRO 16. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN PARA DEFECTOS FISICOS EN EL TIEMPO EN GRANOS DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	37
CUADRO 17. COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE DEFECTO FÍSICO DEL CAFÉ	37
CUADRO 18. ANALISIS DE VARIANCA PARA EL TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE COLOR FÍSICO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) PERGAMINO.	38
CUADRO 19. PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN EN TIEMPO PARA COLOR FÍSICO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR	39
CUADRO 20. PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE COLOR FÍSICO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	40
CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE EL OLOR FÍSICO DEL CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ).	41
CUADRO 22. PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DE DUNCAN PARA EL OLOR FISICO DE TIEMPO DE CAFÉ.	41
CUADRO 23. COMPARACIONES MÚLTIPLES PARA EL OLOR FÍSICO RESPECTO AL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) DE CAFÉ.	42
CUADRO 24. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE EL TOSTADO DE CAFE.	43
CUADRO 25. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DEL TIEMPO SOBRE EL TOSTADO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	44
CUADRO 26. COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN EN TOSTADO RESPECTO A LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL CAFÉ .	44
CUADRO 27. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFÉ.	45
CUADRO 28. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DEL TIEMPO SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	46
CUADRO 29. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE ACIDEZ DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN EL SIMULADOR.	47
CUADRO 30. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE EL AROMA DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> )	48

CUADRO 31. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DEL TIEMPO SOBRE EL AROMA DE CAFÉ  
(*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR. 49

CUADRO 32. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DE HUMEDAD RELATIVA .

TEMPERATURA SOBRE EL AROMA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR 50

### ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE LA HUMEDAD DEL GRANO.	33
FIGURA 2. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE EL DEFECTO FÍSICO DE CAFÉ.	36
FIGURA 3. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE EL COLOR FÍSICO DE CAFÉ.	38
FIGURA 4. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE EL TOSTADO DE CAFÉ.	43
FIGURA 5. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFÉ.	45
FIGURA 6. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE EL AROMA DEL CAFÉ.	48

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

DIAGRAMA 1. FLUJO DE PARA ALMACENAMIENTO DE CAFÉ PERGAMINO	24
DIAGRAMA 2. FLUJO DE EVALUACIÓN FÍSICO Y ORGANOLÉPTICO.	25

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el almacén de la planta procesadora de café de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandia – CECOVASA de la ciudad de Juliaca, ubicada a 3826 m.s.n.m.; con el objetivo de evaluar las características físicas (humedad del grano, color, olor y número de defectos) y organolépticas (tostado, acidez y aroma) del grano de café almacenado a tres parámetros de almacenamiento ( $T_1 = T^\circ$  y HR ambiental,  $T_2 = T^\circ 18^\circ\text{C}$  y HR 65% y  $T_3 = T^\circ 20^\circ\text{C}$  y HR 70%); los granos de café pergamino de los tres tratamientos al inicio han sido almacenados con 12% de humedad, las mismas que han sido evaluadas a 10, 20 y 30 días respectivamente, para ver el comportamiento de la humedad del grano. Para el análisis de las características físicas y organolépticas del café, las muestras del  $T_1$  fueron obtenidas del almacén y para los  $T_2$  y  $T_3$  las muestras de café pergamino almacenado fueron obtenidas de los equipos simuladores de almacenamiento con termohigrómetro acondicionado para café pergamino, cuyas muestras han sido analizadas en el laboratorio de Control de calidad de café para exportación de CECOVASA. Para el procesamiento de datos, se utilizó el diseño estadístico bifactorial de efectos fijos de 3x3 con tres repeticiones, del cual se obtuvo los resultados siguientes: que a temperatura y humedad relativa ambiental promedio ( $12^\circ\text{C}$  y 45%), la humedad de los granos de café se mantuvieron hasta los 10 días con 12%, a los 20 y 30 días disminuyó a 11.70% y 10% respectivamente; a temperatura de  $18^\circ\text{C}$  y Humedad relativa de 65%, la humedad del grano se mantuvo constante en 12% durante los 30 días de evaluación; y a temperatura de  $20^\circ\text{C}$  y 70% de humedad relativa, a 10 días de almacenamiento la humedad del grano de café se incrementó a 12.77%, el mismo que se mantiene constante hasta los 30 días de evaluación, con deterioro de las características físicas y organolépticas; por lo que se concluye que los factores medio ambientales influyen sobre las características físicas y organolépticas del café almacenado, siendo lo óptimo  $18^\circ\text{C}$  de temperatura y 65% de humedad relativa, los mismos que mantienen todas las características del grano de café.

**Palabras clave:** Humedad relativa, temperatura, tiempo de almacenamiento y café pergamino

## I. INTRODUCCIÓN

El grano de café, es el primer producto de agro exportación y generador de divisas del país también constituye la principal fuente de generación de ingresos para los productores en la zona de selva alta del Perú, que cuenta con climas bien diversificadas y esto favorece para la producción de café orgánico, que ha ido incrementando considerablemente en los últimos años tal como se tiene en la montaña alta de la región de Puno.

En el departamento de Puno, provincia de Sandia, la producción de granos de café fluctúa entre 10 a 15 quintales por hectárea, esta es influenciado por factores climáticos, que esto a su vez influye en el precio en el mercado internacional.

La dificultad de hoy, es el descuido de los granos de café pergamino almacenados a temperaturas superiores a 20°C y mayores a 70% de humedad relativa en la zona de producción y a temperaturas inferiores a 15°C y humedad relativa menor a 60% por debajo de lo permitido en donde el café pierde sus características físicas y organolépticas.

Entonces existe el interés por conocer y aplicar tecnologías adecuadas para la conservación de granos de café pergamino para obtener café de buena calidad, que permita conservar sus atributos, para lo cual se tiene que evaluar el efecto de la Temperatura, Humedad Relativa y tiempo de almacenamiento de café (*Coffea arabica*), en los equipos simuladores cuyos objetivos fueron:

- Evaluar las características físicas (humedad del grano, color, olor y número de defectos) del grano de café verde y pergamino almacenado a tres parámetros de almacenamiento.
- Evaluar las características organolépticas (tostado, acidez y aroma) del grano de café verde a tres parámetros de almacenamiento.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. DENOMINACIÓN DE CAFÉ (*Coffea arabica*)

El café es un cultivo permanente, producido por el árbol del cafeto, estos arbustos requieren una temperatura elevada (20 a 25°C) y una humedad atmosférica importante. Es una planta de semi-sombra, que hay que proteger de los vientos y de las temperaturas bajas. (Figueroa, 1996).

Frutos y semillas de la planta del género *Coffea*, por lo general de las especies cultivadas y los productos de estos frutos y semillas en sus diferentes etapas de proceso y uso, previstos para consumo humano. Este término se aplica a productos tales como el café cereza, la cáscara del café, el café pergamino, el café verde, el café pulido, el café descafeinado, el café tostado ya sea en grano o molido, el extracto de café, el café soluble y al café como bebida (Fernández, 1981).

#### CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DEL CAFÉ

El café está ubicado en el siguiente orden taxonómico (Fernández, 1981)

Reino : Plantae  
Tipo : Espermatofitas  
Sub-tipo : Angiospermas  
Clase : Dicotiledóneas  
Sub-clase : Gamopétalas inferiorvariadas  
Orden : Rubiales  
Familia : Rubiácea  
Género : *Coffea*  
Sub-género : *Eucoffea*  
Especies : *arabica*, *canephora*, *liberica*

### 2.2. VARIEDADES DE PLANTAS DE CAFÉ

Según Delgado (1997), indica que las variedades de café cultivadas son:

**2.2.1. VARIEDAD ARABICA, (*Coffea arabica*)** tiene un contenido en cafeína menor que en la variedad robusta se cultiva principalmente en Colombia, Perú, Centroamérica y Brasil. Es la especie cultivada más abundante.

**2.2.2. VARIEDAD ROBUSTA, (*Coffea canephora*)** tiene mayor contenido en cafeína. Es más resistente a las plagas y necesita menos cuidados, por lo tanto es más económica, se cultiva principalmente en África e Indonesia. Es la segunda especie cultivada más abundante.

### 2.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ

Cóndor (2007), Indica en el Cuadro 1, que el café, como todas las plantas, contiene miles de componentes químicos, con diferentes características. Muchos compuestos químicos han sido identificados en los granos de café y estos reaccionan e interactúan en todas las etapas del procesamiento del café.

El café arábigo y canéfora Robusta, son cualitativa y cuantitativamente diferentes en composición química. Todos los constituyentes que están presentes en los granos de café son transformados durante el proceso de tostado y una gran variedad de compuestos pueden ser extraídos y encontrados en las infusiones de café. Algunos constituyentes de los granos de café se presentan en el cuadro 2, las que pueden ser destruidas durante el tostado, originando nuevos compuestos presentes en las infusiones o sustancias volátiles.

**CUADRO 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CAFÉ**

Contenidos	%	Componentes
Agua	12	Cantidad de agua sumergida
Azúcares	50	De la materia seca del café
Grasa	20	Aprox. De 10 a 20%
Proteínas	11	De la materia seca del café
Aminoácidos libres	0.8	Aprox. De 0.2 a 0.8%
Minerales, vitaminas y ácidos	7	Minerales: Potasio, magnesio, calcio, fósforo y sodio. El grano verde contiene vitaminas: B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> , B <sub>5</sub> , B <sub>12</sub> y C
Componentes no nutritivos	1.50	La base principal de café es la cafeína (representa de 0.8 a 4% dependiendo de la variedad botánica), seguida por la teobromina y la teofilina.

FUENTE: Cóndor, 2007.

**CUADRO 2: PRINCIPALES CONSTITUYENTES DEL GRANO DE CAFÉ (% EN MATERIA SECA)**

Constituyente	Arabigo	Robusta
Cafeína y trazas de purines	1.2	2.2
Trigonelina	1.0	0.7
Aminoácidos totales	10.3	10.3
Aminoácidos libres	0.5	0.8
Carbohidratos	56.9	60.8
Acidos alifáticos	1.7	1.6
Lípidos	16.0	10.0
Glicósidos	0.2	Traces
Minerales	4.2	4.4
Potasio	1.7	1.8

Fuente: Córdor, 2007.

#### 2.4. PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ

CENICAFE (2001), indica en el cuadro 3, que todos los productos alimentarios tienen numerosas características relacionadas con su estado y su aspecto, como el peso, volumen, tamaño, forma, color, solubilidad, contenido de humedad y textura.

Desde el cafeto a la taza, las diversas características físicas del café en sus distintas modalidades desempeñan una parte importante en la forma en que se manipula, así como en el diseño del equipo utilizado para elaborarlo y prepararlo. Así:

- Las cerezas se cosechan cuando su color rojo indica que han alcanzado la madurez adecuada. El color también indica el grado de tueste de los granos;
- Las cerezas defectuosas se separan mediante flotación o aventado, a partir de la densidad, a la vez que se eliminan otras materias, como ramas y guijarros;
- A través del tamaño, la forma y el color se clasifican los granos, una vez secos en forma uniforme y lograda el contenido de humedad adecuado para almacenar el café en forma conveniente.

**CUADRO 3: PROPIEDADES FÍSICAS DEL CAFÉ**

Densidad a granel	(Kg/m <sup>3</sup> )
Cereza roja	800
Granos verdes húmedos	800
Granos secos/pergamino	400
Granos con tueste suave	368
Granos con tueste oscuro	288
Café molido grueso	304
Café molido fino	400

FUENTE: CENICAFE, 2001.

## 2.5. BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DEL CAFÉ

CENICAFÉ (2001), indica que el café es una dicotiledénea, un arbusto perenne que pertenece a la familia de las *Rubiaceae*, la cual contiene alrededor de 500 géneros y más de 6 000 especies. La mayor parte son árboles y arbustos que crecen en el estrato más bajo de los bosques tropicales. La *coffea* es, sin duda, el miembro más importante de esta familia, desde el punto de vista económico, y dos de sus especies son objeto de un abundante comercio: *Coffea arabica*, llamado "arábica", esta variedad constituye entre el 60% y el 70% de la producción mundial; *Coffea canephora*, denominado "robusta", constituye entre el 30% y el 40% de la producción mundial, para lo cual en el cuadro 4 se menciona las diferencias principales entre las variedades de café arábica y robusta.

**CUADRO 4: BOTÁNICA Y ECOLOGÍA DEL CAFÉ**

Grano Verde	Arábica	Robusta
Cromosomas (2n)	44	22
Periodo de la floración a la madurez de la cereza	9 meses	10-11 meses
Rendimiento(Kg de granos/ha)	1500-3000	2300-4000
Sistema de raíces	Profundo	Superficial
Necesidades de suelos	Suelo fértil	Suelo menos fértil
Necesidades de temperatura	Moderadas	Más tolerancia al calor, más sensibilidad al frío
Temperatura óptima (promedio anual)	15-24°C	24-30°C
Humedad óptima (lluvia)	1500-2000 mm	2000-3000 mm
Altura óptima para producirlo	1000-2000 m	0-700 m
Enfermedad de la cereza del café	Susceptible	Resistente
Contenido de cafeína en los granos	0.8-1.4%	1.7-4.0%
Forma del grano	Plana	Ovalada
Características comunes infusión	Acidez, sabor más plano	Amargo, sabor más delicado
Cuerpo	Promedio = .2%	Promedio = 2.0%

FUENTE: CENICAFE, 2001.

**2.6. PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO EN TM****CUADRO 5. PRODUCCION DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE PUNO EN – TM**

DISTRITOS	AÑO 2004 – 2005	AÑO 2005 - 2006	AÑO 2006 - 2007	AÑO 2007 - 2008
San Gabán	26.0	28.0	26.0	29.0
Sandia	2.0	3.0	3.0	3.0
Limbani	5.0	5.0	2.0	0.0
Patambuco	3.0	4.0	2.0	2.0
Phara	1.0	1.0	1.0	1.0
San Juan del Oro	4233.0	870.0	657.0	944.0
Yanahuaya	694.0	688.0	385.0	615.0
Alto Inambari	1183.0	1183.0	936.0	987.0
Putina Punco	0.0	4649.0	3231.0	3202.0
<b>F TOTALES</b>				

F

FUENTE: MINAG, 2010.

**2.7. EL PERGAMINO DE CAFÉ**

El pergamino del café o cascarilla es la parte que envuelve el grano inmediatamente después de la capa mucilaginosa, y representa alrededor de 12% del grano de café en base seca (Córdor, 2007).

**2.7.1. CARACTERÍSTICAS QUE DEBE TENER EL CAFÉ PERGAMINO**

CAFENORTE (2001). Indica que las características que debe tener el café pergamino son:

- Olor característico de un café pergamino fresco, libre de olores extraños o de cualquier otro tipo de impurezas.
- Color uniforme, característico de un café pergamino fresco correctamente beneficiado.
- Libre de todo insecto, hongos y contaminantes.

- Factor de rendimiento menos o igual a 120 kilos de pergamino por saco de 70 kilos de excelso libre de defectos, cisco e impurezas.
- Humedad entre el 10% y el 12%.

NTP N° 209.310 (2008). Señala, que los requisitos generales que debe tener el café pergamino son:

- **Humedad**, Entre el 10 y el 12.5% de humedad medida en equipos basados en la constante dieléctrica del café.
- **Grano pelado**, Se admite hasta el 2% en masa de granos pelados sin endocarpio, con base en pergamino.
- **Café en cáscara o bola**, Se admite hasta 3% en masa de café en cáscara o bola, con base en pergamino.
- **Granos defectuosos**, admite hasta el 5.5% de grano defectuoso en mas, con base en café verde.
- **Materia extraña**, Se admite hasta el 0.5% en masa de materia extraña y/o impurezas.
- **Estado sanitario**, El café debe estar libre de todo insecto vivo y/o muerto, hongos y contaminantes sensoriales perceptibles.
- **Color**, el café pergamino debe presentar uniformidad de color característico de un café correctamente beneficiado.
- **Olor**, El café pergamino debe estar libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminante. El café debe tener un olor fresco característico, por lo tanto, no debe aceptarse el café con olores extraños, tales como: mohoso, terroso, avinagrado, productos derivados del petróleo.
- **Prueba de taza**, El café deberá tener sabor y aroma característicos y estar libre de sabores extraños como: fermento, producto químico, moho y guardado.

