

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EFFECTO DE DIFERENTES FORMAS DE FERMENTACIÓN SOBRE LA CALIDAD  
DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO**

**PRESENTADO POR:**

**ZAIDA MALDONADO ESPEJO**

**La Paz, Bolivia**

**2023**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EFFECTO DE DIFERENTES FORMAS DE FERMENTACIÓN SOBRE LA CALIDAD DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE SAPECHO.**

*Tesis de Grado presentado como requisito Parcial para optar el Título de Ingeniero Agrónomo*

**Zaida Maldonado Espejo**

**ASESORES:**

Ing. Casto Maldonado Fuentes .....

Ing. Paulino Catari Quispe .....

**TRIBUNAL REVISOR:**

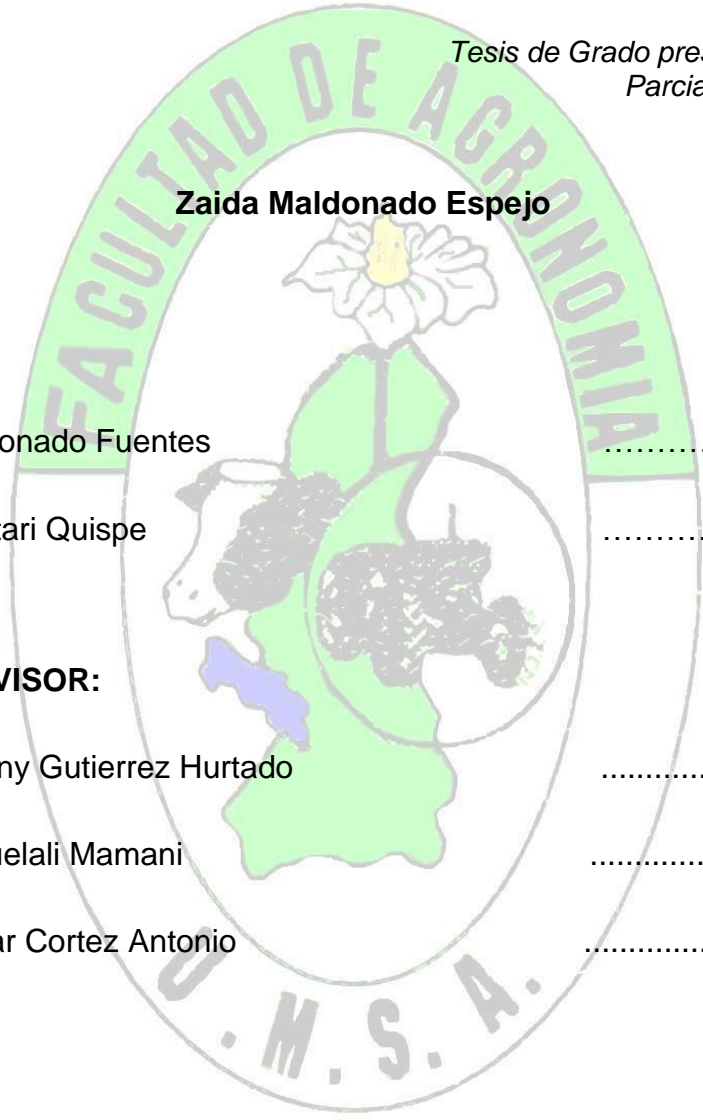
Ing. M Sc. Melany Gutierrez Hurtado .....

Ing. Lorenzo Quelali Mamani .....

Ing. Henry Oscar Cortez Antonio .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....



## **DEDICATORIA:**

**A mis queridos padres: Casto Maldonado Fuentes y Betzabe Espejo Zanga, quienes incondicionalmente me brindaron su amor y me apoyaron moralmente a lo largo de mi vida.**

**A mi querido hijo Thiago Gadiel quièn me motiva a seguir adelante.**

## **AGRADECIMIENTOS:**

A la carrera de Ingeniería Agronómica de la Universidad Mayor de San Andrés, por acogerme y permitirme acceder a una educación superior.

Al plantel docente de la Facultad de Agronomía, por su enseñanza durante mi formación profesional.

A mis asesores: Ing. Casto Maldonado Fuentes e Ing. Paulino Catari Quispe por su paciencia, orientación, colaboración y sugerencias realizadas durante la investigación y redacción del presente documento.

A mis revisores: Ing. M Sc Melany Gutiérrez Hurtado, Ing. Lorenzo Quelali Mamani e Ing. Henry Oscar Cortez Antonio por el aporte valioso, explicaciones y sugerencias para el avance de la investigación y posterior corrección para plasmar el presente documento.

A mis padres Casto Maldonado y Betzabe Espejo, por ser un gran ejemplo en mi vida, por su inmenso cariño, comprensión, dedicación y apoyo incondicional durante el transcurso de mi vida.

A mis queridos hermanos: Marco, Franz y Aleida a quienes deseo que mi experiencia les sirva y motive para una constante superación.

A mi querido hijo Thiago Gadiel quién me motiva a seguir adelante.

A todos mis amigos (as) dentro y fuera de la universidad, con quienes compartí bellos momentos.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS:.....	II
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN .....	X
SUMMARY .....	XI
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes .....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	3
1.3 Justificación .....	3
2 OBJETIVOS .....	4
2.1 Objetivo General .....	4
2.2 Objetivos Específicos.....	4
3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1 El café a nivel mundial .....	5
3.2 Exportación de café .....	5
3.3 Condiciones ambientales del cultivo del café .....	6
3.4 Floración y fructificación del café .....	7
3.5 Descripción y composición del fruto del café.....	7
3.6 Cosecha y beneficio del café.....	8
3.7 El cultivo de café en Bolivia.....	8
3.8 Sistemas de producción del café en Bolivia .....	9
3.8.1. Tradicional:.....	9
3.8.2. Orgánico y/o Ecológico.....	9
3.8.3. Solidario (orgánico y tradicional).....	10

3.8.4.	Especial o de especialidad .....	10
3.9	Cadena productiva del café.....	10
3.10	Sistema de beneficiado en Bolivia.....	11
3.10.1.	Pre beneficio familiar .....	12
3.10.2.	Pre beneficio centralizado .....	12
3.10.3.	Cosecha .....	12
3.10.4.	Despulpado .....	12
3.10.5.	Fermentado de café, .....	12
3.10.6.	Lavado de café.....	12
3.10.7.	Secado del café.....	12
3.10.8.	Selección del grano.....	13
3.10.9.	Almacenamiento y transporte .....	13
3.10.10.	Influencia de reposo del café en la calidad de la bebida .....	13
3.11	Calidad del café .....	13
3.11.1	Calidad física del café .....	14
3.11.2	Calidad del café en taza .....	16
3.11.2.1.	Determinación de la calidad del café en taza .....	16
3.11.2.2.	Terminología de catación del café.....	20
3.12.	Importancia de la fermentación en la calidad del café .....	23
3.12.1.	Métodos básicos de fermentación del café .....	24
3.12.2.	Tipos de fermentación .....	25
3.12.2.3.	Fermentación butírica .....	26
3.12.2.4.	Fermentación Fórmica.....	26
3.12.3.	Influencia de la fermentación en la calidad del café.....	26
3.12.4.	Procesos de fermentación .....	27
3.13.	Variedades en estudio.....	28

3.13.1.	Cultivar CEPAC - 1 (IPR-98) .....	28
3.13.2.	Cultivar CEPAC 2 (IAPAR 59) .....	28
3.13.3.	Cultivar CEPAC 3 (Catucai).....	29
3.14.	Análisis de conglomerados .....	30
3.15.	Análisis de correlación .....	31
4	MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
4.1.	Localización .....	32
4.1.1.	Ubicación Geográfica .....	32
4.2.	Materiales .....	33
4.2.1.	Material vegetal .....	33
4.2.2.	Material de beneficio húmedo.....	34
4.2.3.	Material de beneficio seco .....	35
4.2.4.	Material de laboratorio.....	37
4.2.5.	Material de escritorio .....	40
4.3.	METODOLOGÍA .....	41
4.3.1.	Cosecha .....	41
4.3.2.	Despulpado .....	41
4.3.3.	Fermentación .....	42
4.3.4.	Lavado .....	42
4.3.5.	Secado .....	43
4.3.6.	Almacenamiento.....	43
4.4.	Tipo de investigación.....	44
4.5.	Diseño experimental .....	44
4.6.	Variables de respuesta.....	45
4.6.1.	Calidad física del café .....	45
4.6.2.	Calidad del café en taza. ....	46

4.6.3.	Análisis económico.....	47
5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	48
5.1.	Calidad física del café .....	48
5.1.1.	Determinación del color, olor, aspecto y humedad del grano.....	48
5.1.2.	Determinación de la merma.....	49
5.1.3.	Determinación del tamaño de grano verde oro .....	51
5.1.4.	Factor de rendimiento del grano verde oro .....	54
5.2.	Calidad del café en taza.....	55
5.2.1.	Determinación de la calidad organoléptica .....	55
5.2.2.	Análisis de conglomerados.....	58
5.2.3.	Análisis de Correlación .....	58
5.3.	Análisis económico .....	59
6.	CONCLUSIONES .....	61
7.	RECOMENDACIONES.....	62
8.	BIBLIOGRAFÌA.....	63



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Regiones productores de café en Bolivia .....	9
Tabla 2 Escala de evaluación sensorial .....	19
Tabla 3 Sistemas de clasificación del café.....	22
Tabla 4 Determinación del color, olor, aspecto y humedad del grano.....	48
Tabla 5 Porcentaje de peso café pelado y cascarrilla de cultivares de café .....	50
Tabla 6 Análisis de varianza para peso de café pelado .....	50
Tabla 7 Porcentaje de grano de café primera, café segunda y base .....	51
Tabla 8 Análisis de varianza para porcentaje de grano primera (exportable) .....	51
Tabla 9 Análisis de varianza para porcentaje de grano segunda.....	52
Tabla 10 Análisis de varianza para porcentaje de grano base.....	53
Tabla 11 Rendimiento de café pergamino seco.....	54
Tabla 12 Evaluación de calidad organoléptico .....	55
Tabla 13 Calidad orgalnooléptica por tratamiento y cultivar.....	55
Tabla 14 Analisis de varianza para opuntaje total por cultivar y tratamiento.....	57
Tabla 15 Matriz de correlación simple para las variables.....	58
Tabla 16 Analisis de beneficio costo por tratamiento .....	59

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura del fruto del café .....	8
Figura 2. Cadena productiva del café en Bolivia .....	11
Figura 3. Rueda de sabor del café .....	18
Figura 4. Fermentación de café aeróbica.....	27
Figura 5. Fermentación de café anaeróbica.....	27
Figura 6. Cultivar de café IPR 98 .....	28
Figura 7. Cultivar de café IAPAR 59.....	29
Figura 8. Cultivar de café CATUCAI.....	30
Figura 9. Ubicación de la Estación Experimental de Sapecho .....	32
Figura 10. Despulpadora mecánica de café .....	34
Figura 11. Baldes de plástico para la fermentación .....	34
Figura 12. Bandejas para secado de muestras .....	34
Figura 13. Bolsas de empaque para café.....	35
Figura 14. Despergaminadora mecánica de café.....	35
Figura 15. Tamizadora o zaranda de café.....	35
Figura 16. Humidímetro para café pergamino y oro verde .....	36
Figura 17. Balanza electrónica.....	36
Figura 18. Clasificación de café oro verde .....	36
Figura 19. Identificación de nivel de tueste .....	37
Figura 20. Bolsas ziploc .....	37
Figura 21. Planillas de laboratorio .....	37
Figura 22. Trilladora mecánica de café .....	38
Figura 23. Tostador mecánico de café .....	38
Figura 24. Molino mecánico de café.....	38
Figura 25. Bandejas de muestra para café .....	39
Figura 26. Cuchara de catación .....	39
Figura 27. Gama de colores para el tueste del café.....	39
Figura 28. Agua purificada .....	39
Figura 29. Calefón.....	40
Figura 30. Escupideros para catación .....	40

Figura 31. Posillos especiales para catación .....	40
Figura 32. Cosecha selectiva de café .....	41
Figura 33. Despulpado de café en estado guinda .....	41
Figura 34. Control de fermentado, prueba manual.....	42
Figura 35. Lavado de café.....	42
Figura 36. Secado de café .....	43
Figura 37. Almacenado de café pergamino seco .....	43
Figura 38. Porcentaje de café pelado y porcentaje de peso cascarilla .....	49
Figura 39. Comparación de medias para porcentaje de peso de café primera .....	52
Figura 40. Comparación de medias para porcentaje de peso de café segunda .....	53
Figura 41. Comparación de medias para porcentaje de peso de café base .....	54
Figura 42. Calificación del puntaje total por tratamiento.....	57
Figura 43. Análisis de conglomerados .....	58

## RESUMEN

La producción del café boliviano se destacó en el mercado de cafés especiales de alta calidad, porque en la última década, se logró consolidar diferentes nichos de mercado. Esta situación ha permitido mejorar las exigencias de los compradores extranjeros. Por lo tanto, este estudio evaluó el efecto de diferentes formas de fermentación (leche, yogurth y agua) sobre la calidad física y organoléptica de cultivares (IPR 98, IAPAR 59 y CATUCAI) en la Estación Experimental de Sapecho, se utilizó el diseño bifactorial completamente al azár con tres repeticiones, los resultados obtenidos indican que presentan buena calidad física en todos los tratamientos, el grano de café se mostro de un color verde, olor limpio, aspecto bueno y humedad buena, el porcentaje de merma esta entre 15,2 a 17,9%. Para el porcentaje de peso de café primera, el cultivar CATUCAI es el que se diferencia de los otros con 85,3%, en el rendimiento de peso café pergamino seco el mejor fue CATUCAI con 19,6%, seguido de IPR 98 con 19,2% e IAPAR 59 con 18,8%. En la evaluacion de calidad organoléptica las particularidades de taza como ser: Limpieza, dulzura, acidez, cuerpo, sabor, resabio, balance, en base al protocolo de catación SCCA se observó que el cultivar IPR 98: T3 (yogurt) mejoró relativamente sus características con un puntaje de 84.7 comparado con testigo que es de 83,3. El comportamiento fue similar en los otros cultivares, sin embargo estadísticamente en todos los casos no existe diferencia significativa. En el análisis económico se evidenció que en todos los tratamientos no se encontró cambios significativos en calidad por lo que para entrar en el mercado de cafés especiales es necesario tener puntajes por encima de 84 puntos. Soló el cultivar IPR 98 T3 obtuvo ese valor, sin embargo el cultivar que presenta el mayor B/C es CATUCAI con una utilidad de 3,09 en el tratamiento T1 y los otros cultivares con 2,75 y 2,74 con ese mismo tratamiento, siendo en todos los casos rentable.

### **Palabras clave:**

Calidad física, calidad organoléptica, café, cultivar.