## 2.8. FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DEL CAFÉ

### 2.8.1. CONCEPTO DE CALIDAD

Tenemos como premisa “EL PRECIO DE CUALQUIER PRODUCTO EN EL MERCADO ESTA DETERMINADO POR SU CALIDAD. Y EL CAFÉ NO ES UNA EXCEPCIÓN A ESTA REGLA”, es el grado en que un producto satisface la necesidad de un consumidor específico, de tal manera que el producto cumpla con las funciones que el consumidor espera de él. (Castañeda, 2004).

### 2.8.2. CONCEPTO DE CALIDAD DE CAFÉ

Es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico – químicas, intrínsecas del producto, hasta el momento de su transformación o consumo. Casi todo el café que produce el país, se exporta y el mercado internacional del café funciona con base en el concepto de calidad comercial y sus características han sido establecidas por los tostadores y productores de café, de acuerdo a la disponibilidad y precio de los diferentes tipos de café verde.

Las tendencias de los consumidores de café a nivel mundial es estar cada vez más dispuestos a pagar un mayor precio por los productores de mejor calidad, lo que hace proveer que la mejor estrategia para enfrentar ahora el Comercio Internacional del café es una excelente calidad natural del producto. Factores de precosecha que determinan la calidad del café (Córdor, 2007).

### 2.8.3. FACTORES GENÉTICOS Y LA CALIDAD DEL CAFÉ

En el género *Coffea*, hay dos especies de importancia comercial: *Coffea arabica* y *Coffea canephora*, las cuales se conocen comercialmente como arabica y robusta, respectivamente. Aproximadamente el 80% de la producción mundial es *Coffea arabica* que es tratraploide (dotación cromosómica doble de la de sus progenitores) y el otro porcentaje *Coffea canephora* que es diploide (dotación cromosómica doble de la de sus gametos). Esta diferenciación genética que son los responsables de la composición química de las semillas del café y por tanto de la calidad de la misma hace que el *Coffea arabica* sea de mejor calidad. Toda la producción del país es también de esta especie y siempre se han cultivado dos variedades “originales” de esta especie: Variedad **Típica**

(criolla o silvestre) y variedad **bourbon**; pero también es ampliamente cultivado las variedades **catarra** (una variedad de bourbon), variedad **pache** (mutación del típica), variedad **catimor** (cruce entre el caturra con el híbrido timor) y en menores proporciones se cultivan las variedades **mundo novo** (cruce entre el bourbon y el sumatra) y **catuai** (cruce entre el caturra y el mundo novo). La determinación de la calidad del café no es más que la calificación de las características físicas y organolépticas o sensoriales del café y están basados en las exigencias del consumidor (Castañeda, 2004).

Pero la calidad de las diferentes variedades de la especie arábica es muy variada, destacado algunas por su relativa suavidad en cuerpo y amargor, otros por su pronunciado aroma y acidez, etc. Pero estas variaciones no son determinantes en la calidad de la bebida propiamente dicha y si existen no pueden existir “nichos de mercados” para una u otra variedad específica no existe un fundamento técnico normativo para ello (Córdor, 2007).

#### 2.8.4 .INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA CALIDAD DEL GRANO DEL CAFÉ

El café es un cultivo que requiere componentes climáticos primarios para obtener un grano de café de calidad como se indica en el cuadro 6:

**CUADRO 6: INFLUENCIA DEL CLIMA EN LA CALIDAD DEL GRANO DEL CAFÉ**

Zonas Cafetaleras	Altitudes Varían entre 600 a 1800 m.s.n.m.	Temp. media varía entre 18 a 24°C	Lluvias varían entre 1200 a 2600 mm/año	Humedad relativa varía entre 70 a 85%	Luminosidad varía entre 1600-1800 horas luz/año	Calidad del café
Zona alta	1200 a 2000	18 a 20	lluvias alta	Humedad alta	Luminosidad baja	Excelente calidad
Zona media	900 a 1200	20 a 22	lluvias media	Humedad media	Luminosidad media	Buena calidad
Zona Baja	600 a 900	22 a 24	lluvias baja	Humedad baja	Luminosidad alta	Calidad estándar

**FUENTE:** Castañeda, 2004.

Cualquier cultivo de café que se encuentra por fuera de estas condiciones puede tener problemas de producción y calidad del grano. Aunque los componentes del clima son influenciados en gran medida por factores de *latitud* y *altitud*; pues la altitud tiene una gran influencia sobre la distribución de las lluvias, temperatura, humedad relativa, etc. Y

estos factores climáticos, hacen que ciertas propiedades organolépticas del café se acentúen a medida que se incrementa la altura. Por ejemplo: a mayor altura el proceso de formación y maduración de los granos de café es más lenta, lo cual tiene como resultado un desarrollo amplio de las sustancias aromáticas y de una acidez deseable en el café. La zona altitudinal de mejor optimización para el cultivo del café está entre los 1000 m.s.n.m. y los 1800 m.s.n.m. (Córdor, 2007).

#### **2.8.5. INFLUENCIA DEL SUELO Y FERTILIZACIÓN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ**

Los mejores suelos para el cultivo del café, son los Francos casi la mayor parte de los suelos de la ceja de selva peruana donde se cultiva el café (alfisoles, entisoles, insectisoles) tienen buenas propiedades físicas (buena textura, estructura, profundidad, aireación, retención de humedad, etc.) y regulares propiedades químicas ideales para el cultivo del café (pH entre 4.5 – 7), buena capacidad de intercambio catiónico, por tanto, buena concentración de nutrientes, que hacen ideal el cultivo del café en estos suelos.

Entonces desde el punto de vista nutricional, estos son los suelos más óptimos para el cultivo del café, aunque tiendan rápidamente a perder su fertilidad por una mala conservación. Una planta de café mal nutrida, sin los elementos esenciales suficientes para su desarrollo (nutrientes) produce malas tazas de café, obviamente por no contar con los elementos que favorezcan la formación de un café de calidad. El tipo de fertilización o abonamiento que se realice y el fertilizante o abono que se use para nutrir la planta, influye poco en la calidad del café. (Castañeda, 2004).

#### **2.8.6. FACTORES CULTURALES Y CALIDAD DEL CAFÉ**

Directa e indirectamente, las prácticas culturales como: tipo de almácigos, trasplante al campo definitivo, altura del cultivo, cultivo al sol o a la sombra, deshierbo, control de malezas, densidad de siembra, podas, irrigaciones, acelerantes de la maduración del fruto, etc., no están definitivamente correlacionados con la calidad total del café. Estas prácticas culturales tienen sobre todo más influencia en el aspecto cuantitativo de la producción más que en el aspecto cualitativo de la calidad del café (Córdor, 2007).

### 2.8.7. INFLUENCIA DE PESTES Y ENFERMEDADES EN LA CALIDAD DEL CAFÉ

Las variedades de café *arabico*, son más susceptibles al ataque de plagas y enfermedades que las de café *robusta*. El ataque de pestes (larvas, insectos) y enfermedades (hongos, bacterias, mohos) afectan notoriamente las características físicas y sensoriales del café, porque cualquier factor ambiental que altere la estructura de la membrana (ataque de insectos infecciones microbianas) provoca una rápida modificación de la composición química y por lo tanto un deterioro de la calidad del grano. (Castañeda, 2004).

### 2.8.8. INFLUENCIA DE FACTORES DE COSECHA EN LA CALIDAD DEL CAFÉ

No se debe cosechar granos verdes ni granos sobremaduros, sino cuando el fruto está en su óptima madurez. Y la cosecha se debe realizar en canastas o envases adecuados y en lo posible cada 15 días aproximadamente. La forma de realizar la cosecha, influye mucho en la calidad del café. Los frutos verdes presentan compuestos químicos en niveles diferentes al ideal, que alteran la calidad física del café (dando granos decolorados y de menor tamaño) que dan un sabor áspero y picante (sabor astringente o metálico) a la bebida. Mezclas de café normal con porcentajes mayores al 10% de granos verdes perjudican la calidad del café (Cóndor, 2007).

Los frutos demasiados maduros también perjudican la calidad del grano, porque después de la maduración, los frutos entran en una fase de fermentación, dando un color rojo oscuro y produciendo una bebida con sabor y aroma a fruta (a piña sobremadura). La mejor calidad de café, tanto en grano como en la bebida, se obtiene cuando el fruto es cosechado en su estado óptimo de madurez (porque la composición química está a punto óptimo). Para que el fruto cosechado no se deteriore rápidamente a través de una fermentación espontánea que malograría su calidad, tiene que estar en envases ventilados y a la sombra; es por ello que se debe cosechar en canastas para evitar dañar al fruto y permitir escoger las impurezas existentes. Porque son granos con compuestos químicos derivados de procesos fermentativos o del ataque de microorganismos, dándose cerezas negras que originan un café con parte de la pulpa pelada (grano media cara) así como una bebida con sabor a “madera”. No se debe cosechar los granos secos del árbol o los caídos con anterioridad del suelo. Al cosechar no mezclar los frutos maduros con hojas, palitos, piedras, etc. Las despulpadoras (molinos) deben estar bien

graduadas o calibradas y se debe revisar constantemente que las camisas no estén dañadas (SURCAFE, 2002).

## **2.8.9. FACTORES DE POST COSECHA**

### **2.8.9.1. Etapa del despulpado**

En esta operación se remueve entre otras cosas, la pulpa del fruto con el fin de acelerar el proceso de descomposición del mucílago y así evitar el manchado del café pergamino por ciertos pigmentos del fruto. La pulpa constituye aproximadamente el 40% del peso fresco del fruto y el 30% en base seca con un contenido de humedad natural del 77%. Ya que el grano una vez cosechado, inicia una fermentación inadecuada (dentro del fruto) ocasionando mal sabor al café (café con aroma frutoso) que es llamado defecto fermento y es sumamente perjudicial para la calidad del café (Castañeda, 2004).

El despulpado del café debe realizarse el mismo día de la recolección. No deben pasar más de 10 horas después de la cosecha. Y no se debe mezclar cafés de cosechas pasadas. Así se evitará los granos mordidos o quebrados, que son daños físicos que tienen su efecto sobre la calidad del café, ya que frecuentemente se carbonizan en el proceso de torrefacción, cambiando por consecuencia la composición química original del café y por tanto sus propiedades sensoriales. Los granos mordidos o quebrados, son además el mayor defecto físico del café en el Perú (Cóndor, 2007).

### **2.8.9.2. Etapa de fermentación**

En este proceso se descompone el resto del mucílago que cubre el café en pergamino con el fin de permitir su remoción en el lavado. Esta fermentación se produce por acción de numerosos microorganismos (bacterias, levaduras y enzimas) que transforman los compuestos pécticos y azúcares en alcoholes y diversos ácidos. Esta acción se realiza amontonando los granos en tanques, tinas, pilas o bateas, para que la temperatura aumente y se desarrollen los microorganismos. En esta fermentación es crítico el tiempo de proceso, por ello hay que tener siempre en cuenta: No realizar largos periodos de fermentación. No fermentar más de 24 horas. Los tanques, tinas, pilas o bateas de fermentación no deben contener agua en este proceso (Castañeda, 2004).

Cóndor (2007), Indica que, El tiempo de duración de este proceso depende del clima y temperatura del ambiente (y por lo tanto de la altura sobre el nivel del mar) este tiempo debe variar entre 12 y 20 horas. Si se realiza largos periodos de fermentación (sobrefermentación), aparecen daños en la calidad, por la formación de compuestos como los ácidos propiónicos y butíricos, que dan sabores, aromas y olores indeseables al café como a fruta (piña madura), a cebolla (por el ácido propiónico), a fermento natural (por el ácido acético) y agrio (vinoso). Todos los daños de calidad causados al grano por sobrefermentación, son de tipo químico y provocan rechazo del producto por parte de los compradores. Este según la intensidad del sabor, pueden ser:

- Sabor Frutoso (muy ligero)
- Sabor a fermento (ligero)
- Sabor a vinagre (intenso)
- Sabor hediondo (muy intenso).

#### **2.8.9.3. Etapa del lavado**

En esta operación se retira todos los productos del mucílago para evitar formaciones de sabores y olores indeseables en el secado y se puede realizar en el mismo tanque, tina, pila o batea de fermentación o utilizando canal de correteo, pero siempre teniendo en cuenta: No debe quedar residuos de mucílago pegados al grano, porque ocasionan granos manchados y dan sabores a fermento (frutuoso) y agrios, ocasionando el defecto sucio en la bebida. Lavar bien y con agua limpia los granos del café. De ninguna manera se debe de pisar los granos de café en la batea al momento de lavarlos (SURCAFE, 2002).

#### **2.8.9.4. Etapa de secado**

Es la operación más delicada del proceso de beneficio. Durante el secado se rebaja la humedad del café, del 52% al 12%, esto con el fin de poder almacenar el producto en condiciones que permitan conservar su calidad (impidiendo el desarrollo de hongos y bacterias. Por ello es importante: Porque de lo contrario el café adquiere un sabor a cebolla, causado por el ácido propiónico originada por esta acción. Porque el café secado

sobre mantas de plástico, lonas u otros sobre la tierra, hace que el café adquiera un sabor y olor sucio (café terroso) y es desagradable al gusto (Castañeda, 2004).

Después de lavar el café, hay que proceder a secarlo inmediatamente, sin amontonarlo húmedo (mojado). No secar el café sobre el suelo, se debe utilizar parihuelas o tarimas para ello. No mezclar cafés de diferentes humedades para secarlos, cada lote debe secarse en forma separada (Cóndor, 2007).

Si se almacena o se vende el café, con humedades mayores al 12%, se presentan ataques de hongos (micotoxinas) que causan daño al ser humano y deterioran la calidad del café, provocando defectos físicos como granos blanqueados o decolorados o granos partidos o aplastados y defectos en taza como sabor terroso o mohoso, con sabores a tierra húmeda, a piña sobremadura, a cebolla o a vinagre y que son rechazados por los compradores, llamándoles granos flojos. El café almacenado con menos del 12% de humedad, preserva mejor y por más tiempo su calidad (hasta por seis meses después de su elaboración). Al contrario, un café con contenido de humedad alto (mayores al 12%) pierde su calidad original rápidamente (alrededor de dos meses). Este secado inadecuado del café es el principal problema de taza en el Perú. Secar demasiado tiempo y con humedades menores al 10% también malogra la calidad del café, cristalizándolo al grano, que pierde su color original y adquiere un sabor a “madera” (insípido, sin acidez y aroma) (Castañeda, 2004).