## SUMMARY

The production of Bolivian coffee stood out in the market for high-quality specialty coffees, because in the last decade, different market niches were consolidated. This situation has allowed the demands of foreign buyers to improve. Therefore, this study evaluated the effect of different forms of fermentation (milk, yogurt and water) on the physical and organoleptic quality of cultivars (IPR 98, IAPAR 59 and CATUCAI) at the Sapecho Experimental Station, the bifactorial design was used. completely at random with three repetitions, the results obtained indicate that they present good physical quality in all treatments, the coffee bean was green in color, had a clean smell, good appearance and good humidity, the percentage of loss was between 15.2 to 17.9%. For the first coffee weight percentage, the CATUCAI cultivar is the one that differs from the others with 85.3%, in the dry parchment coffee weight yield the best was CATUCAI with 19.6%, followed by IPR 98 with 19.2% and IAPAR 59 with 18.8%. In the evaluation of organoleptic quality, the particularities of the cup such as: Cleanliness, sweetness, acidity, body, flavor, aftertaste, balance, based on the SCCA cupping protocol, it was observed that the IPR 98: T3 (yogurt) cultivar relatively improved its characteristics. with a score of 84.7 compared to the control which is 83.3. The behavior was similar in the other cultivars, however statistically in all cases there is no significant difference. In the economic analysis it was evident that in all treatments no significant changes in quality were found, so to enter the specialty coffee market it is necessary to have scores above 84 points. Only the IPR 98 T3 cultivar obtained this value, however the cultivar that presents the highest B/C is CATUCAI with a utility of 3.09 in the T1 treatment and the other cultivars with 2.75 and 2.74 with that same treatment , being in all cases profitable.

## 1 INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica* L.) es uno de los principales productos de origen agrícola a nivel mundial que se comercializa en los mercados internacionales y segundo producto que genera el valor económico, únicamente superado por el petróleo. Tiene importancia crucial para la economía y política de muchos países en desarrollo, las exportaciones representan una parte sustancial de sus ingresos en divisas, en algunos casos más del 50% (Figueroa *et.al.*, 2016).

La producción del café boliviano se ha destacado en el mercado de cafés especiales de alta calidad, gracias a la labor de las organizaciones de productores como la Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia (FECAFEB) y la Asociación Nacional de Productores de Café (ANPROCA) en coordinación con el gobierno e instituciones, que han realizado desde hace varios años la promoción en eventos como la Taza de Excelencia en Bolivia, y últimamente los torneos de café presidencial.

En la diversidad productiva agrícola de Bolivia, el cultivo del café es un rubro importante, cuyo volumen de producción es poco significativo a nivel mundial. En la actualidad, la actividad económica productiva del café cuenta con más de 36 mil hectáreas de superficie cultivada en producción, manifestándose de manera significativa en el departamento de La Paz, con una participación del 96,4% respecto de la superficie total cultivada en producción a nivel nacional, siendo el restante 3,6% producido en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Beni, Tarija y Pando (Censo Nacional del Café 2011 - 2012).

Según las investigaciones y referencias de expertos catadores, la combinación altura-tierra-clima, constituye un factor importante (aunque no suficiente) en las características organolépticas de los Cafés Especiales. Lo cual da paso a un gran potencial para explotar la ventaja competitiva del café boliviano, siendo que las condiciones agroclimáticas de la zona norte del departamento de La Paz tienen el relevancia para producir un grano de café con todas las características de sabor, aroma, acidez y cuerpo para el mercado, además de consolidar a Bolivia como país productor de café (FECAFEB, 2019).

El departamento de La Paz es el principal productor de café en el país, con una producción que abarca el 95,5% de la producción nacional, abarcando una superficie cultivada de 22.920 ha. El restante 4,5% es producido en los departamentos de Santa Cruz, Cochabamba, Beni, Tarija y Pando. Esta producción genera ingresos al país por un monto promedio de \$US 17.480.000, siendo el café un producto no tradicional que genera más divisas al país después de la joyería en oro, madera y castaña (Condori, 2020).

La calidad del café es de gran importancia para posicionarse en el mercado y competir con países que se esfuerzan día a día por mejorarla. Los mercados que reconocen esta calidad pagan un excedente por el producto, contribuyendo así a mejorar los ingresos de los caficultores.

En la última década, Bolivia ha logrado consolidar diferentes nichos de mercado (para café convencional y cafés especiales), situación que ha permitido mejorar la calidad debido a las exigencias de los compradores extranjeros.

Con el presente trabajo de investigación se pretende generar información respecto a cuál es el mejor tratamiento para fermentar café, a través de catación con los SSCA, tomando en cuenta la calidad de los cafés especiales.

## **1.1 Antecedentes**

El consumo de productos de alta calidad en la industria de alimentos, presenta un crecimiento constante en esta última década. Marcada por la preferencia de los consumidores, muchos de los cuales están dispuestos a pagar precios superiores por atributos deseados, un ejemplo claro resulta ser el “café de especialidad”. Esta bebida en la actualidad representa un 12% en el mercado internacional, por los atributos de calidad (Souza, 2001).

La industria del café de especialidad presenta un crecimiento constante, calculándose un incremento de entre 5 y 10% cada año (Giovanucci, 2001). Actualmente en el mercado internacional del café los mejores precios tienen los productos de mejor calidad. Por ejemplo en importaciones de los Estados Unidos el café de especialidad representa 17% del total de las importaciones de café

verde. Este el segmento presenta un crecimiento constante y notable, que es el mayor mercado de café de especialidad en el mundo (Giovanucci, 2001).

## **1.2 Planteamiento del problema**

Los niveles de los precios del café en el mercado también influyen acorde a un mayor o menor consumo, el precio varía de acuerdo a la oferta y demanda del mercado. Sin embargo, se están aperturando mercados interesantes para cafés especiales, en donde el comprador busca algunos atributos deseables en el producto.

Por otra parte, a nivel internacional la oferta está creciendo más que la demanda, determinada por la ampliación de nuevas áreas de café en los países productores. Estos nuevos volúmenes que ingresaron al mercado, definitivamente están repercutiendo en la caída de los precios, motivo por el cual se hace necesario buscar nuevas formas de mejorar la calidad.

## **1.3 Justificación**

Las actuales cotizaciones del café en la bolsa de New York, son considerados los más bajos de los últimos 100 años, no alcanzan a cubrir los costos de producción y proceso, haciendo la actividad de un pequeño productor de los Yungas insostenible, este hecho da impulso a buscar alternativas de mercado, como son cafés de alta calidad. Se tiene abierto el mercado para cafés de especialidad, aunque no son grandes, pero si están dispuestos a pagar más por esta cualidad, por lo que es necesario seguir buscando nuevas formas de fermentación en poscosecha que apunten a mejorar la calidad del café.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes formas de fermentación sobre la calidad de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) en la Estación Experimental de Sapecho.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar la calidad física del grano de tres cultivares de café bajo tres formas de fermentación.
- Analizar la calidad organoléptica de tres cultivares de café con tres formas de fermentación, mediante la prueba de taza.
- Realizar el análisis económico de los tratamientos en estudio.

### **3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 El café a nivel mundial**

Por las características del café, su producción está acotada por límites geográficos comprendidos por los Trópicos de Cáncer y de Capricornio. A nivel mundial, se cultiva en más de 70 países ubicados en esta franja, destacando de manera importante Brasil, Colombia, Indonesia, India y más recientemente Vietnam. Las características que definen básicamente sus cualidades dependen mayoritariamente de sus variedades y de su procedencia (Figueroa *et.al.*, 2016).

Entre las principales regiones productoras se encuentran, Sudamérica con el 47,2% de la producción mundial de café, siendo Brasil el principal productor con un total aproximado de 48 millones de sacos. Bolivia por su parte, tuvo una producción de 140 mil sacos, que representó el 0,11% de la producción mundial durante ese año. Por el valor que representa, el café es uno de los principales productos agrícolas, con un peso importante en el comercio mundial, llegando a generar ingresos anuales superiores a los 15 mil millones de dólares para los países exportadores y dando ocupación directa e indirecta a poco más de 20 millones de personas en el cultivo, transformación, procesamiento y comercialización del producto en todo el mundo (CIPCA, 2012).

Para determinar los precios de café a nivel internacional existen dos Bolsas: la de Nueva York y la de Londres; y junto con éstas, la Organización Internacional del Café Ramiro Canqui Mamani 13 es la instancia que agrupa a todos los gobiernos de países productores y consumidores más importantes (CIPCA, 2012).

#### **3.2 Exportación de café**

La conformación de cooperativas y asociaciones en Bolivia, en su momento dominaron gran parte de la producción del café en comparación a los productores independientes, sin embargo, los intereses de quienes administraban las mismas se desviaron causando daño no solo económico sino también en la confianza de los productores en un trabajo conjunto, este hecho tuvo un impacto bastante

negativo en la producción del café, viendo como alternativa el cultivo de la coca (Soux, 2016).

La producción de café alcanzó su hito más importante en el periodo 1990 - 2000, cuando las exportaciones alcanzaron a 156.400 sacos de 60 kg, con un promedio de 100.680 sacos de 60 kg y 18 millones de dólares para 1990. En el periodo 2001 - 2009 las exportaciones, en promedio alcanzaron 75.000 sacos de 60 kg de café verde oro, generando 10,87 millones de dólares, constituyendo la principal fuente de recursos y el sostén económico de 17.491 familias productoras dedicadas a la caficultura en Bolivia (Chambi, 2021).

Entre 2010 y 2016 bajaron considerablemente los volúmenes de exportación, a un promedio de 57.420 sacos de 60 kg de café verde oro que generaron unos 11,870 millones de dólares, recursos aun importantes gracias a la estrategia aplicada por los productores para acceder a comercio justo y orgánico, principalmente.

En el siglo XXI se sigue intentando consolidar al café como una alternativa económica ante la coca. El Fondo Nacional de Desarrollo Alternativo ha desarrollado el "Programa Café" con el fin de aumentar tanto la producción como el consumo nacional y posicionar el café boliviano a nivel internacional.

En la actualidad, 12000 familias productoras en Caranavi dependen del café como su principal fuente de ingresos. El café boliviano es considerado exótico, con una alta demanda en el mercado de especialidad, sin embargo, su producción no llega ni al 1% de la producción mundial de café (Chambi, 2021)

### **3.3 Condiciones ambientales del cultivo del café**

El café necesita de condiciones ambientales especiales para su producción, y todas ellas tienen importancia. Estas condiciones son las siguientes (Suarez, 2012).

- **Temperatura:** esta debe ser entre los 17 a 26°C.
- **Altura:** La apropiada para la producción del café es de entre 900 a 1600 metros sobre el nivel del mar.

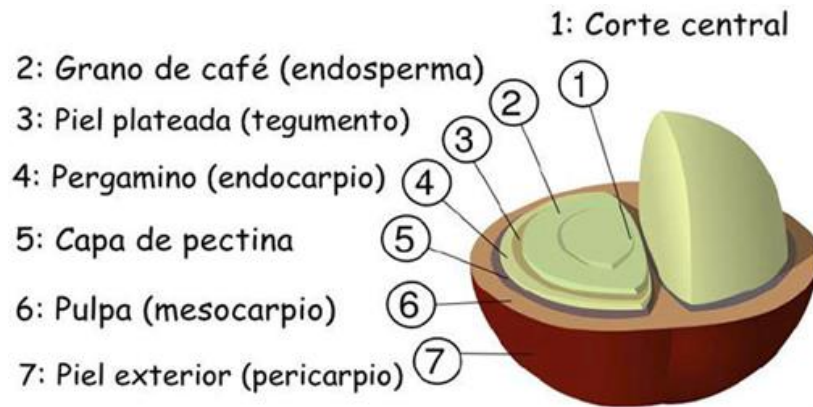
- **Vientos:** Son importantes en la producción del café, porque si superan los 30 km/h se produce un daño en la planta con la caída de hojas, rotura de flores y frutos y deshidratación de las yemas.
- **Lluvias:** El agua natural que reciben las plantas es esencial, pero si es excesiva puede ser perjudicial. Por ello, el rango establecido de precipitaciones necesarias para la producción de café es de, entre 1,000 a 3,000 milímetros/año.
- **Humedad:** Es recomendable que el ambiente se encuentre entre un 65% a un 90% de humedad.

### **3.4 Floración y fructificación del café**

En el cultivo de café, la floración determina el número de pases de cosecha al igual que la distribución porcentual de la misma a lo largo del año. A partir de los registros de floración se puede proyectar el crecimiento del fruto. Para cada evento de floración, independiente de su magnitud, habrá como resultado una curva de desarrollo del fruto, por lo tanto, puede haber tantas curvas de desarrollo del fruto como eventos de floración se presenten. Al proyectar las curvas de desarrollo del fruto, a la vez se puede identificar el momento o momentos del año en donde se encuentra la mayor masa de frutos en la planta, identificar las épocas en que se inicia la mayor demanda de nutrientes y agua por parte del cultivo, y las épocas en las cuales es más vulnerable el cultivo al déficit hídrico, al ataque de la broca o a la defoliación, entre otras (Ramírez, 2014).

### **3.5 Descripción y composición del fruto del café**

El fruto del cafeto por su color rojo cuando está maduro, y su forma característica recibe el nombre de cereza. Éste concepto último, contiene en su interior dos semillas semiesféricas, es decir, dos granos de café enfrentadas entre sí por la parte plana, y recubiertas por un tegumento, un pergamino, una pulpa y una cáscara. En ocasiones en lugar de dos semillas puede aparecer una sola denominándose caracolillo. La estructura del fruto del café está conformada por 7 partes (Vanegas, 2017).



**Figura 1. Estructura del fruto del café**

Fuente: Vanegas (2017).

- **Epicarpio** (cutícula, cáscara, pulpa), de color rojo o amarillo en su madurez, jugoso y envuelve todas las demás partes del fruto.
- **Mesocarpio** (mucílago, baba), de consistencia gelatinosa y color cremoso.
- **Endocarpio** (pergamino, cascarilla), cubierta corácea de color crema a marrón que envuelve la semilla.
- **Espermoderma** (película plateada), envuelve la semilla (integumento seminal)
- **Endospermo**, la semilla propiamente constituida
- **Embrión**, localizado en la superficie convexa de la semilla y representado por un hipócotilo y dos cotiledones. La semilla o cotiledón tiene un surco o hendidura en el centro del lado plano por donde se unen las dos semillas. El grano o semilla tiene un extremo que termina en forma puntiaguda donde se encuentra el embrión.

### 3.6 Cosecha y beneficio del café

La cosecha es la parte donde se recolecta el café de la planta y se lleva al beneficiadero para que siga su proceso, las cosechas se pueden efectuar manualmente o con apoyos tecnológicos e investigaciones (CENICAFE, 2018).

### 3.7 El cultivo de café en Bolivia

El sector cafetalero boliviano desde sus orígenes se concentró principalmente en los Yungas paceños, desde el siglo XVIII en la época colonial, donde las misiones franciscanas y otras órdenes introdujeron el cultivo para el consumo de La Paz y

la región. El cultivo de café comienza a crecer en superficie cultivada a partir de la década de los cuarenta (Flores, 2006).

**Tabla 1:** *Regiones productoras de café en Bolivia*

Departamento	Producción (%)	Provincias	Municipios
La Paz	95,4	Caranavi, Nor Yungas, Sud Yungas, Inquisivi, Franz Tamayo, Larecaja e Abel Iturralde	Carrasco, Coroico, Cajuata, Chulumani, Irupana, Palos Blancos, Apolo, Guanay, Yanacachi
Santa Cruz	2,5	San Ignacio de Velasco e Ichilo	San Ignacio y Buena Vista
Cochabamba	1,0	Chapare, Carrasco y Ayopaya	Colomi, Chimoré, Ayopaya
Tarija	0,5	Arce	Bermejo
Beni	0,4	José Ballivian, Vaca Diez, Itenez, Moxos	Guayaramerín, Riberalta, San Borja
Pando	0,2	Nicolás Suárez	Santa Cruz, Costa Riva.

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística, 2012).

La principal región cafetalera del país (Tabla 1), se encuentra en el departamento de La Paz, concentrando el 95,4% de la producción del café a nivel nacional y ofrece el mayor potencial para la producción de este grano.