#### **2.8.9.5. Almacenamiento**

Ciertos productores de café, por motivos comerciales u otros, necesitan almacenar su café por periodos de tiempos. Y para tener buenas condiciones de almacenaje, es necesario tener en cuenta: Porque si se almacena cafés húmedos, se hace posible el desarrollo de hongos, bacterias inmaduras, que deterioran rápidamente la calidad del producto, causando defectos como los granos cardenillos y granos con sabor frutoso – mohoso (a piña sobremadura y a tierra) con olores a fermento o descompuestos (granos flotadores). Porque un café almacenado con una humedad del 12%, requiere condiciones de temperatura menores a 20 °C y una humedad relativa menor a 65% para mantenerse en equilibrio; porque si la humedad relativa es superior al 65% aproximadamente, el café se hidrata y si es inferior al 65%, se deshidrata. Temperaturas y humedades relativas

mayores facilitan el desarrollo de hongos y bacterias, que malogran la calidad del café, dando granos decolorados o desteñidos (blanquecino – amarillento) y dando sabores a reposo o viejo en la taza. Por ello se recomienda: No almacenar cafés húmedos con más del 12% de humedad. Almacenar el café en ambientes secos y ventilados, y poner los sacos o costales sobre tarimas de madera (elevados del piso), también no poner al café en sacos sucios o húmedos para almacenar. El café se debe almacenar en lugares limpios, únicamente en pergamino seco, nunca junto a otros productos y no por más de 6 meses (Córdor, 2007).

CENICAFE 2001, Indica que, el café pergamino *seco* de buena calidad con humedad del 10 al 12%, se conserva almacenado hasta *por 6 meses* en ambientes con temperatura inferior a 20°C y humedad relativa de 65 a 70%. A medida que aumentan el tiempo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente de almacenamiento, la calidad del café se deteriora más rápidamente, el efecto puede no apreciarse en el pergamino, pero si en la almendra y en la bebida.

Según la ficha técnica del café (CENICAFE, 2001), el café en almendra; empacado en sacos de fique, arrumado sobre estibas limpias, separado al menos 30cm de las paredes y los techos. Bodega ventilada, seca, limpia y con condiciones frescas (temperaturas moderadas). Granos de café almendra almacenados aparte de otros materiales como pinturas, abonos, insecticidas, maderas, sustancias químicas, tierras, animales e insectos. En condiciones de almacenamiento, el Grano almendra con humedad del 10 al 12%, almacenado en lugares ventilados con temperaturas inferiores a 20°C y humedad relativa de 65 a 70%. El grano almendra se conserva por menos tiempo que el café pergamino bajo las mismas condiciones. Deben controlarse las variaciones drásticas de humedad y temperatura en las bodegas. En almacenamiento prolongado con altas temperatura y humedad relativa del ambiente, el grano almendra se decolora, la bebida pierde acidez, el aroma y sabor cambian a reposo, terroso, mohoso o fenólico dependiendo del deterioro.

SURCAFE (2002), también menciona que, Ciertos productores de café, por motivos comerciales u otros, necesitan almacenar su café por periodos de tiempos. Y para tener buenas condiciones de almacenaje, es necesario tener en cuenta: Porque si se almacena cafés húmedos, se hace posible el desarrollo de hongos, bacterias inmaduras, que deterioran rápidamente la calidad del sabor frutoso – mohoso (a piña sobremadura y a

tierra) con olores a fermento o descompuestos (granos flotadores) porque un café almacenado con una humedad del 12%, requiere condiciones de temperatura menores a 20 °C y una humedad relativa menor a 65% para no almacenar cafés húmedos con más de 12% de humedad. Almacenar el café en ambientes secos y ventilados, y poner los sacos o costales sobre tarimas de madera (elevados del piso) no poner al café en sacos sucios o húmedos para almacenar. Mantenerse en equilibrio; porque si la humedad relativa es superior al 65% aproximadamente, el café se hidrata y si es inferior al 65%, se deshidrata. Temperaturas y humedades relativas mayores facilitan el desarrollo de hongos y bacterias, que malogran la calidad del café, dando granos decolorados o desteñidos (blanquecino – amarillento) y dando sabores a reposo o viejo en la taza. Por ello: El café se debe almacenar en lugares limpios, únicamente en pergamino seco, nunca junto a otros productos y no por más de 6 meses.

#### **2.8.9.6. La calidad física del café.**

FISCHERSWORRING Y ROSSKAMP (2001), indica que el café cereza de buena calidad es maduro y sano. Los granos de café de buena calidad presentan apariencia homogénea, olor característico a café, color amarillo del pergamino y verde oliva del café almendra, tamaño según las especificaciones de mercado y un contenido de humedad entre el 10 y el 12%, Defectos como los granos no despulpados, guayabas, negros, vinagres, severamente dañados por la broca, mohoso y muy decolorados, no son admisibles en el café de buena calidad, ya que ocasionan sabores indeseables de la bebida como fermento, *stinker*, fenólico, terroso, mohoso, acre, reposo o contaminado.

#### **2.8.10. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

ALVARADO y PUERTA (2002), afirma que el café pergamino seco de buena calidad con humedad del 10 al 12%, se conserva almacenado hasta ambientes con temperatura inferior a 20°C y humedad relativa de 65 a 70%. A medida que aumentan el tiempo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente de almacenamiento, la calidad del café se deteriora más rápidamente, el efecto puede no apreciarse en el pergamino, pero si en la almendra y en la bebida.

### 2.8.11. EVALUACIÓN FÍSICA DEL CAFÉ PERGAMINO

CASTAÑEDA (2004), Menciona que, analizando el café pergamino, tenemos el indicio de la calidad de café, y donde las características físicas a evaluar son los siguientes:

- **Humedad**, Comprendida entre 10 a 12%.
- **Olor**, A limpio y Fresco pero no a tierra, moho o vinagre.
- **Color**, Que debe ser parejo y uniforme, más no variado y disparejo.
- **Defectos**, Que deberán contener pocos defectos y no muchos defectos.

CASTAÑEDA (2004), También indica que los defectos del café pergamino son:

- **Grano Pelado**, son los granos que le falta la mitad o más del pergamino (endocarpio).
- **Bola o Media Cara**, Son los granos que están total o parcialmente cubiertos por cáscaras de cerezo, pegadas al pergamino.
- **Impurezas**, Que son el cisco, cáscara de cerezo y pergamino vano.
- **Materias Extrañas**, Son todos aquellos materiales extraños que no tienen relación con la cereza del café: (palos, piedras, semillas de otros cultivos, etc.).

NTP N° 209.027 (2001), Clasifica a los requisitos que debe contener el café en el número de defectos en 5 grados los cuales son:

**GRADO 1.** Se admite un máximo de 15 defectos considerados según las especificaciones de la Green Coffee Association of New York City, Inc.

**GRADO 2.** Se admite un máximo de 23 defectos considerados según las especificaciones de la Green Coffee Association of New York City, Inc.

**GRADO 3.** Se admite un máximo de 30 defectos considerados según las especificaciones de la Green Coffee Association of New York City, Inc.

**GRADO 4.** Se admite un máximo de 35 defectos considerados según las especificaciones de la Green Coffee Association of New York City, Inc.

**GRADO 5.** Se admite un máximo de 40 defectos considerados según las especificaciones de la Green Coffee Association of New York City, Inc.

El cuadro 7 presenta las equivalencias de defectos de café para una evaluación física de café de una muestra de acuerdo al protocolo de calidad de la Asociación internacional de Cafes especiales.

**CUADRO 7. Tabla de equivalencia de defectos de café**

TABLA DE EQUIVALENCIAS DE LOS DEFECTOS DE CAFÉ SEGÚN PROTOCOLO SCAA			
DEFECTOS PRIMARIOS		DEFECTOS SECUNDARIOS	
DEFECTOS	DEFECTOS TOTALES EQUIVALENTES	DEFECTOS	DEFECTOS TOTALES EQUIVALENTES
Grano negro	1	Negro parcial	3
Grano agrio/Vinagre	1	Agrio parcial	3
Cereza seca	1	Pergamino	5
Daño por hongos	1	Flotador	5
Materia extraña	1	Inmaduro	5
Grano brocado severo	5	Averanado o arrugado	5
		Conchas	5
		Partido/mordido/cortado	5
		Cáscara o pulpa seca	5
		Grano brocado leve	10

FUENTE: NTP N° 209.027 (2001).

## 2.8.12. EVALUACIÓN ORGANOLÉPTICA DEL CAFÉ VERDE ALMACENADO

Para realizar la evaluación organoléptica de la calidad de taza de café los parámetros principales utilizados son los siguientes:

### 2.8.12.1. Fragancia/Aroma

Según Cañas (2008), 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).

El aroma del café es captado por los receptores olfáticos durante la catación. Estas características se deben a los aceites esenciales contenidos en la almendra. El aroma es catalogado tanto cuantitativa como cualitativamente. Un aroma delicado, fino, fragante y penetrante caracteriza un buen café. Otros términos usados por los catadores para la

descripción de los aromas son: floral, acaramelado, malteado, achocolatado, cítrico, entre otros (Fischersworing y Rosskamp, 2001).

Aroma, una sensación aromática comúnmente encontrada en el aroma de la taza de la infusión de café, creada por un conjunto altamente volátil de aldehídos y de esteres que se transforman en gases en la temperatura elevada de la infusión de café, se percibe como una sensación dulce que recuerda a un cítrico o como una sensación seca que recuerda a una baya (Lingle, 2011).

#### **2.8.12.2. Acidez**

Los sabores ácidos los percibimos principalmente en sustancias que son ácidas. Estos compuestos contienen átomos de hidrógeno, que son los principales responsables de dicho sabor. Cuando se mezcla la sustancia que contiene el ácido con agua (recuérdese que para que las papilas gustativas reaccionen, las sustancias tienen que estar húmedas), en general desprenden algunos de sus átomos de hidrógeno. Por ejemplo, el ácido cítrico que existe en la naranja, el limón, etc., tiene un sabor ácido muy pronunciado. Otro ejemplo es el caso del vinagre, que está compuesto de ácido acético (Cañas, 2008).

El grado de acidez, es decir, su intensidad, acidez varía notablemente conforme a la procedencia del café, destacándose los cafés de altura por una acidez alta a mediana mientras que los cafés de bajura tienen acidez ligera y en casos extremos careen de ella. Otro factor que influye es la edad del grano, pues en su envejecimiento baja el grado de acidez (Fischersworing y Rosskamp, 2001). Acidez, un gusto deseable en el café cultivado en altura, ácido y agradable, no amargo (Lingle, 2011).

#### **2.8.12.3. Sabor**

El Sabor representa la característica principal de café, "las notas de medio alcance" las primeras impresiones dadas por la aroma y 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.

La cuenta dada al Sabor debe justificar la intensidad, la calidad y la complejidad de su sabor y el aroma combinados, que se experimenta cuando el café es sorbido con ruido en la boca para implicar vigorosamente el paladar entero en la evaluación (Cañas, 2008).

Es de suma importancia que los catadores realicen los análisis según ciertas reglas y normas internacionalmente establecidas que les permita detectar todo sabor extraño. En este proceso es crucial tener en cuenta el comprador del café, ya que las exigencias al sabor varían de país a país (Fischersworing y Rosskamp, 2001).

Una sensación primaria de sabor relacionada con la presencia de los componentes de sabor dulce que se forman en el café. Se crean a manera de ácidos y se combinan con azúcares a fin de incrementar la dulzura general de la bebida del café (Lingle, 2011).

En el sabor, se percibe cuatro sensaciones básicas, dulces, saladas, agrias y amargas, la interacción entre ellas proporciona la completa modulación del sabor. En este punto, la presencia adecuada de azúcares reductores y no reductores, ácidos, amino ácidos, grasas y fibra cruda de los granos, es la prueba del trabajo realizado por la planta de café y la intervención del agricultor en la búsqueda de la calidad (Proyecto Tambopata Inambari, 2005).

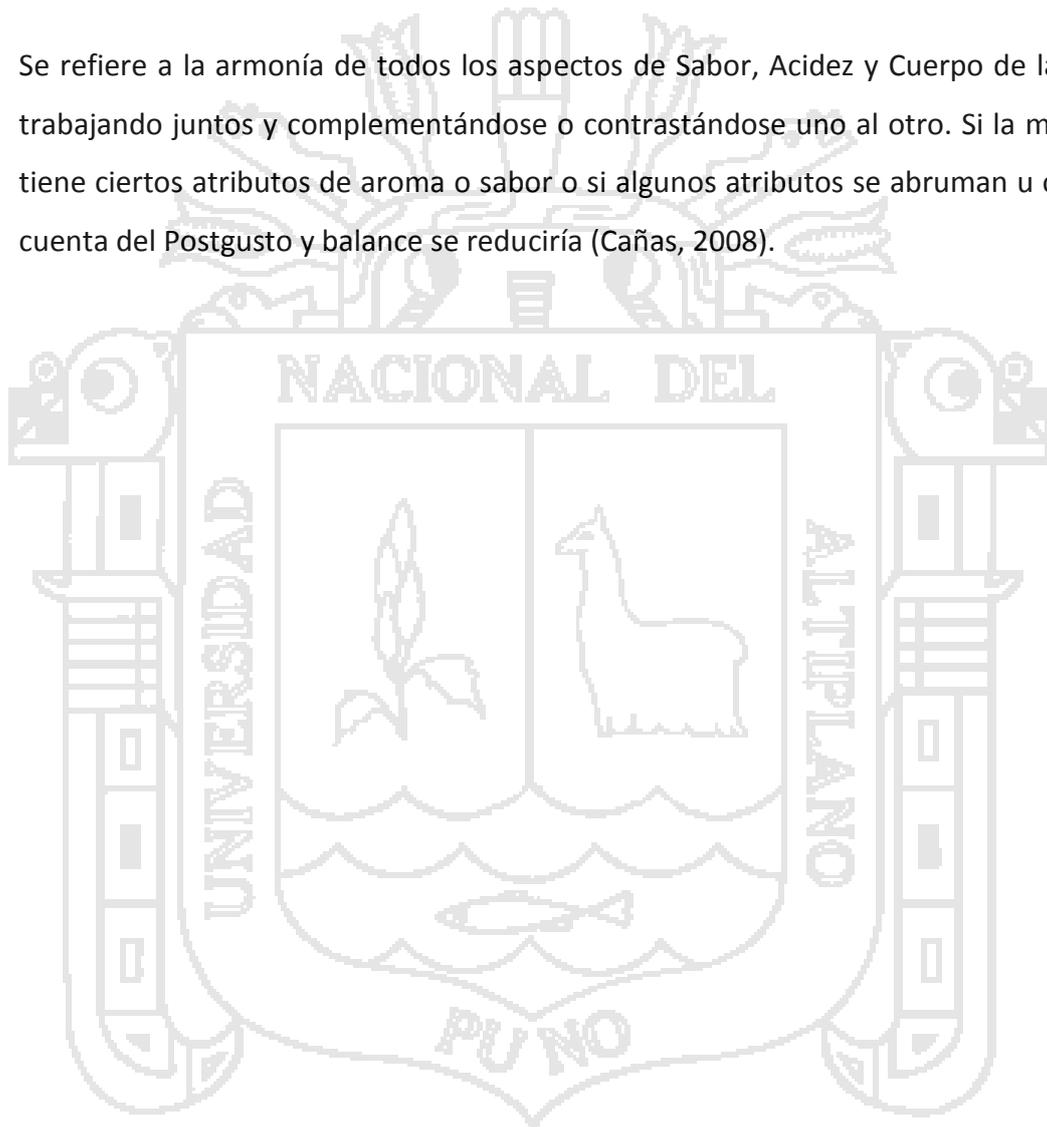
#### **2.8.12.4. Cuerpo**

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 cuerpo pesado pueden recibir una cuenta alta en términos de la calidad debido a la presencia de coloides (de infusión). Sin embargo; algunas muestras con el cuerpo más ligero pueden dar también una sensación agradable en la boca (Cañas, 2008).

La caracterización del cuerpo se origina como resultado de la combinación de varias percepciones captadas durante la catación sensorial: acidez, aroma y amargor, al igual que por la cantidad de partículas disueltas en la infusión que a su vez determinan la concentración de la misma (Fischersworing y Rosskamp, 2001).