### 3.8 Sistemas de producción del café en Bolivia

Referente a los sistemas de producción del café en Bolivia, se han adoptado distintas estructuras de mercado, dependiendo de los compradores, las más conocidas son las siguientes (López, 2013).

**3.8.1. Tradicional:** sin el empleo de insumos como pesticidas y fertilizantes sintéticos ya que se trata de un sistema de producción que conserva las tradiciones ancestrales.

**3.8.2. Orgánico y/o Ecológico:** cumple normas internacionales establecidas para la producción orgánica certificada, con enfoque de un manejo sostenible de los

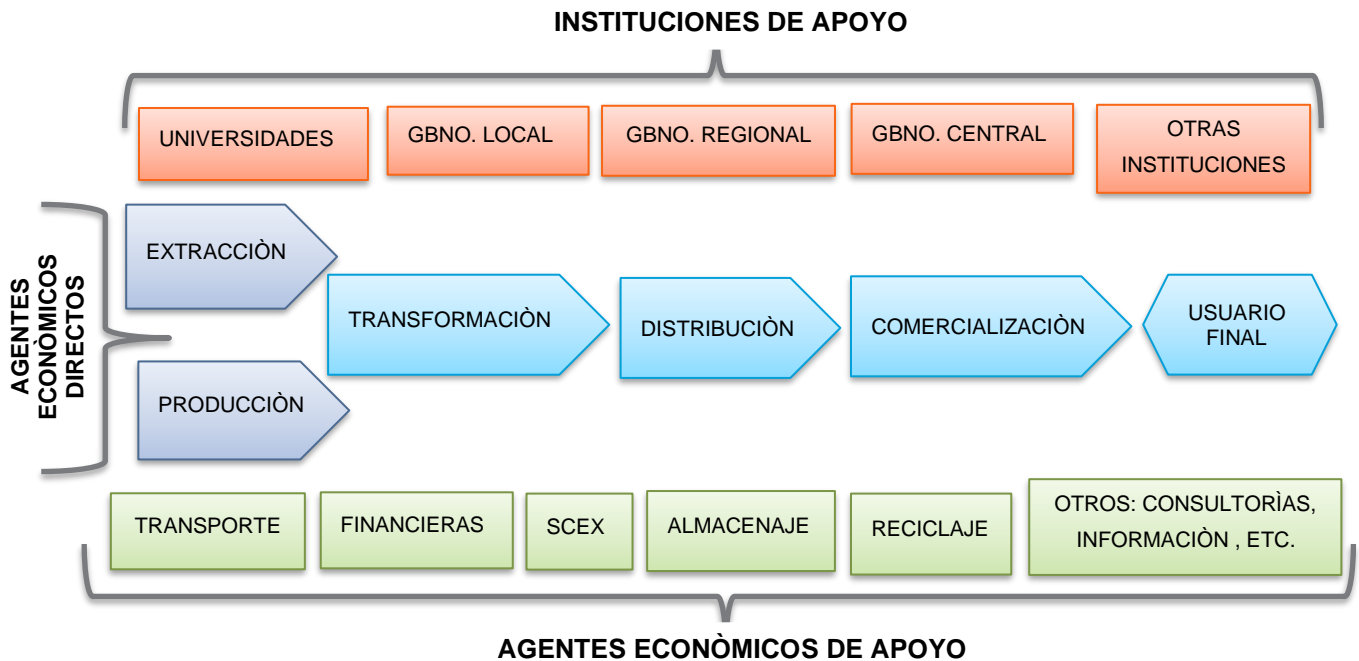
recursos naturales y libre de contaminantes sintéticos. La certificación orgánica representa una inversión que deben realizar las organizaciones de productores para cada ciclo productivo una vez que han cumplido la etapa de transición (36 meses).

**3.8.3. Solidario (orgánico y tradicional):** denominado también Fairtrade, se vende también como café orgánico. Los precios de café son fijos y se mantienen con el fin de favorecer a los productores de escasos recursos que están organizados en cooperativas, corporaciones o asociaciones de productores y que deben cumplir con exigencias de registro en organismos internacionales que controlan este mercado bajo sistemas que permiten mantener a este sector con buenos precios. El objetivo de esta modalidad es que los miembros de estas agrupaciones mejoren su nivel de vida, especialmente en lo que se refiere a salud y educación.

**3.8.4. Especial o de especialidad:** que se basa en la calidad del café en taza denotando sus características organolépticas propias de las zonas de producción que, en la mayoría de los casos, se trata de condiciones de altura que exceden a los 1.000 metros sobre el nivel del mar. Bolivia ha ingresado al mercado internacional de cafés especiales, con volúmenes pequeños, lo que demuestra que se cuenta con cafés de muy buena calidad, que pueden competir fácilmente con cafés de otros orígenes renombrados en el mundo.

### **3.9 Cadena productiva del café**

La cadena productiva tradicional del café en Bolivia, está constituido por una red de comerciantes y exportadores locales, que no logra salir de la lógica de volúmenes ni impulsar una dinámica de calidad. Estos actores repercuten directamente en los bajos precios a los productores de café. Sin embargo, las organizaciones de pequeños productores están haciendo esfuerzos junto a la cooperación internacional por salir de esta lógica al trabajar lo más directamente posible con los importadores y los torrefactores.



**Figura 2. Cadena productiva del café en Bolivia**

Fuente: FECAFEB - Federación de Caficultores de café de Bolivia (2010).

Al librarse de la intermediación, las organizaciones de productores optimizan la calidad de su producto mediante la supervisión del proceso desde la parcela hasta el embarque, gracias a estos esfuerzos los volúmenes exportados se han ido incrementando y la participación de los productores ha ido creciendo respecto a las empresas privadas. Bolivia comercializa más del 99% del café de exportación en grano (café verde oro), como materia prima, el mismo que es utilizado en el exterior por los tostadores para la preparación de blends (mezclas de café), en los que intervienen cafés de otros orígenes, con la finalidad de que el consumidor encuentre en la mezcla, los mejores sabores, lo que permite acrecentar el consumo en el mercado internacional (IMG Consulting, 2007).

### 3.10 Sistema de beneficiado en Bolivia

El pre-beneficio del café en Bolivia, se realiza por vía húmeda, existiendo el proceso familiar y centralizado. El primero está en vigencia, y el segundo requiere de recursos económicos y de infraestructura. Dichos procesos se detallan a continuación (Copa, 2007).



- 3.10.1. Pre beneficio familiar**, todos los productores de las organizaciones, realizan este proceso, donde intervienen los miembros de la familia, desde la década de los 70.
- 3.10.2. Pre beneficio centralizado**, donde los productores afiliados a la organización acopian café; y los trabajos de pelado, fermentado, lavado y secado lo realiza la organización.
- 3.10.3. Cosecha.** La cosecha de café en la Región de Los Yungas empieza el mes de abril y se extiende hasta agosto, normalmente realizan 4 cosechas, dependiendo de la altura y la ubicación de los terrenos. Las colonias ubicadas a 800 m.s.n.m., son las primeras en empezar y terminar la cosecha, abril y julio; las colonias ubicadas a nivel medio 1100 m.s.n.m., empiezan en mayo y terminan entre julio y agosto; y las colonias ubicadas a más alto nivel 1.700 m.s.n.m., empiezan entre junio y julio, concluyendo entre agosto y septiembre.
- 3.10.4. Despulpado.** Si se considera necesario, se debe boyar (seleccionar) para que el café pelado no contenga café de mala calidad. Luego se vacía el café guinda a la despulpadora, para quitar la pulpa (sultana) del café, procedimiento que realizan las familias todas las noches, en todo el tiempo que dura la cosecha. Los productores cuidan que la máquina peladora esté en buenas condiciones para que no maltrate el grano de café y además se preocupan por despulpar el café ese mismo día evitando así la fermentación del fruto y con él la baja de calidad.
- 3.10.5. Fermentado de café**, el café pelado se deposita en las fosas de cemento o en recipientes de madera, controlando el tiempo de fermentación ideal que varía según la temperatura, una vez verificado, los productores proceden a lavar el café fermentado.
- 3.10.6. Lavado de café** El café se lava eliminando el mucílago. Es importante que quede limpio y en lo posible sin cafés partidos, maltratados o con broca; si no es así mientras corre el agua, están son seleccionados.
- 3.10.7. Secado del café.** El secado del café se realiza en tarimas en domicilios y plantas centralizadas por un lapso de 5 días hasta alcanzar la humedad indicado por la organización. La forma de secar es uno de los cambios que las familias

tuvieron que realizar al pasar de café convencional a café orgánico. Antes se secaba en el suelo, ahora los productores secan su café en tarimas construidas.

**3.10.8. Selección del grano.** Entre las labores que se realizan para obtener un excelente café para la venta y con ello un mejor precio está la selección o limpia del grano, que consiste en extraer toda clase de impurezas (piedras, granos vanos, granos picados, granos más descerezados, etc.) (Fischerworming & Robcamp, 2001).

**3.10.9. Almacenamiento y transporte.** Una vez secado y seleccionado el grano, se coloca el café en cajitas, se comprueba que tiene humedad menor del 35%, se envía al beneficio seco. Para ello, se debe evitar trasladar con otros productos porque el café absorbe fácilmente otros olores (Fischerworming & Robcamp, 2001).

**3.10.10. Influencia de reposo del café en la calidad de la bebida.** El reposo es un factor muy importante en la definición de un café de calidad, y el tiempo no debe de ser menor a los 60 días, mejorando la calidad, influenciando en la mejora de la acidez de la bebida del café (Hartman, 2002).

En evaluaciones sensoriales realizadas sobre cafés con reposo, dieron como resultado aumento de características organolépticas, como acidez y el mantenimiento de la calidad de la bebida (Lecch, 2003).

### **3.11 Calidad del café**

La calidad del 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 (Docplayer, 2016).

La calidad del café, es decir, las características del grano, así como organolépticas inciden principalmente en el precio de venta del café a nivel nacional como internacional. Sobre la calidad del grano de café influye a su vez en forma determinante la composición química del grano condicionado por la composición genética de la especie, o sea, si son *Coffea arabica* o *Coffea canephora* y la variedad de café empleada. También influyen las condiciones de cultivo como la

ubicación geográfica, los factores climáticos y las prácticas culturales implementadas, así como la calidad de la cosecha, es decir, homogeneidad y grado de maduración de las cerezas y en forma especial el tipo de beneficio usado y su adecuado manejo en los procesos de secado y almacenamiento (Fischerworming & Robkamp, 2001).

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 (Docplayer, 2016).

En la actualidad, nadie puede decir qué es un buen sabor o qué es un mal sabor. Nadie tiene buen gusto o mal gusto. Ningún sabor es mejor que otro.

Para saber si un café es de buena calidad, es necesario hacer dos tipos de análisis (Gómez, 2021).

- El análisis de calidad en físico que se realiza sobre los granos de cafés secos y trillados.
- El análisis de calidad en taza (organoléptica) que se realiza sobre la bebida.

### **3.11.1 Calidad física del café**

El análisis físico de la calidad, se realiza sobre los granos de café, secos y trillados. Este análisis consiste en (Gómez, 2021).

**3.11.1.1. Determinar el color:** esta característica tiene gran importancia comercial sobre todo para los Arabica; el beneficio desempeña un papel esencial en el color. Varía entre amarillo claro y verde oscuro, pasando por toda la gama de matices intermedios.

El color dominante varía con su origen botánico, la naturaleza del suelo, la técnica de cultivo, el beneficio y la manera que se almacene y se conserve el grano. Los cafés Arabica tienen por lo general una coloración verde, verde azulado o gris azulado uniforme, mientras que los canephora tienen un color de tendencia grisácea a consecuencia, de un despeliculado deficiente (Prieto, 2002).

**3.11.1.2. Determinar el olor.** El olor del café es la primera determinación que hace un buen comprador o un catador. El olor debe ser característico a café seco y

fresco. Los olores desagradables a reposo, tierra, moho, químico, gasolina u otros, son indicadores de mala calidad y el café se debe descartar para consumo humano.

**3.11.1.3. Determinar porcentaje de humedad del café.** La humedad del grano debe estar entre 10,5 y 12%. Si el porcentaje de humedad está por debajo del 10%, quiere decir que el grano está muy seco. En este caso se hace muy difícil ajustar una buena curva de tostado lo que afecta negativamente la calidad final de la bebida. Cuando el porcentaje de humedad está por encima del 12%, indica que el café está muy húmedo y, por lo tanto, no es posible hacer la trilla ni el tueste.

**3.11.1.4. Determinar la merma.** Se toma una muestra de 250 gramos de café pergamino seco y se trilla. Las almendras trilladas se pesan nuevamente y se determina el porcentaje de merma. Determinar el porcentaje merma.

Es la cantidad de cascarrilla (pergamino) resultante de trilla del café. Un café con buena calidad física debe tener una merma de 18% o menos. Si el porcentaje de merma es superior, nos estará indicando que el café tiene un gran porcentaje de granos vanos y pequeños.

**3.11.1.5. Determinar el tamaño del grano.** Para determinar el tamaño del grano se utilizan una serie de tamices que llamamos “Mallas”, a través de las cuales se hacen pasar los granos de café. Esos tamices tienen diferente graduación y van desde la malla 12 hasta la 18. Dependiendo de la malla en la que quede el mayor porcentaje de granos retenidos, se clasifica el café en los siguientes grupos:

- **Premium:** Café sobre malla 18
- **Supremo:** Café sobre malla 17
- **Extra especial:** Café sobre malla 16
- **Europa:** Café sobre malla 15

El café retenido sobre la malla 14 se clasifica como café “Estándar”.

Por debajo de la malla 13 quedan las “pasillas”, que es como denominamos al conjunto de granos con defectos de calidad.

Hay una excepción y son los llamados granos “caracol” que son apetecidos en ciertos mercados. Los caracoles son granos pequeños, redondos, de buena calidad, que quedan retenidos sobre la malla 12.

**3.11.1.6. Factor de rendimiento.** Que se calcula a partir de los pesos de la almendra sana, del grano brocado y de las pasillas. El factor de rendimiento indica cuantos kilos de café pergamino seco se necesitan para obtener 70 kilos de café excelso tipo exportación.

Cuando el factor resultante es menor o igual a 92 es indicativo de un café de buena calidad física. Es decir, cuanto más bajo el factor, mejor es la calidad.

Al contrario, un factor de rendimiento alto nos estará indicando que se trata de un café de mala calidad.

### **3.11.2 Calidad del café en taza**

#### **3.11.2.1. Determinación de la calidad del café en taza**

Para determinar la calidad del café en taza hay que catarlo al igual que se hace con los vinos. En las catas profesionales de café solo pueden participar los catadores que están certificados como «Q grade» por la SCAA (Asociación Americana de Cafés de Especialidad). Y no cualquiera llega a tener ese certificado (Gómez, 2021).

Todos, con un poco de práctica, podemos aprender a reconocer un café de buena o mala calidad en taza.

Los pasos para llevar a cabo un panel de cata de café (Gómez, 2021).

##### **3.11.2.1.1 La preparación de la infusión de café**

- Hay que tomar una muestra de 300 gramos de café en grano.
- La muestra se tuesta utilizando una tostadora (eléctrica o a gas) de laboratorio. Se utiliza un grado de tuestión media.
- Se pone a hervir agua.

- Se muele el café. Inmediatamente en cada taza se colocan 8,25 gramos de café molido.
- Se cata la Fragancia del café recién molido antes de preparar la infusión.