#### **2.8.12.5. Postgusto**

Se refiere a la armonía de todos los aspectos de Sabor, 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, la cuenta del Postgusto y balance se reduciría (Cañas, 2008).



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

- El presente proyecto de investigación se ejecutó en la ciudad de Juliaca entre los meses de Julio a Setiembre del año 2010. Para la parte experimental, se realizó en dos simuladores de almacén acondicionado para café pergamino dentro del almacén central de la Planta Procesadora de café de la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los valles de Sandia CECOVASA, ubicado en el Distrito de Juliaca, Provincia de San Román del Departamento de Puno parque industrial Taparachi Km 3, carretera vía Juliaca Puno, a 3826 m.s.n.m.
- Las pruebas de evaluaciones de las características físicas y organolépticas del café verde y tostado se realizó en el laboratorio de control de calidad de café CECOVASA, por un equipo de catadores semientrenados.

#### 3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

##### 3.2.1. MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada para el presente trabajo de investigación fue café pergamino de cosecha actual del tipo arábica en su variedad caturra roja proveniente de la localidad de Massiapo de la Provincia de Sandia.

#### 3.3. EQUIPOS Y MATERIALES.

##### 3.3.1. MATERIALES DE LABORATORIO

- Muestreras para café
- Cucharas de catación
- Vasos pirex
- Mesa para catación
- Agua mineral
- Tubetas
- Vasos para desperdicio

- Tableros de calificación

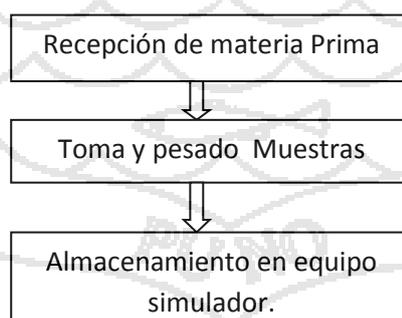
### 3.3.2. EQUIPOS

- Equipo simulador de almacenamiento de café
- Termohigrómetro digital marca Radioshack.
- Balanza electrónica
- Tostadora de café verde
- Piladora de café pergamino
- Molino de café tostado
- Medidor de humedad de café marca GEHAKA
- Zaranda granulométrica de café
- Selladora
- Hervidora
- Cocina

### 3.4. METODOLOGÍA DE PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE OPERACIONES

#### 3.4.1. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DE OPERACIONES

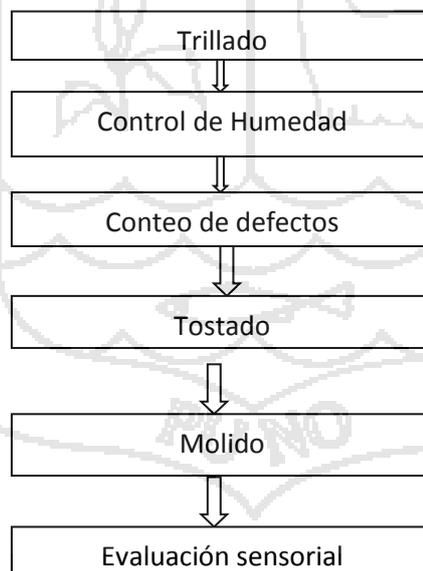
**Diagrama 1: Flujo de almacenamiento de café pergamino**



- **Recepción de materia Prima.-** Las muestras de café se tomaron al azar de un productor con las siguientes características:
  - Café pergamino seco obtenido por beneficio húmedo
  - Toma de muestras de 03 kilos de cosecha actual con humedad de 12% en grano de café controlado con un medidor de humedad de grano.
  - Café de la variedad caturra roja de 05 años de producción.

- **Muestras.-** Las muestras de café se tomaron al azar y se pesaron para el proceso de almacenamiento para los diferentes tipos de control.
- **Almacenamiento.-** El café pergamino se sometió a almacenamiento en un equipo simulador acondicionado con un equipo termohigrómetro, que tiene la función de medir la temperatura y la humedad relativa del simulador de almacén incluido una cocina eléctrica para generar calor y recipientes con agua, el proceso de almacenamiento se realizó con tres tipos de control:
  - a. **Tipo de control 1:** Temperatura y humedad relativa ambiente evaluados a 10, 20 y 30 días.
  - b. **Tipo de control 2:** 18°C de temperatura y a 65% de humedad relativa evaluados a 10, 20 y 30 días.
  - c. **Tipo de control 3:** 20°C de temperatura y a 70% de humedad relativa evaluados a 10, 20 y 30 días.

**Diagrama 2: Flujo de evaluación físico y organoléptico.**



- **Trillado.-** El proceso de trillado se realizó en una máquina trilladora de laboratorio con el fin de quitar la cáscara o pergamino del café.
- **Control de Humedad.-** El control de la humedad del grano de café verde se realizó en un equipo medidor de humedad de granos de laboratorio de las muestras almacenadas.

- **Conteo de defectos.-** para la determinación de características físicas del café se efectuó de acuerdo a los requisitos de la Norma Técnica Peruana de café (NTP 209.310-2008) requisitos de café pergamino y (NTP-209.027-2001 y por NTP- ISO 10470-1998) requisitos de café verde.
- **Tostado.-** Las diferentes muestras de café almacenadas a los tres tipos de control fueron tostados 300gr en una máquina tostadora de café de laboratorio controlando los puntos de tueste para evaluación organoléptica a 220°C a 12min por cada tueste.
- **Molido.-** El café tostado luego del reposo por unas 4 horas se procedió al molido a punto granulado para cada taza por muestras separadas.
- **Evaluación organoléptica de café.-** Es un proceso de evaluación sensorial o catación de café en taza de pirex de 170ml, conteniendo 8.5 g de café tostado molido, con 150 ml de agua natural hervido por cada muestra, es evaluado primero el tostado, en seguida evaluar los atributos del café entre ellos acidez, aroma, cuerpo describiendo las características que presenta el café.

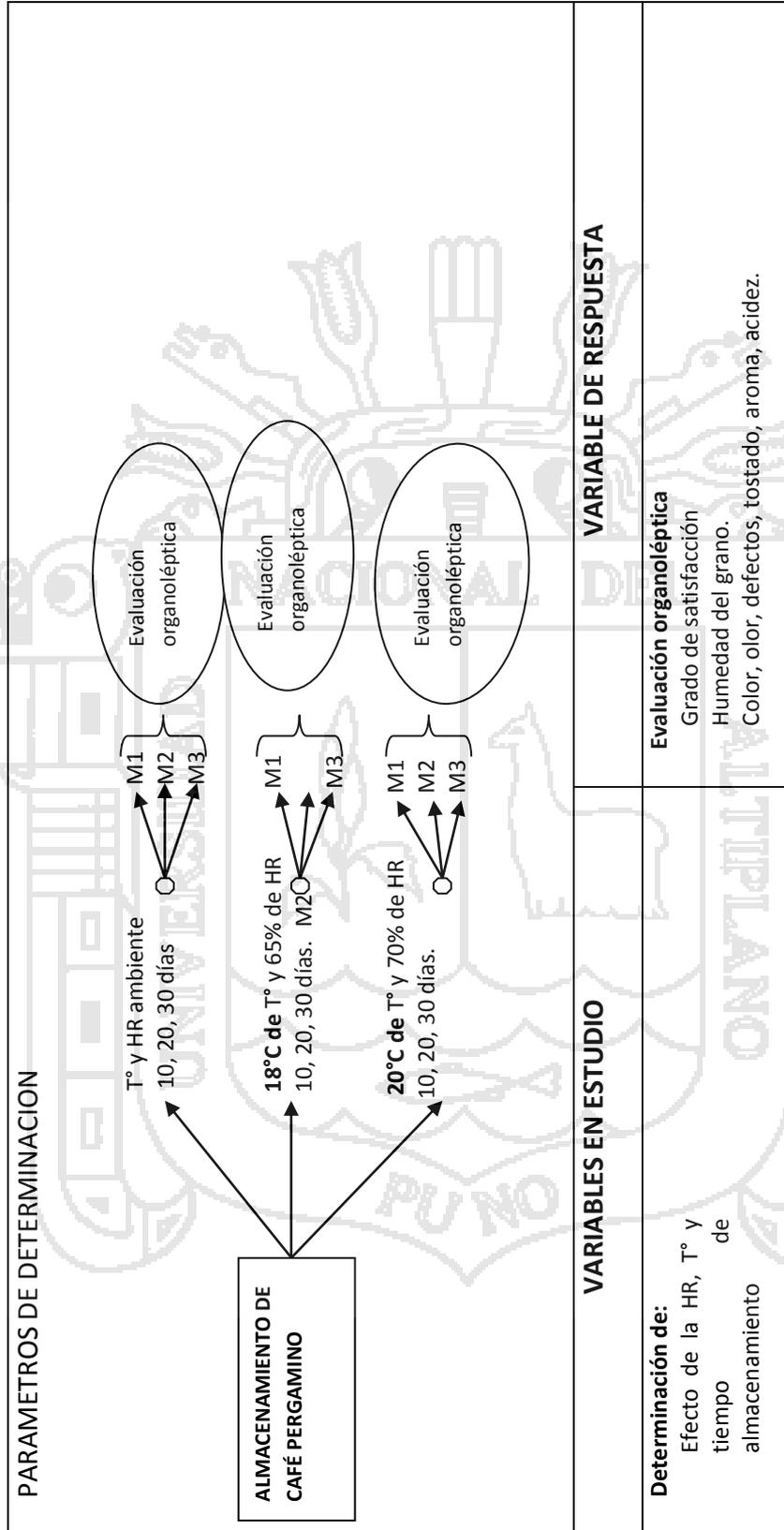
**CUADRO 8: Escala hedónica para evaluación organoléptica**

ESCALA	CLASIFICACION DE MUESTRAS
Excelente	5
Muy bueno	4
Bueno	3
Regular	2
Malo	1

**FUENTE:** Ureña, 1999

3.4.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

CUADRO 9: DISEÑO EXPERIMENTAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.



### 3.5. FACTORES EN ESTUDIO

Humedad relativa, temperatura y tiempo de almacenamiento de café pergamino.

**CUADRO 10:** TIPOS DE CONTROL DE EVALUACIÓN

MUESTRA	RANGOS DE TEMPERATURA ( °C)	RANGOS DE HUMEDAD RELATIVA (%)	RANGOS DE TIEMPO (Días)
M1	Ambiente	Ambiente	10, 20, 30
M2	18	65	10, 20, 30
M3	20	70	10, 20, 30

### 3.6. VARIABLES DE RESPUESTA

- Humedad del grano de café verde
- Color físico del café pergamino
- Olor Físico del café pergamino
- Número de defectos de café
- Tostado
- Acidez
- Aroma

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el estudio del presente trabajo de investigación se utilizó el modelo estadístico diseño bifactorial de efectos fijos.

### 3.8. DISEÑO BIFACTORIAL

Se utilizó el diseño bifactorial con tres temperaturas (medio ambiente, 18°C y 20°C) y; tres humedades relativas (ambiental, 65% y 70%), durante 10, 20 y, 30 días, las pruebas de análisis se realizaron con tres repeticiones y complementarias con pruebas de Duncan.

Las observaciones pueden describirse mediante el modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \ell_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

Las restricciones para el diseño bifactorial de efectos fijos son:

$$\sum_{i=1}^a = 0$$

$$\sum_{j=1}^b \beta_j = 0$$

$$\sum_{i=1}^a (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

$$\sum_{j=1}^b (\alpha\beta)_{ij} = 0$$

Las  $\ell_{ijk} \approx N(0, \sigma)$  independientes.

$Y_{ijk}$  : Variable respuesta.

$\mu$  : Efecto medio general.

$\alpha_i$  : Efecto del  $i$ -ésimo nivel del factor A.

$\beta_j$  : Efecto del  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$  : Efecto de la interacción del factor A y B.

$l_{ijk}$  : Componente del error aleatorio.

Planteamiento de la hipótesis a cerca de la igualdad de los efectos del factor A.

$$H_o = \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_a = 0.$$

$$H_1 = \text{al menos } \alpha_i \neq 0$$

Planteamiento de la hipótesis a cerca de la igualdad de los efectos del factor B.

$$H_o = \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_a = 0.$$

$$H_1 = \text{al menos } \beta_i \neq 0$$

Planteamiento de la hipótesis si los efectos del factor A y B interaccionan.

$$H_o = (\alpha\beta)_{ij} = 0 \text{ para toda } i, j$$

$$H_1 = \text{al menos } (\alpha\beta)_{ij} \neq 0$$

**CUADRO 11: ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL MODELO BIFACTORIAL DE EFECTOS FIJOS**

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	CUADRADOS MEDIOS	Fc
Factor A=Tipo de control. (temperatura-humedad relativa)	SC <sub>A</sub>	a-1	CM <sub>A</sub>	$F_c = \frac{CM_A}{CM_E}$
Factor B=tiempo	SC <sub>B</sub>	b-1	CM <sub>B</sub>	$F_c = \frac{CM_B}{CM_E}$
Interacción	SC <sub>AB</sub>	(a-1)(b-1)	CM <sub>AB</sub>	$F_c = \frac{CM_{AB}}{CM_E}$
Error	SC <sub>E</sub>	ab(n-1)	CM <sub>E</sub>	
Total	SC <sub>T</sub>	abn-1		

**3.8.1. MODELO MATEMATICO**

Se usó el modelo estadístico lineal siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \ell_{ijk}$$

$$i = 1, 2, \dots, a$$

$$j = 1, 2, \dots, b$$

$$k = 1, 2, \dots, n$$

El factor A tiene tres niveles:

$a_1$  = Control que es la temperatura y humedad relativa del medio ambiente

$a_2$  = 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa.

$a_3$  = 20°C de temperatura y 70% de humedad relativa.

El factor B tiene tres niveles:

$b_1$  = 10 días.

$b_2$  = 20 días.

$b_3$  = 30 días.

El tamaño de muestra  $n=3$  por cada réplica.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1.EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y TIEMPO DE ALMACENADO DE CAFÉ PERGAMINO (*Coffea arabica*),

En el Cuadro 12, se presenta el análisis de varianza, cuyos factores son la (temperatura- humedad relativa) y tiempo de almacenado de café pergamino (*Coffea arabica*). Estos factores, mostraron diferencias altamente significativas. Esta conclusión la derivamos al realizar el análisis siguiente:

Tipo de control (Temperatura - humedad relativa) al obtener un valor de  $F_c=238 > F_t=6.01$  al 1% de significación, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa de la existencia de la diferencia de los efectos de los tratamientos.

Respecto al tiempo el valor de  $F_c=52.35 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1% que el tiempo produce efectos sobre la conservación de la humedad de grano. De la misma forma se determinó que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo en esta interacción, mostraron diferencias altamente significativas.

**CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EFECTO DE LA HUMEDAD RELATIVA- TEMPERATURA Y TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DE CAFÉ PERGAMINO (*Coffea arabica*).**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control (temperatura y humedad relativa)	10.58	2	5.29	238.20	6.01	**
Tiempo	2.32	2	1.16	52.35	6.01	**
Interacción	4.65	4	1.16	52.35	4.58	**
Error	0.40	18	0.022			
Total	17.96	26				

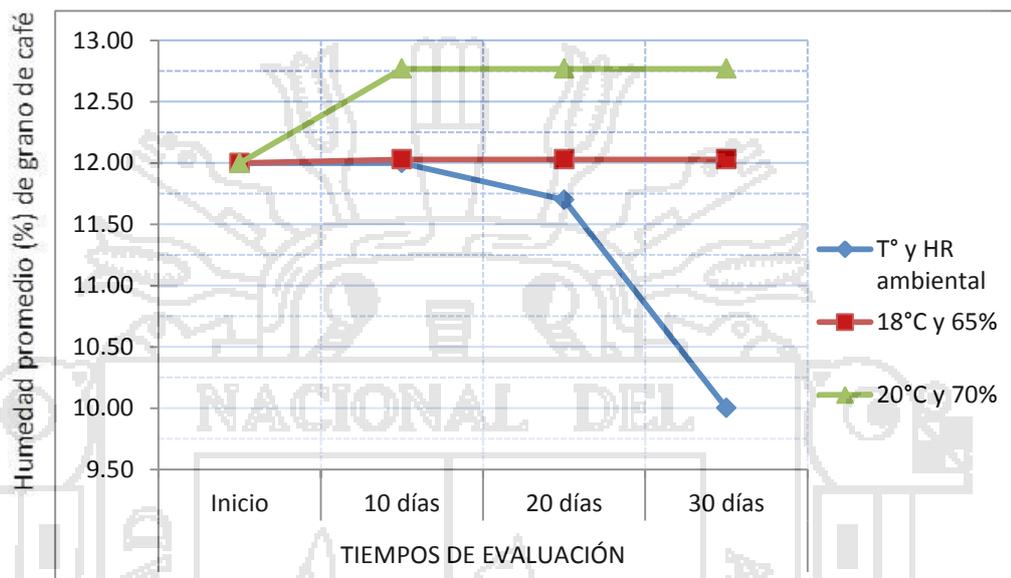
$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C. V. = 1.23%

La Figura 1, muestra para temperatura a 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento, al evaluar las muestras a 10, 20 y a 30 días el promedio de la humedad del grano de café pergamino es de 12%, lo que significa que se mantiene las características físicas y organolépticas del café, el cual concuerda con ALVARADO A. G. (2002), donde afirma, que el café pergamino seco de buena calidad con humedad del 10 al 12%, se conserva almacenado hasta ambientes con temperatura inferior a 20°C y humedad relativa de 65 a 70%. Sin

embargo a medida que aumentan el tiempo, la temperatura y la humedad relativa del ambiente de almacenamiento, la calidad del café se daña más rápidamente, el efecto puede no apreciarse en el pergamino, pero si en café verde y en la bebida.

**Figura 1.** Efecto del tipo de control (Temperatura – Humedad relativa) y el tiempo sobre la humedad del grano.



Para temperatura de 20°C y humedad relativa de 70% en el simulador de almacenamiento, al ser evaluados las muestras a los 10, 20 y a 30 días el promedio de la humedad del grano de café fue de 12.8%, lo que significa que las características físicas y organolépticas del café se va deteriorando las características del grano de café a consecuencia del incremento de humedad del grano. Para temperatura y humedad relativa ambiental, evaluados las muestras a los 10 días la humedad del grano de café es de 12%, a los 20 días la humedad del grano disminuye a 11.7% y a los 30 días el promedio de la humedad del grano de café baja considerablemente a 10%, lo que significa que el grano de café se va deteriorando en sus características físicas y organolépticas del grano de café pergamino a consecuencia de la disminución de la humedad del grano, lo que concuerda con SURCAFE (2002), que afirma que el café almacenado con una humedad del 12% requiere condiciones de temperatura menores a 20 °C y una humedad relativa menor a 65%. Porque si la humedad relativa es superior al 65%, el café se hidrata y si es inferior al 65%, se deshidrata. Temperaturas y humedades relativas mayores

facilitan el desarrollo de hongos, que malogran la calidad del café. Se puede afirmar que el efecto de la Humedad relativa y temperatura es determinante para conservar las características físicas y organolépticas del café.

**CUADRO 13. PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN PARA EL TIEMPO DE ALMACENADO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	N	Significación	
		a	B
30 días	9	11,60	
20 días	9		12,16
10 días	9		12,26

En el Cuadro 13 Se observa, mediante la prueba de comparaciones de Duncan que a los 30 días la humedad del grano alcanzó a 11.60% , comparado a los 20 y 10 días, que presentó con 12.16 y 12.26 de humedad en grano respectivamente, durante el periodo de almacenamiento en el simulador, a lo que CENICAFE (2001), Indica que el café pergamino seco de buena calidad con humedad del 10 al 12%, se conserva almacenado hasta por 6 meses en ambientes con temperatura inferior a 20°C, obteniéndose así que la mejor humedad de grano conservada se alcanzó a los 20 días.

**CUADRO 14. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN PARA LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tipo de control	N	Significación		
		a	B	C
M. ambiente	9	11,23		
18°C_65%	9		12,03	
20°C_70%	9			12,76

Cuadro 14 se aprecia en comparaciones de Duncan, que el tipo de control (medio Ambiente) la conservación de la humedad del grano de café es de 11.23%, comparado a temperatura de 18°C y 65% de humedad relativa, con 12.03 % y, a temperatura de 20°C y 70% de humedad relativa la humedad del grano de café alcanzó a 12.76%. A lo que Alvarado y Puerta (2002), sostiene que el café

pergamino seco de buena calidad con humedad del 10 al 12% es el que conserva mejor sus atributos, por lo que se logró la mejor conservación de humedad del grano con 12.03% a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa donde el café mantiene sus características físicas y organolépticas al ser evaluados en el laboratorio.

#### 4.2. EVALUACIÓN DEL NÚMERO DE DEFECTOS FÍSICOS DEL CAFÉ

En el Cuadro 15, se presentan el análisis de varianza, cuyos factores son la (temperatura, humedad relativa) y tiempo de almacenado de café (*Coffea arabica*) para defectos físicos. Estos factores, mostraron diferencias altamente significativas.

Según el tipo de control (Temperatura - humedad relativa) al obtener un valor de  $F_c=26.6 > F_t=6.01$  al 1% de significación. Respecto al tiempo el valor de  $F_c=18.2 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1%, mostraron diferencias altamente significativas, a este tenor de la misma forma se determinó que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo mostraron interacción significativa.

**CUADRO 15. ANÁLISIS DE VARIANZA DEL TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE DEFECTO FÍSICO DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

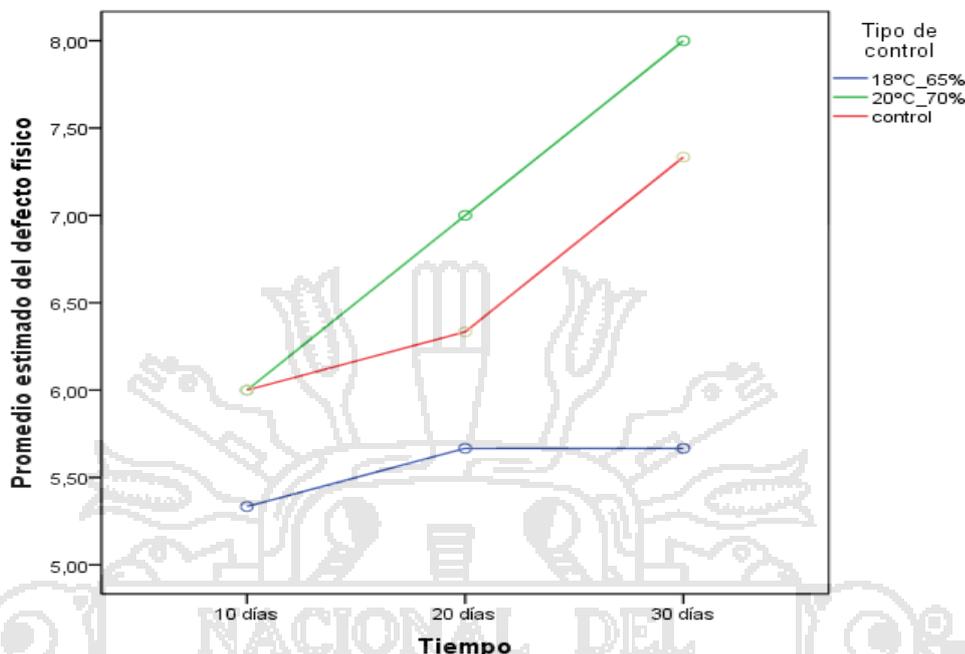
F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control	9.852	2	4.926	26.600	6.01	**
Tiempo	6.741	2	3.370	18.200	6.01	**
Interacción	2.370	4	0.593	3.200	4.58	*
Error	3.333	18	0.185			
Total	22.296	26				

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C.V. = 6.75%

En la Figura 2, se observa, en el control a temperaturas de 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento y, evaluados las muestras a los 10, 20 y a 30 días el promedio de número de los defectos físicos de café fue de 5.4 defectos.

**FIGURA 2. EFECTO DEL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA – HUMEDAD RELATIVA) Y EL TIEMPO SOBRE EL DEFECTO FÍSICO DE CAFÉ (*Coffea arabica*).**



En tanto que, para temperatura de 20°C y humedad relativa de 70% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10, 20 días el promedio del número de defectos de café pergamino fue de 6, y al evaluar a los 30 días el promedio del número de defectos físicos de café es de 8 defectos lo que significa que se incrementa el número de defectos, esto ocurre a consecuencia de la temperatura y la humedad en donde el grano de café incrementa en su humedad por lo tanto al ser evaluado el café va incrementando en su número de defectos; Y Para temperatura y humedad relativa ambiental, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de número de defectos físicos de café es de 6 defectos, a 20 y 30 días evaluados las muestras el promedio de número de defectos físicos de café es de 6.3 y 7.4 respectivamente, lo que significa que se incrementa el número de defectos de café a consecuencia del cambio de la temperatura y la humedad relativa, lo que es determinante para mantener el número de defectos que debe tener el café. A lo que la NTP N° 209.027 (2001), indica que se admite un máximo de 15 defectos considerados según las especificaciones para ser considerado en el Grado 1 de buena calidad, por lo que significa que el café evaluado está dentro de lo aceptable.

**CUADRO 16. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN PARA DEFECTOS FÍSICOS EN EL TIEMPO EN GRANOS DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	N	Significancia		
		a	b	C
10 días	9	5,77	6,33	7,00
20 días	9			
30 días	9			

En el Cuadro 16, en el cual, se observa en la prueba de comparaciones de Duncan que a los 10 días presentó 5.77 defectos en el grano, a 20 días el número de defectos se incrementa a 6.33 y cuando el tiempo transcurre 30 días el número de defectos es de 7.00, y según la NTP N° 209.027 (2001), el número de defectos en grado 1 debe ser no mayor de 15 defectos, y este es concordante con la figura 2, por lo que se puede afirmar que el café se encuentra dentro de lo aceptable.

En tanto en el Cuadro 17, con ajuste de los datos mediante la prueba de comparaciones de Duncan se observa que a 18°C y 65% de humedad relativa el número de defectos de café es de 5.55, a temperatura y humedad relativa ambiental comparado con el control a medio ambiente el número de defectos es 6.55 y, a temperatura de 20°C y 70% de humedad relativa el número de defectos es de 7.00. A lo que la NTP N° 209.027 (2001), afirma que el número de defectos en grado 1 debe ser no mayor de 15 defectos, por lo que se puede afirmar que el café evaluado está dentro de lo aceptable, pero con un deterioro mínimo en comparación de la muestra inicial evaluada.

**CUADRO 17. COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE EL DEFECTO FÍSICO DE CAFÉ**

Tipo de control	N	Significancia		
		a	B	C
18°C_65%	9	5,55	6,55	7,00
Ambiental	9			
20°C_70%	9			

#### 4.2.1. EVALUACIÓN DEL COLOR FÍSICO DEL CAFÉ PERGAMINO.

En el Cuadro 18, se presentan el análisis de varianza, cuyos factores son la (temperatura- humedad relativa) y tiempo almacenado de café (*Coffea arabica*). Y la interacción sobre color físico. Estos factores, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas.

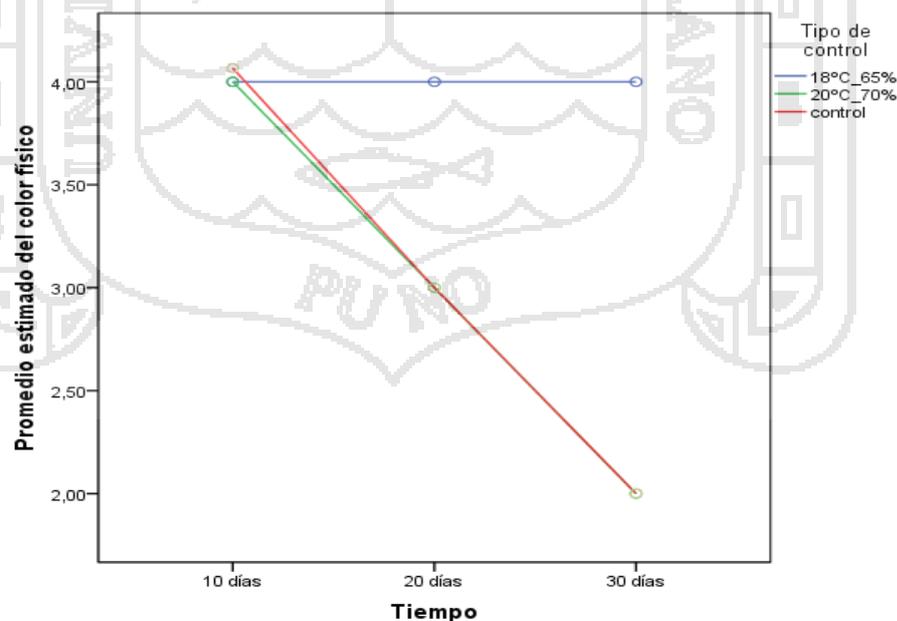
**CUADRO 18. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE COLOR FÍSICO DEL CAFÉ (*Coffea arabica*)**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control	5.870	2	2.939	2791.0	6.01	**
Tiempo	8.270	2	4.135	1981.0	6.01	**
Interacción	4.139	4	1.035	698.5	4.58	**
Error	0.027	18	0.001			
Total	319.640	26				

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C.V. = 0.94%.

**Figura 3.** Efecto de Temperatura – Humedad relativa y el tiempo sobre el color físico de café (*Coffea arabica*).



En la Figura 3, se observa, para temperatura de 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10, 20 y 30 días el promedio de apreciación del color físico de café pergamino es de 4 (muy bueno) de acuerdo a la escala hedónica, lo que significa que el café presenta un color característico de un buen café pergamino; Por otro lado para temperatura de 20°C y humedad relativa de 70% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación del color físico de café de acuerdo a la escala hedónica, es de 4 (muy bueno), pero a los 20 días el promedio de apreciación del color físico de café disminuye a 3 (bueno) y a los 30 días el promedio de apreciación del color físico de café es de 2 (regular), lo que significa que va perdiendo su color característico del café a consecuencia del incremento de la temperatura y la humedad relativa; y para temperatura y humedad relativa ambiental, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación del color físico de café es de 4 (muy bueno), a 20 días es de 3 (bueno) y a los 30 días es de 2 (regular), lo que significa que el color físico del café va deteriorándose a consecuencia del cambio de la temperatura y la humedad relativa por lo tanto influye al final en las características físicas del café almacenado. A lo que el CASTAÑEDA, 2004. Afirma que el Color, debe ser parejo y uniforme, más no variado y disperejo, a lo que el café evaluado ha sufrido deterioro en el tiempo de almacenamiento a los dos tipos de control.

**CUADRO 19. PRUEBA DE COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN EN TIEMPO PARA COLOR FÍSICO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	N	Significación		
		a	b	C
30 días	9	2,66		
20 días	9		3,33	
10 días	9			4,02

Sin embargo en el Cuadro 19, con ajuste de los datos mediante la prueba de comparaciones de Duncan se observa que a 30 días de almacenamiento la apreciación promedio del color físico del café fue de 2.66 (regular) comparado a 20 días que es de 3.33 (bueno) y a 10 días que es 4.02 (muy Bueno), a lo que se afirma

que la mejor apreciación del color físico del café era a los 10 días de almacenado donde el café presentaba un color parejo y uniforme, según CASTAÑEDA, 2004. Indica que el Color debe ser parejo y uniforme, más no variado y disparejo, coincidiendo con esta afirmación.