En un panel de cata, por cada muestra que se quiere analizar, es necesario preparar entre 3 y hasta 5 tazas. Al catar varias tazas de una misma muestra se puede evaluar la uniformidad y consistencia de los atributos en la bebida.

- Se vierten 150 ml de agua caliente a 94°C sobre cada taza. La infusión debe prepararse lo más pronto posible después de moler el café puesto que después de pasados 20 minutos ya no despedirá el mismo aroma. Si esto llega a ocurrir, normalmente se invalida y descarta la muestra para cata.
- Se hace la primera determinación del Aroma sin tocar la taza.
- Se deja reposar el café entre 3 y 5 minutos y se procede a “romper la taza”.

“Romper la taza” es un término utilizado para indicar la acción de separar hacia un lado (con ayuda de una cuchara), la espuma que se ha formado en la superficie de la taza y poder percibir el aroma que emana por primera vez la bebida, antes de iniciar con la cata de sabor.

**3.11.2.1.2. La cata propiamente dicha.** Cuando el café alcanza una temperatura de 60°C está listo para ser catado.



**Figura 3. Rueda de sabor del café**

Fuente: Gómez (2021).

Con una cucharilla redonda se toma un poco de la infusión y se sorbe enérgicamente entre los labios y los dientes. De ésta manera se logra un efecto de “spray” dentro de la boca y la bebida impregna de sabor la lengua y el paladar. Este es el momento en que se describen los sabores percibidos. La *Rueda de sabor del Café de la SCAA*, en donde se puede ver la descripción de los atributos y defectos de la bebida.

Tras saborear la infusión, el catador escupe el café en una escupidera y percibe el retro gusto, que es el sabor residual que queda en la boca tras beber un sorbo de café. En el momento en que la temperatura de la infusión desciende a 40°C, se da por terminada la cata, porque a esa temperatura, la bebida desprenderá muy poco aroma.

**3.11.2.1.3. La calificación.** Durante todo el proceso, el catador debe ir calificando los atributos y los defectos de calidad en taza de cada una de las muestras. El olor y el aroma se califican de 1 a 5 y los atributos de sabor, se califican de 1 a 10 así:

**Tabla 2:** *Escala de evaluación sensorial*

<b>Puntos</b>	<b>Calidad</b>	<b>Intensidad</b>
1	Imbebible	Muy bajo
2	Pésimo	Muy bajo a bajo
3	Muy malo	Bajo
4	Malo	Bajo a intermedio
5	Mediocre	Intermedio
6	Promedio	Intermedio a alto
7	Bueno	Alto
8	Muy Bueno	Alto a muy alto
9	Excelente	Muy alto
10	Perfecto	Intenso

Fuente: Gómez (2021).

**3.11.2.1.4. La puntuación.** Este es el paso final y culminante de una cata de café. Luego de haber calificado cada uno de los atributos, el catador construye un gráfico que le permitirá evaluar los resultados. Con ayuda de la tabla 2, se procede a otorgar el puntaje de calidad en taza para cada una de las muestras analizadas. Si el puntaje final está entre 70 y 80 puntos, se califica como un café de calidad “corriente o comercial”.

Las marcas de café que se encuentran en el supermercado a bajo precio, generalmente son cafés que no llegan a los 78 puntos y cuyos defectos han sido



camuflados mediante un tostado alto. Los cafés de “Especialidad” tienen entre 80 y 83 puntos. Aquellos que puntúan entre 84 y 89, son clasificados como cafés tipo “Ejemplar Regional plus +”.

Entre 90 y 95 puntos se califican como “café ejemplar” y de 95 puntos en adelante se consideran como “cafés únicos”. La calidad del café en taza depende de la variedad de café cultivado.

### **3.11.2.2. Terminología de catación del café**

En esta sección se describen los términos utilizados en la catación, que se refieren a las diferentes características sensorial al cual se le da una puntuación las cuales son (Soleibe & Toro, 2005).

**3.11.2.2.1. Ácidoz** (de 0 a 8 puntos): Propiedad del gusto que describe la impresión causada por ciertos ácidos orgánicos presentes en las tazas de café tostado, que es percibida por la lengua humana durante el consumo del café.

**3.11.2.2.2. Balance** (de - 5 a + 5 puntos): Califica el comportamiento de la taza desde que se hace la bebida hasta que se enfría e indica la estabilidad de las características evaluadas en las distintas muestras durante el proceso de catación.

**3.11.2.2.3. Cuerpo** (de 0 a 8 puntos): Se describe como “impacto de sabor”, el amargo y “grosor” o viscosidad de la bebida preparada (derivándose principalmente de la cantidad de sólidos solubles) que son los portadores más fuertes del “cuerpo”.

**3.11.2.2.4. Dulzura** (de 0 a 8 puntos): Sensación agradable al paladar que recuerda el sabor del caramelo que se logra con el tueste de los azúcares contenidos en el grano.

**3.11.2.2.5. Impresión global** (de 0 a 8 puntos): Califica las sensaciones generales de la taza y las proporciones de todos los elementos aquí descritos.

**3.11.2.2.6. Resabio:** Hace referencia al sabor que se queda en la boca después de degustar el café.

**3.11.2.2.7. Sabor** (De 0 a 8 puntos): Describe la combinación de los atributos olfativos y gustativos percibidos durante la catación.

**3.11.2.2.8. Aroma:** Este atributo no se califica numéricamente, pero es considerado en los resultados de la catación y se describe como la impresión olfativa general de sustancias volátiles en una muestra. La diferencia entre el olor y el aroma está en que, en el caso del aroma, los componentes olfativos son liberados dentro de la boca y son percibidos a través de la conexión faringe-nasal, mientras que para el caso del olor las impresiones sensoriales se perciben directamente del exterior, a través de la nariz.

Los defectos de la taza describen cualquier impresión sensorial a ser nota durante el procedimiento de degustación del café y que es considerado anormal comparado con un café debidamente preparado. Los defectos de taza o “sabores extraños” son normalmente asociados con el deterioro o contaminación del producto.

Los taceos siempre resultan ser evaluaciones subjetivas, pero en general se coincide en que los cafés yungueños cultivados por encima de los 1.200 metros de altura, bien procesados, con tuestes y moliendas especiales pueden obtener puntajes altos (más de 80) (Soleibe & Toro, 2005).

### **3.11.2.3. Principios y estándares para el tostado de la muestra**

Se cuenta con estándares determinados para la preparación del café, el cual incluye el tostado del café para catas (SCAA, 2000).

**3.11.2.3.1. Tueste.** El nivel de tueste ha sido determinado por propósito y tradición. Para ello se utiliza 200 gr en un tostador de gas, estilo cilindro y se ajusta la flama para que a los 6 minutos se escuche el primer tronido. Cuando todo el café se haya tostado, se cuentan 30 segundos y se vacía el cilindro hacia la charola de enfriamiento. El tiempo ideal de tueste son siete minutos y el color del café molido debe ser café claro. Este tueste permite detectar cualquier defecto que pudiese ser cubierto por un tueste más oscuro. La acidez natural del café también es más pronunciada en tuestes claros.

**3.11.2.3.2. Tostado de la muestra.** Consiste en:

**Tamaño de la muestra.** En los tostadores de muestras, se pueden tostar, hasta 300 gramos, pero no se debe tostar más que 200 gr. Siempre se tuesta la misma cantidad de café por peso.

**Tiempo de tostado.** El acto de tostar café es muy distinto a hornear pan. El proceso entero del inicio al término debe tomar entre siete y nueve minutos por muestra.

**3.11.2.3.3. Tostado.** Se puede tostar el café a varios colores.

En cada color se nota un grupo de sabores distintos. En general, los tostados más claros tienen características de dulce, acidez y cuerpo. Los tostados más oscuros pierden estos sabores, pero ganan complejidad y un sabor a carbón. Para evaluar la calidad de café, se debe utilizar un tostado claro, sin embargo, si hay tiempo, se debe catar el café después del segundo “crack”. Este sonido es causado por la evaporación del aceite, lo que hace que la superficie del café brille. El sistema para asignar puntaje está basado en una escala en la cual cafés especiales reciben un puntaje de 8.0.