**CUADRO 20. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN PARA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE COLOR FÍSICO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tipo de control	N	Subconjunto	
		a	B
20°C_70%	9	3,00	4,00
ambiental	9	3,02	
18°C_65%	9		

En el Cuadro 20 se aprecia mediante la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, que a 20°C a 70% humedad relativa de almacenamiento, el promedio de apreciación del color físico de la muestra de café evaluada es de 3.00 (bueno); cuando es evaluado a temperatura y humedad relativa ambiental la apreciación es de 3.02 (bueno); y cuando el café es evaluado a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa, el promedio de apreciación es 4, (muy buena), donde el café presenta un color parejo, lo que concuerda con CASTAÑEDA, 2004. Que Indica que el Color debe ser parejo y uniforme, más no variado y disparejo.

#### 4.2.2. EVALUACIÓN DEL OLOR FÍSICO DEL CAFÉ PERGAMINO

En el Cuadro 21, se presentan el análisis de varianza, cuyos factores son la temperatura- humedad relativa y tiempo almacenado de café pergamino (*Coffea arabica*) sobre el olor físico. Estos factores, mostraron diferencias altamente significativas. Esta conclusión la derivamos al realizar el análisis siguiente: Según el tipo de control (Temperatura - humedad relativa) al obtener un valor de  $F_c=58.20 > F_t=6.01$  al 1% al igual para el tiempo valor de  $F_c=43.80 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1% y  $F_c=43.80$ . De la misma forma se determina que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo interactúan a la vez.

**CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA TIPO DE CONTROL Y TIEMPO SOBRE EL OLOR FÍSICO DEL CAFÉ (*Coffea arabica*)**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Ft (5%)	Nivel de sig.
Tipo de control	21.556	2	10.778	58.200	6.01	3.55	**
Tiempo	16.222	2	8.111	43.800	6.01	3.55	**
Interacción	3.556	4	0.889	4.800	4.58	2.93	**
Error	3.333	18	0.185				
Total	44.667	26					

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C.V. = 12.48%

**CUADRO 22. PRUEBA DE COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA EL OLOR FÍSICO DE TIEMPO DE CAFÉ**

Tiempo	N	SIGNIFICANCIA		
		a	b	C
30 días	9	2,55		
20 días	9		3,33	
10 días	9			4,44

En el cuadro 22, se observa las pruebas de comparaciones de Duncan que el tiempo de almacenamiento del café en el simulador a 30 días, el promedio de apreciación de acuerdo a la escala hedónica fue de 2.55 (regular), comparado a 20 días que fue de 3.33 (bueno); y a 10 días fue 4.44 (muy bueno), donde el café evaluado presentaba un olor fresco, lo que concuerda con la NTP N° 209.310 (2008). Que afirma que el café pergamino debe estar libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminante. El café debe tener un olor fresco característico, por lo tanto, no debe aceptarse el café con olores extraños, tales como: mohoso, terroso, avinagrado, productos derivados del petróleo.

**CUADRO 23. COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN PARA EL OLOR FÍSICO RESPECTO AL TIPO DE CONTROL (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) DE CAFÉ.**

Tipo de control	N	Significación		
		A	b	C
Ambiental	9	2,55		
20°C_70%	9		3,11	
18°C_65%	9			4,66

En el cuadro 23 se observa que el café pergamino almacenado a temperatura y humedad relativa ambiental, la apreciación promedio del olor físico de café de acuerdo a la escala hedónica es de 2,55 (regular), esto significa que el café presenta un olor no fresco de un buen café esto se debe a consecuencia del cambio en almacenamiento de temperatura y humedad relativa; comparado a 20°C de temperatura y 70% de humedad relativa de almacenamiento, la apreciación es de 3,11(bueno), donde también el café pergamino va perdiendo su olor fresco característico de un buen café a consecuencia del incremento de humedad relativa y temperatura de almacenamiento, y para temperatura de 18°C y 65% de humedad relativa de almacenamiento del café pergamino, el promedio de apreciación es de 4,66 (muy bueno), esto significa que el café a este tipo de control presenta un olor fresco característico de un buen café, lo que concuerda con la NTP N° 209.310 (2008). Que afirma que el café pergamino debe estar libre de olores extraños o de cualquier tipo de contaminante. El café debe tener un olor fresco característico, por lo tanto, no debe aceptarse el café con olores extraños, tales como: mohoso, terroso, avinagrado, productos derivados del petróleo.

#### **4.3. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL GRANO VERDE DE CAFÉ ALMACENADO**

##### **4.3.1 EFECTO DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE EL TOSTADO DE CAFÉ VERDE**

En el Cuadro 24, se presentan el análisis de varianza, cuyos factores son la temperatura- humedad relativa y tiempo de almacenado de café verde (*Coffea arabica*) Sobre el tostado estos factores, mostraron diferencias altamente significativas. Esta nos conduce al siguiente análisis. Según el tipo de control, se obtuvo  $F_c=52.33 > F_t=6.01$  al 1%, respecto al tiempo el  $F_c=44.33 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1%. De la misma forma se determina que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo interactúan.

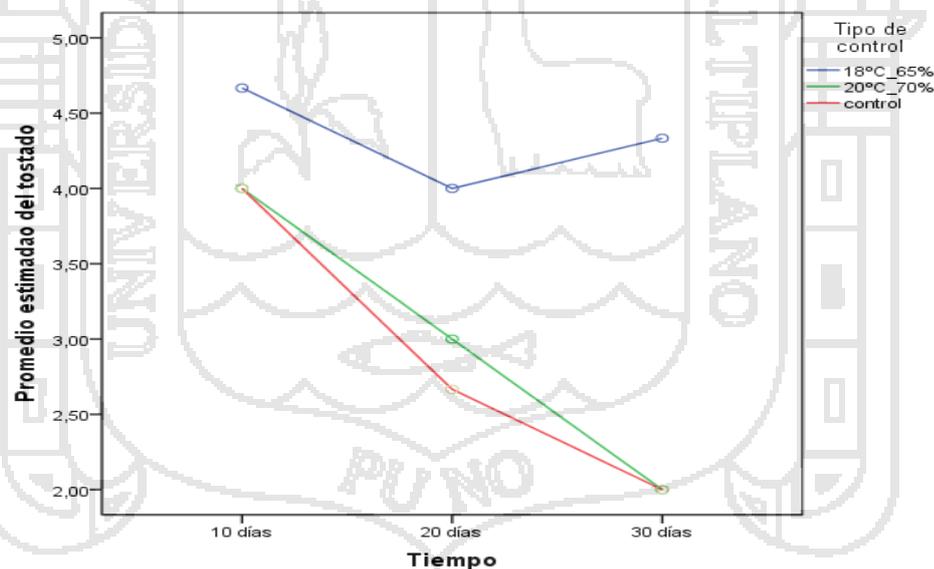
**CUADRO 24: ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE EL TOSTADO DE CAFE.**

F. V.	S. C	G.L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control	11.630	2	5.815	52.333	6.01	**
Tiempo	9.852	2	4.926	44.333	6.01	**
Interacción	3.037	4	0.759	6.833	4.58	**
Error	2.000	18	0.111			
Total	26.519	26				

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*  
 C.V. = 9.77%

Figura 4, Para temperatura de 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento, las muestras evaluados a los 10 días el promedio de apreciación del tostado de café es de 4.4 (muy bueno), a los 20 días es de 4.1 (bueno) y a los 30 días es de 4.4 (muy bueno), lo que significa que el café mantuvo sus características iniciales que se manifiesta en su buen tostado para su evaluación.

**FIGURA 4.** Efecto del tipo de control (Temperatura – Humedad relativa) y el tiempo sobre el tostado de café.



Para temperatura de 20°C y humedad relativa de 70% se ha tostado los granos de café de los cuales, a los 10 días se obtuvo una apreciación promedio de 4 (bueno), a 20 días es de 3 (bueno) y a 30 días es de 2 (regular), lo que significa que el café va perdiendo sus características a consecuencia de la temperatura y humedad relativa almacenado; y para temperatura y humedad relativa ambiental, evaluados las

muestras a los 10 días el promedio de apreciación del tostado de café verde es de 4 (bueno), a 20 días es de 2.7 (regular) y a 30 días es de 2 (regular), lo que significa que el café también va perdiendo sus características iniciales, esto a consecuencia del cambio de la temperatura y la humedad relativa, y Según CAÑAS (2008), menciona que el café debe ser de un tueste uniforme y parejo. Lo cual se ha conseguido cuando el café ha sido evaluado con un almacenado a 18°C y humedad relativa de 65% esto podemos confirmar con pruebas de comparaciones múltiples.

**CUADRO 25. COMPARACIONES MÚLTIPLES DUNCAN DE TIEMPO SOBRE EI TOSTADO CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	N	Significancia		
		a	b	C
30 días	9	2,77		
20 días	9		3,22	
10 días	9			4,22

En el Cuadro 25 en pruebas de comparaciones múltiples de Duncan. El tiempo influye cuando la muestra de café se evalúa a los 30 días donde obtuvo una apreciación de 2.77 (regular), comparado con 20 días que es 3.22 (bueno) y a los 10 días fue de 4.22 (muy bueno), esto significa que cuando mas transcurre el tiempo el café va perdiendo más sus características.

**CUADRO 26. COMPARACIONES MÚLTIPLES DE DUNCAN EN TOSTADO RESPECTO A LA TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL CAFÉ**

Tipo de control	N	Significación	
		a	B
Ambiental	9	2,88	
20°C_70%	9	3,00	
18°C_65%	9		4,33

En el Cuadro 26 se aprecia que el tipo de control ambiental obteniéndose un promedio de apreciación de 2.88 (regular a bueno), cuando se evaluó la muestra a 20°C y 70% de humedad relativa se tuvo una apreciación de 3.00 (bueno), y a 18°C y 65% de humedad relativa el promedio de apreciación obtenido es de 4,33 (muy bueno), lo que significa que el mejor tostado uniforme adquirido fue a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa, lo que concuerda con CAÑAS (2008), que menciona que el café debe ser de un tueste uniforme y parejo.

**4.3.2. EFECTO DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFE**

En el Cuadro 27, se presentan el análisis de varianza, cuyos factores son la temperatura- humedad relativa y tiempo almacenado de pergamino de café (*Coffea arabica*). Estos factores, mostraron diferencias estadísticas altamente significativas. Sin embargo los valores para tipo de control los valores de  $F_c=60.50 > F_t=6.01$  al 1% de significación. Respecto al tiempo el valor de  $F_c=63.50 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1%. De la misma forma se determina que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo interactúan para la acidez.

**CUADRO 27. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFÉ.**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control	8.963	2	4.481	60.500	6.01	**
Tiempo	9.407	2	4.704	63.50	6.01	**
Interacción	2.815	4	0.704	9.500	4.58	**
Error	1.333	18	0.074			
Total	22.519	26				

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C.V. = 7.98%

**Figura 5.** Efecto del tipo de control (Temperatura – Humedad relativa) y el tiempo sobre la acidez del café.

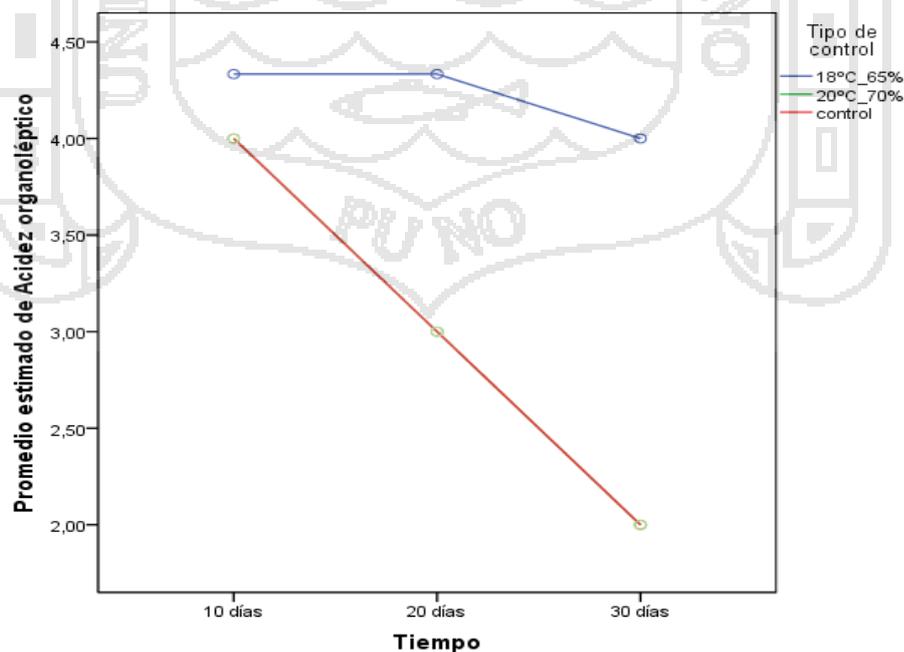


Figura 5, Para temperatura de 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación de la acidez del café es de 4.5 (muy bueno), a los 20 y 30 días el promedio de apreciación de la acidez del café es de 4.4 (muy bueno) y 4.0 (muy bueno) respectivamente; Sin embargo a 20°C de temperatura y 70% de humedad relativa en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación de la acidez de café es de 4 (muy bueno), a 20 días es de 3 (bueno) y a 30 días es de 2 (regular), lo que significa que la acidez del café disminuye en su intensidad a consecuencia del incremento de la temperatura y la humedad relativa de almacenamiento; y como también para temperatura y humedad relativa ambiental, las muestras evaluados a los 10, 20 y 30 días el promedio de apreciación de la acidez de café es de 4 (muy bueno), a 20 días el promedio de apreciación de la acidez del café es lo mismo que la anterior tipo de control, lo que significa que también el café pierde intensidad en su acidez a consecuencia del cambio de la temperatura y la humedad relativa. Concluyendo de esa manera que a temperatura de 18°C y humedad relativa de 65% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10, 20 y a 30 días el promedio de apreciación de la acidez del café es de 4.3 (muy bueno) por lo que se conserva mejor a este tipo de control, lo que concuerda con Fischersworing y Roskamp, (2001). Que afirma que el grado de acidez, es decir, su intensidad, acidez varía notablemente conforme a la procedencia del café, otro factor que influye es la edad del grano, pues en su envejecimiento baja el grado de acidez, en este caso solo se utilizó una variedad de café, por lo que se consideró almacenamiento del café como estudio para su evaluación organoléptica.

**CUADRO 28. COMPARACIONES MULTIPLES DE DUNCAN DEL TIEMPO SOBRE LA ACIDEZ DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	N	Significancia		
		a	b	C
30 días	9	2,66		
20 días	9		3,44	
10 días	9			4,11

En el cuadro 28 de comparaciones múltiples de Duncan se muestra que, cuando transcurre 10 días de almacenado el promedio de apreciación de la acidez es de 4,11(muy bueno), comparado a 20 días que es de 3,44 (bueno) y Cuando el tiempo transcurre a 30 días la apreciación es de 2,66 (regular), significa que el café va perdiendo su intensidad de acidez a medida que el tiempo transcurre.

**CUADRO 29. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE ACIDEZ DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tipo de control	N	Subconjunto	
		a	B
20°C_70%	9	3,00	4,22
Ambiental	9	3,00	
18°C_65%	9		

Cuadro 29 se aprecia que el tipo de control a temperatura y humedad relativa ambiental y a 20°C de temperatura y 70% de humedad relativa presentan una apreciación promedio de 3,00 y 3,00 respectivamente, comparado a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa donde el promedio de apreciación alcanza a 4,22 (muy bueno), lo que significa que el café tiene muy buen acidez a este tipo de control de almacenamiento a comparación de los dos tipos de control.

#### 4.3.3. EFECTOS DE HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA SOBRE AROMA

En el Cuadro 30, se presentan el análisis de varianza, cuyos efectos principales son la temperatura- humedad relativa y tiempo de almacenamiento para café (*Coffea arabica*), sobre el aroma. Estos factores, mostraron diferencias altamente significativas. Con valores para tipo de control  $F_c=46.33 > F_t=6.01$  al 1% para el tiempo el valor de  $F_c=57.33 > F_t=6.01$  a un nivel de significancia del 1%. De la misma forma se determina que el factor temperatura-humedad relativa y el tiempo interactúan, mostrando diferencias altamente significativas.

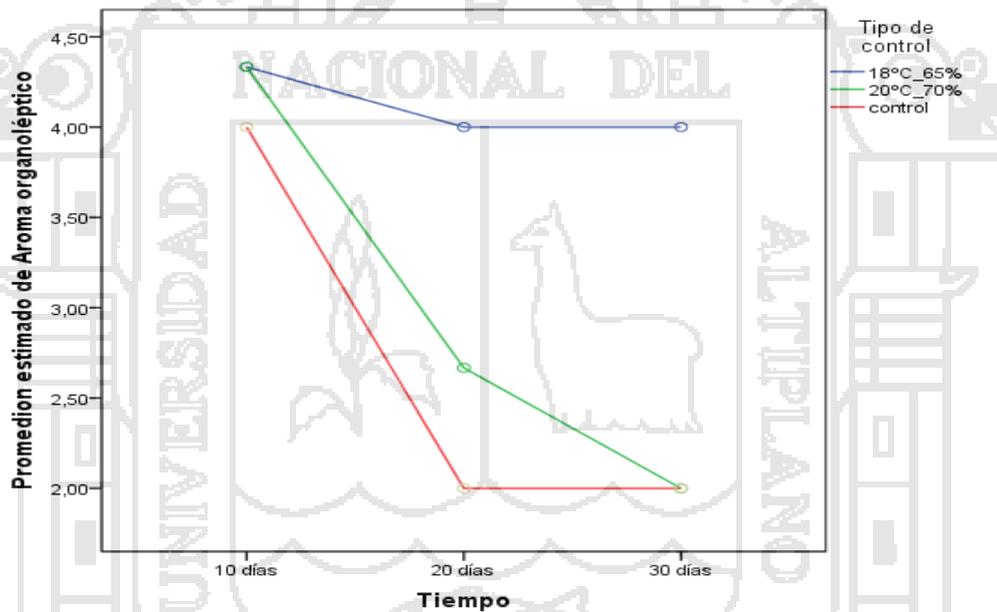
**CUADRO 30. ANÁLISIS DE VARIANZA DE EFECTO HUMEDAD RELATIVA, TEMPERATURA Y TIEMPO SOBRE EL AROMA DE CAFÉ (*Coffea arabica*)**

F. V.	S. C.	G. L.	C. M.	Fc	Ft (1%)	Nivel de sig.
Tipo de control	10.296	2	5.148	46.333	6.01	**
Tiempo	12.741	2	6.370	57.333	6.01	**
Interacción	4.148	4	1.037	9.333	4.58	**
Error	2.000	18	0.111			
Total	29.185	26				

$\alpha = 0.01$  altamente significativa \*\*

C.V. = 8.44%

**Figura 6. Efecto de Temperatura – Humedad relativa y el tiempo sobre el aroma del café (*Coffea arabica*)**



En la figura 6, Para temperatura de 18°C y 65% de humedad relativa en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación de aroma del café es de 4.6 (muy bueno a excelente), a los 20 días es de 4.0 (muy bueno) y a los 30 días también es de 4.0 con calificación muy buena en aroma. A lo que Cañas (2008), indica que El aroma del café es captado por los receptores olfáticos durante la catación. Estas características se deben a los aceites esenciales contenidos en la almendra. El aroma es catalogado tanto cuantitativa como cualitativamente. Un aroma delicado, fino, fragante y penetrante caracteriza un buen café. Además según la NTP N° 209.027 (2001), afirma que el aroma debe

ser marcada, para dar buen cuerpo, e intenso, lo que podemos afirmar que el café evaluado presentaba buen aroma; Por otra parte a 20°C de temperatura y humedad relativa de 70% en el simulador de almacenamiento, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación del aroma del café es de 4.3 (muy bueno), a los 20 días disminuye hasta 2.6 (regular) y a 30 días es de 2 (regular) en su calificación, lo que significa que el café evaluado va perdiendo su buen aroma presentado inicialmente a medida que transcurre más tiempo de almacenamiento y cuando se incrementa la temperatura y humedad relativa de almacenamiento; y para temperatura y humedad relativa ambiental, evaluados las muestras a los 10 días el promedio de apreciación del aroma del café es de 4 (muy bueno), a los 20 días es de 2 (regular) y a 30 días también es de 2 (regular), lo que significa que disminuye su aroma por efecto de temperatura y humedad relativa en condiciones de medio ambiente. Esto podemos confirmar con pruebas de comparaciones múltiples. Los efectos del tiempo y en las tres temperaturas y humedades relativas.

**CUADRO 31. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DEL TIEMPO SOBRE EL AROMA DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tiempo	n	Significancia	
		a	B
30 días	9	2,66	4,22
20 días	9	2,88	
10 días	9		

En el Cuadro 31 de las comparaciones múltiples de Duncan se observa durante el proceso en el simulador que a los 30 y 20 días de evaluación se obtuvo una apreciación promedio de acuerdo a la escala hedónica de 2.66 (regular) y 2.88 (bueno) respectivamente, y que comparado a 10 días de evaluación alcanza a 4.22 (muy bueno), lo que podemos afirmar que conforme pasa más el tiempo de almacenado el café también pierde su buen aroma inicial presentado, aparte de sus otras características mismas del café.

**CUADRO 32. COMPARACIONES MULTIPLES DUNCAN DE HUMEDAD RELATIVA TEMPERATURA SOBRE EL AROMA DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) EN EL SIMULADOR**

Tipo de control	N	Significancia		
		A	B	C
Ambiental	9	2,66		
20°C_70%	9		3,00	
18°C_65%	9			4,71

Sin embargo en el cuadro 32, se aprecia los datos en prueba de comparaciones de duncan se observa que 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa se obtuvo una apreciación promedio de 4.1 (muy bueno) comparado a 20°C de temperatura y 70% de humedad relativa que es de 3.00 (bueno) y a temperatura y humedad relativa ambiental alcanzó a 2.66(regular), lo que significa que el café evaluado va perdiendo su aroma inicial a los dos tipos de control y que almacenado a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa el café evaluado tiene buen aroma, esto según NTP N° 209.027 (2001), la aroma debe ser intenso, lo que se refleja en el buen promedio de apreciación del café verde.

## V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se llegaron a las conclusiones siguientes:

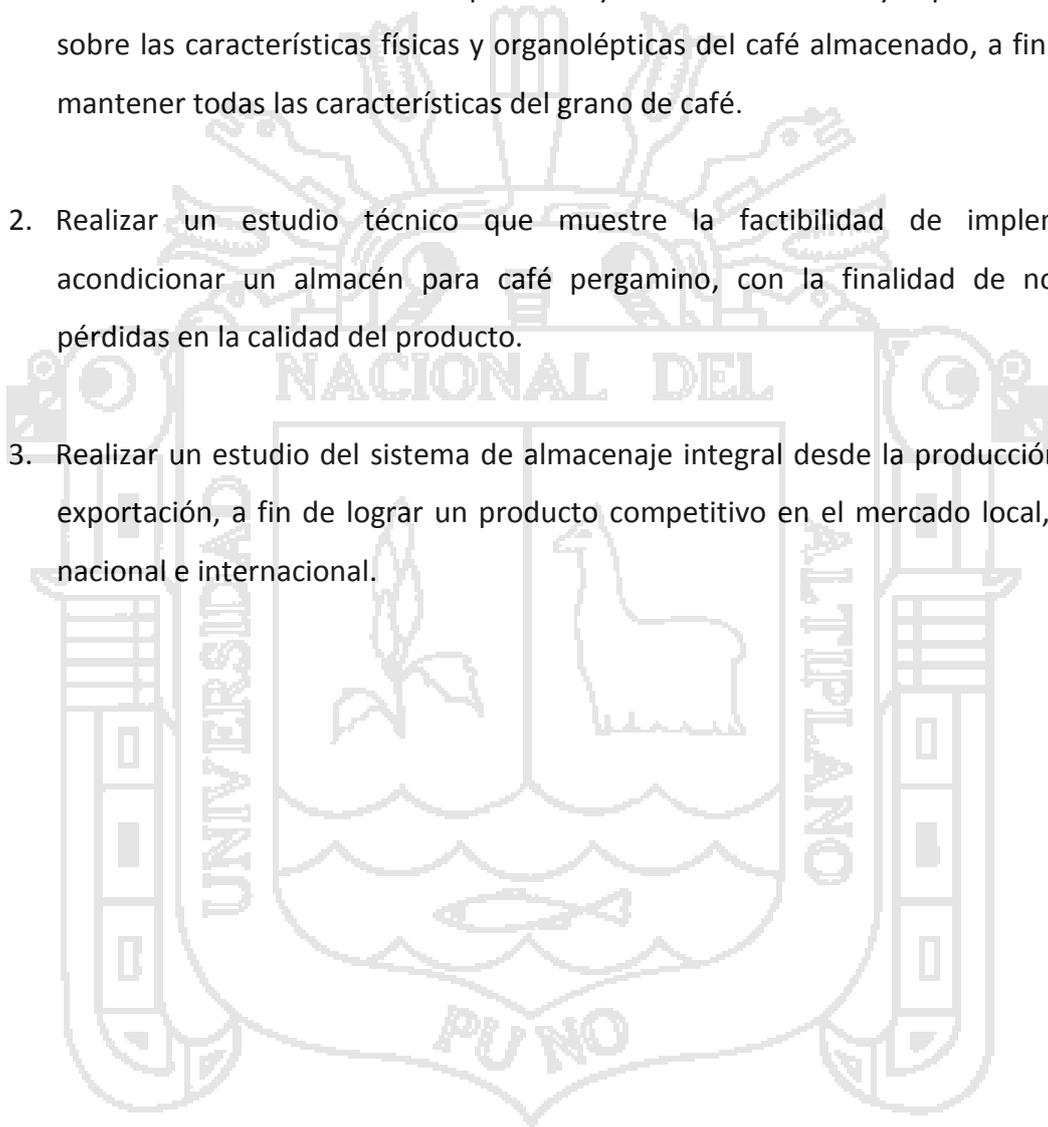
1. Las mejores características físicas como: humedad del grano, color, olor y número de defectos del grano de café se mantienen mejor a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa de almacenamiento hasta 30 días.
2. Las mejores características organolépticas como: tostado, acidez y aroma se conservan mejor a 18°C de temperatura y 65% de humedad relativa de almacenamiento hasta 30 días.



## VI. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones arribadas se recomienda:

1. En el almacenamiento de café es necesario siempre tomar en cuenta los factores medio ambientales como temperatura y humedad relativa ya que estos influyen sobre las características físicas y organolépticas del café almacenado, a fin de poder mantener todas las características del grano de café.
2. Realizar un estudio técnico que muestre la factibilidad de implementar y acondicionar un almacén para café pergamino, con la finalidad de no generar pérdidas en la calidad del producto.
3. Realizar un estudio del sistema de almacenaje integral desde la producción hasta la exportación, a fin de lograr un producto competitivo en el mercado local, regional, nacional e internacional.

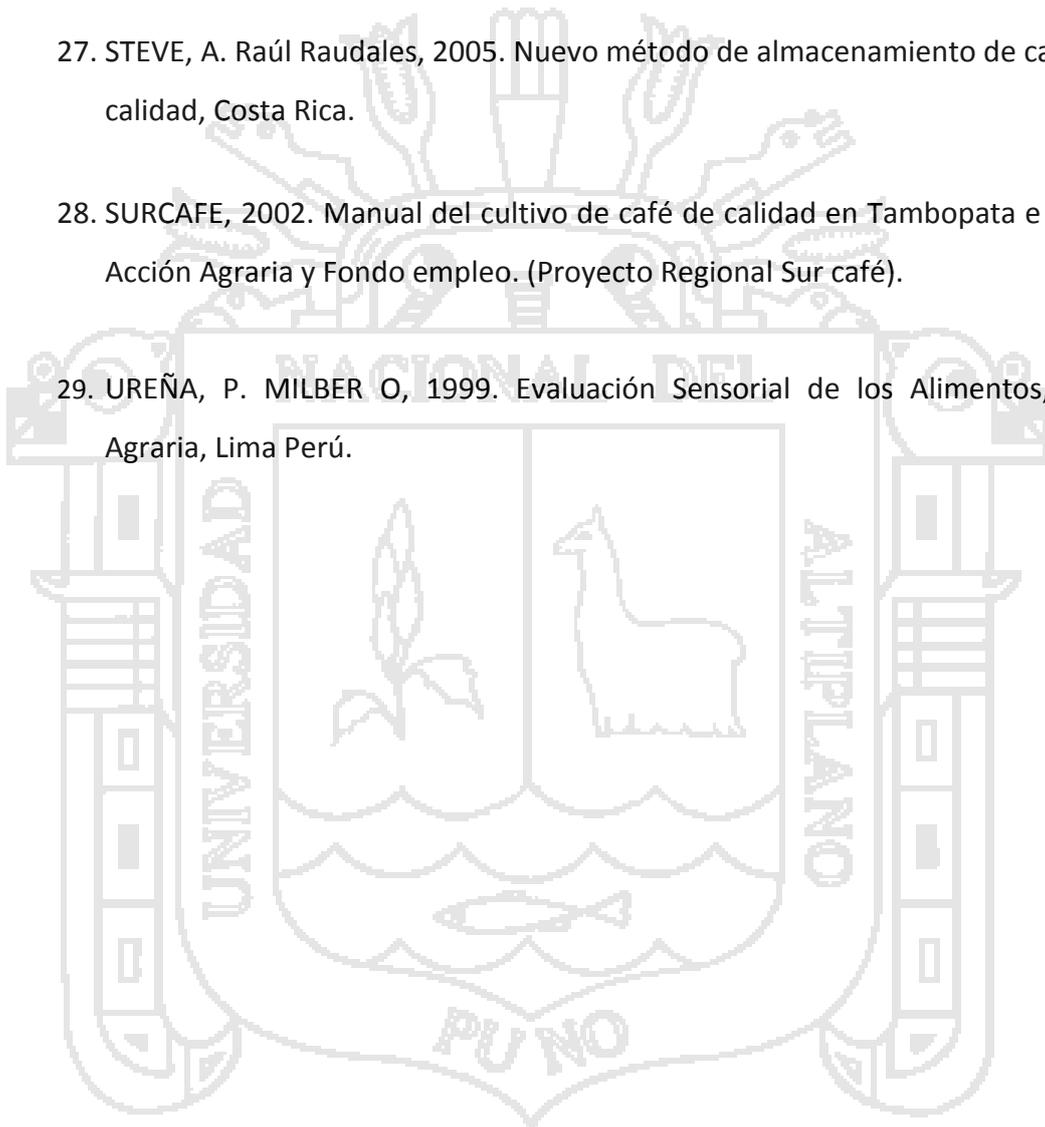


## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVARADO A., G.; PUERTA Q., G.I. La variedad Colombia y sus características de calidad física y en taza. Avances Técnicos Cenicafé No. 303:1-4. 2002
2. BRESSANI, R. 1996. Subproductos del fruto del café. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala.
3. CAFENORTE. 2001. Cooperativa de Cafetaleros del Norte del Valle municipio de Cartago. Colombia
4. CAÑAS R. (2008). "Básico del Café". Primera edición. Honduras.
5. CASTAÑEDA, P. E. 2000. El ABC del café: Cultivando calidad, Editores TECNATROP SRL., Lima, Perú.
6. CASTAÑEDA, P. E. 2004. Bases potenciales: De la Chacra cafetalera diversificada y amigable con el medio ambiente. Editores TECNATROP SRL., Lima, Perú.
7. CENICAFE, 2001. Beneficio del café, Editado por Centro Nacional de Investigación de Café, Bogotá, Colombia.
8. CONDOR A. E. 2007. El café mueve al mundo, primera edición, Lima Perú.
9. CPTS. 2005. Centro de promoción de tecnologías sostenibles, Estudio de caso Empresa Beneficiadora de café sociedad industrial cafetalera SRL., Bolivia.
10. DELGADO, C. 1997. El libro del Café, Madrid España.
11. ELIAS, L.G. 1999. Composición química de la pulpa del café y otros subproductos. División de Ciencias Agrícolas y de Alimentos. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), Guatemala.

12. FERNÁNDEZ, E. 1981. Manual de recomendaciones para el cultivo del café, Editorial Tibás. San José, Costa Rica.
13. FISCHERSWORRING HB Y ROSSKAMP RR. (2001). "Guía para la Caficultura ecológica". López. Tercera Edición. Alemania.
14. FIGUEROA, Z. 1996. Guía para la caficultura ecológica de café orgánico. Editorial Novella Publigráf S.R.L. Lima, Perú.
15. HERNANDEZ, S. 2007. Metodología de la Investigación. Editorial Mc Graw Hill, México.
16. ICO, 2010. International Coffee Organization
17. JNC, 2007. Junta Nacional del Café, Lima., Perú.
18. LINGLE, TR (2011). "Fundamentos de la catación del café". Cuarta Edición 2011. Specialty Coffee Association of America. Long Beach. California.
19. MINAG, 2010. Datos estadísticos de la producción de café en el departamento de Puno. Ministerio de Agricultura – DIA – Puno.
20. NTP N° 209.310, 2008. Norma Técnica Peruana, INDECOPI, Café pergamino Requisitos, 2da edición Lima, Perú.
21. NTP N° 209.027, 2001. Norma Técnica Peruana, INDECOPI; Café Verde requisitos, Lima, Perú.
22. NTP N° 209.027, 2001. Norma Técnica Peruana, INDECOPI, Café verde Requisitos, 2da edición. Lima, Perú.
23. PROYECTO TAMBOPATA INAMBARI.2005. "Del Campo a la Taza". Stampa Grafica. S.A.C. Lima-Perú N°2006-0250
24. RESTREPO R., J 1998. Pulpa de café, composición, tecnología y utilización. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala.

25. ROSADO, S. Laura, 2005. Caracterización de la producción de café orgánico en Perú, JNC, Lima, Perú.
26. SENAMHI, 2010. Estadística de Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SEDE PUNO.
27. STEVE, A. Raúl Raudales, 2005. Nuevo método de almacenamiento de café de alta calidad, Costa Rica.
28. SURCAFE, 2002. Manual del cultivo de café de calidad en Tambopata e Inambari, Acción Agraria y Fondo empleo. (Proyecto Regional Sur café).
29. UREÑA, P. MILBER O, 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Agraria, Lima Perú.



## ANEXOS

### ANEXO 1. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA HUMEDAD DEL GRANO.

Tiempo	Tipo de control	Desviación		N
		Media	típica	
10 días	18°C_65%	12,0333	,05774	3
	20°C_70%	12,7667	,25166	3
	control	12,0000	,00000	3
	Total	12,2667	,39686	9
20 días	18°C_65%	12,0333	,05774	3
	20°C_70%	12,7667	,25166	3
	control	11,7000	,00000	3
	Total	12,1667	,48990	9
30 días	18°C_65%	12,0333	,05774	3
	20°C_70%	12,7667	,25166	3
	control	10,0000	,00000	3
	Total	11,6000	1,24800	9
Total	18°C_65%	12,0333	,05000	9
	20°C_70%	12,7667	,21794	9
	control	11,2333	,93408	9
	Total	12,0111	,83128	27



**ANEXO 2. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LOS DEFECTOS DE CAFÉ.**

Tiempo	Tipo de control	Desviación		
		Media	típica	N
10 días	18°C_65%	5,3333	,57735	3
	20°C_70%	6,0000	,00000	3
	control	6,0000	,00000	3
	Total	5,7778	,44096	9
20 días	18°C_65%	5,6667	,57735	3
	20°C_70%	7,0000	,00000	3
	control	6,3333	,57735	3
	Total	6,3333	,70711	9
30 días	18°C_65%	5,6667	,57735	3
	20°C_70%	8,0000	,00000	3
	control	7,3333	,57735	3
	Total	7,0000	1,11803	9
Total	18°C_65%	5,5556	,52705	9
	20°C_70%	7,0000	,86603	9
	control	6,5556	,72648	9
	Total	6,3704	,92604	27

Tiempo	Tipo de control	Desviación		
		Media	típica	N
10 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	4,0000	,00000	3
	control	4,0667	,11547	3
	Total	4,0222	,06667	9
20 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	3,0000	,00000	3
	control	3,0000	,00000	3
	Total	3,3333	,50000	9
30 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	2,0000	,00000	3
	control	2,0000	,00000	3
	Total	2,6667	1,00000	9
Total	18°C_65%	4,0000	,00000	9
	20°C_70%	3,0000	,86603	9
	control	3,0222	,89691	9
	Total	3,3407	,83907	27

**ANEXO 3. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL OLOR FÍSICO DE CAFÉ.**

Tiempo	Tipo de control	Media	Desviación típica	N
10 días	18°C_65%	5,0000	,00000	3
	20°C_70%	4,3333	,57735	3
	control	4,0000	,00000	3
	Total	4,4444	,52705	9
20 días	18°C_65%	4,6667	,57735	3
	20°C_70%	3,0000	,00000	3
	control	2,3333	,57735	3
	Total	3,3333	1,11803	9
30 días	18°C_65%	4,3333	,57735	3
	20°C_70%	2,0000	,00000	3
	control	1,3333	,57735	3
	Total	2,5556	1,42400	9
Total	18°C_65%	4,6667	,50000	9
	20°C_70%	3,1111	1,05409	9
	control	2,5556	1,23603	9
	Total	3,4444	1,31071	27

**ANEXO 4 . ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DEL TOSTADO DE CAFÉ.**

Tiempo	Tipo de control	Media	Desviación típica	N
10 días	18°C_65%	4,6667	,57735	3
	20°C_70%	4,0000	,00000	3
	control	4,0000	,00000	3
	Total	4,2222	,44096	9
20 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	3,0000	,00000	3
	control	2,6667	,57735	3
	Total	3,2222	,66667	9
30 días	18°C_65%	4,3333	,57735	3
	20°C_70%	2,0000	,00000	3
	control	2,0000	,00000	3
	Total	2,7778	1,20185	9
Total	18°C_65%	4,3333	,50000	9
	20°C_70%	3,0000	,86603	9
	control	2,8889	,92796	9
	Total	3,4074	1,00992	27

**ANEXO 5. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA ACIDEZ DEL CAFÉ.**

Tiempo	Tipo de control	Desviación		N
		Media	típica	
10 días	18°C_65%	4,3333	,57735	3
	20°C_70%	4,0000	,00000	3
	control	4,0000	,00000	3
	Total	4,1111	,33333	9
20 días	18°C_65%	4,3333	,57735	3
	20°C_70%	3,0000	,00000	3
	control	3,0000	,00000	3
	Total	3,4444	,72648	9
30 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	2,0000	,00000	3
	control	2,0000	,00000	3
	Total	2,6667	1,00000	9
Total	18°C_65%	4,2222	,44096	9
	20°C_70%	3,0000	,86603	9
	control	3,0000	,86603	9
	Total	3,4074	,93064	27

**ANEXO 6. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE AROMA DE CAFÉ.**

Tiempo	Tipo de control	Desviación		N
		Media	típica	
10 días	18°C_65%	4,3333	,57735	3
	20°C_70%	4,3333	,57735	3
	control	4,0000	,00000	3
	Total	4,2222	,44096	9
20 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	2,6667	,57735	3
	control	2,0000	,00000	3
	Total	2,8889	,92796	9
30 días	18°C_65%	4,0000	,00000	3
	20°C_70%	2,0000	,00000	3
	control	2,0000	,00000	3
	Total	2,6667	1,00000	9
Total	18°C_65%	4,1111	,33333	9
	20°C_70%	3,0000	1,11803	9
	control	2,6667	1,00000	9
	Total	3,2593	1,05948	27

**ANEXO 7. CUADRO DE EVALUACION FÍSICA Y ORGANOLÉPTICA DE CAFÉ ALMACENADO  
(APRECIACIÓN PROMEDIO DE ACUERDO A ESCALA HEDÓNICA).**

TIEMPO	TIPO DE CONTROL	MUESTRA	Humedad de grano (%)	color	olor	defectos	tostado	acidez	aroma
1	1	1	12,00	4,20	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
1	1	2	12,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
1	1	3	12,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
1	2	1	12,10	4,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00
1	2	2	12,00	4,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00
1	2	3	12,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	5,00
1	3	1	12,50	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	4,00
1	3	2	12,80	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
1	3	3	13,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	5,00
2	1	1	11,70	3,00	2,00	6,00	2,00	3,00	2,00
2	1	2	11,70	3,00	2,00	6,00	3,00	3,00	2,00
2	1	3	11,70	3,00	3,00	7,00	3,00	3,00	2,00
2	2	1	12,10	4,00	5,00	5,00	4,00	4,00	4,00
2	2	2	12,00	4,00	5,00	6,00	4,00	5,00	4,00
2	2	3	12,00	4,00	4,00	6,00	4,00	4,00	4,00
2	3	1	12,50	3,00	3,00	7,00	3,00	3,00	2,00
2	3	2	12,80	3,00	3,00	7,00	3,00	3,00	3,00
2	3	3	13,00	3,00	3,00	7,00	3,00	3,00	3,00
3	1	1	10,00	2,00	1,00	7,00	2,00	2,00	2,00
3	1	2	10,00	2,00	1,00	7,00	2,00	2,00	2,00
3	1	3	10,00	2,00	2,00	8,00	2,00	2,00	2,00
3	2	1	12,10	4,00	4,00	5,00	4,00	4,00	4,00
3	2	2	12,00	4,00	4,00	6,00	5,00	4,00	4,00
3	2	3	12,00	4,00	5,00	6,00	4,00	4,00	4,00
3	3	1	12,50	2,00	2,00	8,00	2,00	2,00	2,00
3	3	2	12,80	2,00	2,00	8,00	2,00	2,00	2,00
3	3	3	13,00	2,00	2,00	8,00	2,00	2,00	2,00

**ANEXO 8. REQUISITOS DE CAFÉ VERDE**

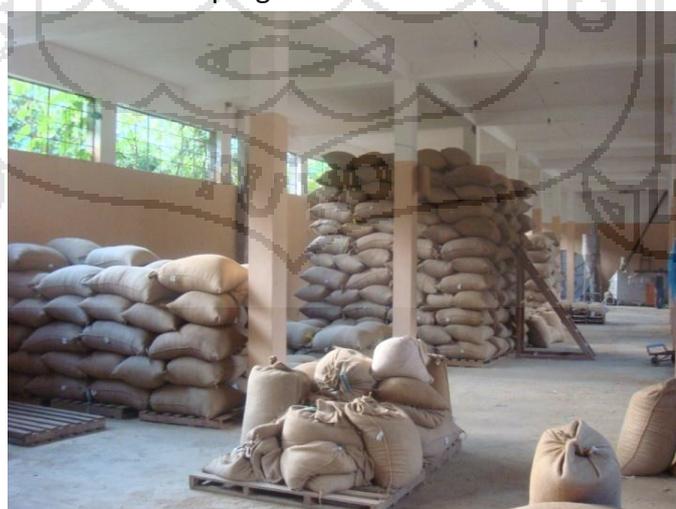
REQUISITOS DE CAFÉ VERDE					
CONCEPTO	CLASIFICACIÓN				
	GRADO 1	GRADO 2	GRADO 3	GRADO 4	GRADO 5
<b>DESCRIPCION GENERAL</b>	Compuesto de grano de café lavado de cosecha nueva sumamente bien desarrollado y preparado. Café mantenido en buena forma, homogéneo estrictamente producido en zona alta, de color intensamente fresco y color homogéneo. Bueno a excelente calidad de taza, cumpliendo con todo los requisitos específicos de sabor.	Compuesto de grano de café, lavado de cosecha actual café de altura de olor fresco y color homogéneo. Buena calidad de taza, sin embargo no cumple con los requisitos de sabor de un café de grado 1. ausencia de características típicas incapaz de caracterizar mezclas.	Compuesto de grano de café lavado y/o natural de periodo de la cosecha actual calidad mediana de taza, café cuya calidad original hasta cierto punto ya ha empeorado a deteriorarse, por ejemplo no siendo completamente fresco y/o bien preparado, café que hasta cierto punto le falta características de sabor básico (de bido al tiempo de cosecha o café de zona baja) sin llegar a ser completamente defectuosos.	Todos los cafés lavados y naturales que han sido afectados por el deterioro de envejecimiento ( cosecha vieja pasada) o deterioro por mala preparación, 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 permitido según las especificaciones.
<b>HUMEDAD</b>	10 a 12%	10 a 12.5%	10 a 12.5%	Máximo 13%	Máximo 13%
<b>GRANULOMETRIA</b>	Min: 50% encima malla 15, Máx: 5% debajo malla 14	Min: 50% encima malla 15, Máx: 5% debajo malla 14	Min: 50% encima malla 15, Máx: 5% debajo malla 14	Min: 50% encima malla 15, Máx: 5% debajo malla 14	Ningun límite
<b>DEFECTOS</b>	Máximo número de defectos: 15	Máximo número de defectos: 23	Máximo número de defectos: 30	Máximo número de defectos: 35	Máximo número de defectos: 40
<b>ESTADO FITOSANITARIO</b>	El café debe de estar libre de todo insecto vivo y/o muertos	Acidez buena, absolutamente libre de fermento o cualquier otro sabor indeseable incluyendo el sabor a madera, cuerpo medio requerido.	Acidez mediana, libre de fermento o cualesquiera características sucias, mohosas, terrosas o características muy fuertes, cuerpo moderado.	Acidez moderada, libre de características de sabor mohoso, fermentado de otros defectos granos de taza (por ejemplo fenólico)	La intensidad sensorial de los defectos no debe exceder un nivel fuerte, ningun requisito específico sobre acidez, aroma y cuerpo.
<b>PRUEBA DE TAZA</b>	Acidez marcada Buen cuerpo, aroma intenso y bueno típico, absolutamente libre de fermento o cualquier otro sabor indeseable incluyendo el sabor a fermento				



Planta de café en cerezo en punto de cosecha



Secado de café pergamino en tarimas



Almacenado de café en almacén



Muestras de café pergamino seco



Medidor de humedad de grano de café verde



Trilladora de laboratorio de café pergamino



Tostadora de café de laboratorio



Molino de café tostado



Evaluación organoléptica de café.