**Tabla 3:** *Sistemas de clasificación del café*

<b>Puntaje</b>	<b>Descripción</b>
9.0 – 10.0	Sobresaliente, excepcional, los mejores cafés del mundo.
8.0 – 9.0	Muy bueno, tiene buen sabor, acidez y balance.
7.0 – 7.9	Café clasificado como café comercial, grado para intercambiar en el mercado internacional, taza limpia, calidad media.
6.0 – 6.9	Café peor que café comercial, mala calidad y con poco dulce o acidez
6.0	Café que tiene un defecto, con mal sabor, puede ser sabor como los sacos, amargo, sobre fermentado.

Fuente: SCAA (2000).

En la siguiente tabla se muestra un ejemplo de muestra clasificada por un catador. El café tiene un aroma sobresaliente (9) puntos; buena acidez (8); y un buen sabor residual (7). El catador cree que el café tiene un buen balance y también anota que el café oro fue muy bien trillado y escogido, Para tomar en cuenta los otros factores, se cuenta con una categoría denominada balances, en tal categoría, el catador puede expresar su opinión sobre toda la combinación de todos los aspectos del café. En este ejemplo el catador piensa que la muestra de café oro,

tiene una preparación excelente y también le gusto el balance entre la acidez y un cuerpo pesado; entonces agregé 3 puntos más en la categoría de balance. El puntaje final es el siguiente:

**Paso 1:** Agregar los puntos de todas las categorías:  $9 + 8 + 7 + 9 + 9 + \underline{3} = 44$  puntos

**Paso 2:** Dividir el puntaje total entre 5:  $44 \text{ entre } 5 = 8,8$

Este café sería considerado de muy buena calidad. Mediante este sistema de clasificación para evaluar las cinco categorías básicas de la catación (fragancia/aroma, acidez, sabor, cuerpo, sabor residual) se puede dar puntos a cualquier muestra de café.

La evaluación de las características organolépticas o catación de café, involucra las seis etapas: fragancia, aroma, acidez, cuerpo, sabor y resabio que son calificados mediante puntuación (Katzef, 2001).

Finalmente, la catación es una técnica profesional para la evaluación de café, de atributos como ser: fragancia, aroma, cuerpo, acidez, sabor y retrogusto en 150 cc de agua y café molido de 7,5 a 9 gramos (SCAA, 2000).

### **3.12. Importancia de la fermentación en la calidad del café**

El proceso de fermentación es fundamental para dar forma al sabor del café porque, como el vino, produce la acidez de la taza y las notas frutales a través de la descomposición de los azúcares por la levadura y las bacterias. Debido a que las cerezas de café comienzan a fermentar poco después de la recolección, la forma en que el agricultor o la cooperativa local maneja ese proceso tiene un impacto directo en el sabor final del café, los métodos de procesamiento varían según la geografía, el clima, la logística y la tradición (La tienda del café, 2021).

La fermentación consiste en que, al grano recién despulpado, cubierto de una capa mucilaginoso que representa alrededor del 20% del peso del fruto maduro, el cual está formado por pectinas y azúcares que son eliminados por el proceso llamado fermentación, en el cual actúan enzimas propias del grano y microorganismos del grano despulpado (Zapata, 2000).

La fermentación, consiste en una reacción anaeróbica, en la que los microorganismos toman azúcares para producir alcoholes, ácidos y energía en forma de calor, que tiene por objetivo remover el mucilago que cubre el pergamino (Fischerworming & Robcamp, 2001).

**3.12.1. Métodos básicos de fermentación del café**, son los siguientes:

**3.12.1.1. Método lavado.** Las bayas cosechadas se remojan primero para eliminar las bayas maduras de las inmaduras. Las bayas maduras se hundirán hasta el fondo y las bayas inmaduras suelen flotar debido a su menor densidad.

Se quitan inmediatamente las bayas inmaduras. Luego, un despulpador quita la pulpa de los granos de café. Finalmente, las alubias recién peladas se alimentan a través de canales de agua que las conducirán a tanques de fermentación. Aquí es donde tiene lugar el proceso de fermentación. Los granos, que todavía están en una cáscara llamada "pergamino", fermentarán, haciendo que la pulpa y la mucosidad restante se afloje. Este proceso tarda entre uno y dos días.

Después de lavar los residuos que han sido fermentados por el proceso, solo queda la cáscara de pergamino alrededor de los granos. Una vez que los granos se hayan secado, esta cáscara se puede quitar con una máquina descascaradora. Después del descascarado, se clasifican por tamaño utilizando tamices y se envasan.

**3.12.1.2. Método "Honey".** En este proceso, se comienza quitando la pulpa de la cereza del café. Sin embargo, un pequeño porcentaje de esta pulpa se queda durante el secado; a esto lo llamamos la Miel. La miel proporciona el sabor único del grano de café. La Miel fermenta sobre el grano durante un período de 18 a 25 días. La ventaja de este método en comparación con el método seco es el hecho de que este método implica menos deterioro porque la pulpa se ha eliminado en gran medida.

**3.12.1.3. Método seco.** Es laborioso debido a todo el trabajo que se realiza y requiere una recolección selectiva, ya que las bayas inmaduras no se pueden clasificar con una máquina. La primera diferencia con respecto a otros métodos es que, con el método seco, las cerezas de café no pasan primero por la despulpadora. Después

se seca completamente las cerezas de café. Esto asegura una mayor transferencia de sabor entre la pulpa y el grano. También es fácil quitar la cereza del grano después del secado. Este método requiere poco equipo, pero, por otro lado, depende en gran medida de las circunstancias. Por ejemplo, la humedad debe ser la correcta, por lo que cualquier lluvia puede interrumpir el proceso. Esto también hace que sea imposible aplicar este método en algunas áreas.

En relación a la forma en que la fermentación incide en la calidad del café, se puede mencionar que existe una amplia gama de sabores diferentes que se pueden producir mediante la fermentación. La fermentación puede refinar la dulzura, el cuerpo y la acidez del café, e incluso agregar una nota afrutada (La Tienda del Café, 2021).

Sin embargo, tengan en cuenta que cuando el café está mal fermentado, puede resultar en un sabor mohoso, que arruina los sabores. Por eso es crucial monitorear el proceso y comprender adecuadamente cómo funciona la fermentación. El tiempo es un factor crucial, y el café sub-fermentado o sobre fermentado puede causar una pérdida de calidad como dulzura, acidez y cuerpo. Si la fermentación se realiza correctamente, puede resaltar las mejores características y sabor del café. Así se deja que el café exótico entre en juego y abres un nuevo mundo de sabores.

**3.12.2. Tipos de fermentación.** Existen varios tipos de fermentación según el microorganismo, el sustrato y las condiciones (Cenicafe, 2010).

**3.12.2.1. Fermentación alcohólica.** Es realizada principalmente por levaduras que producen etanol y CO<sub>2</sub>. Cuando hay oxígeno las levaduras realizan la respiración, crecen, oxidan completamente la glucosa y así obtienen el ATP, pero en condiciones de anaerobiosis, estos microorganismos fermentan azúcares, como la glucosa y algunas la lactosa. Así, la glucosa se transforma en ácido pirúvico, siguiendo la secuencia de reacciones de la glucólisis y luego, el ácido se transforma en acetaldéhidido mediante la enzima piruvato Descarboxilasa, seguidamente el acetaldéhidido se convierte en etanol por medio de la enzima alcohol deshidrogenasa (Cenicafe, 2010).

**3.12.2.2. Fermentación láctica:** Es realizada por las bacterias Lactobacilacea y Enterobacteriaceae y consiste en la obtención de ácido láctico a partir de azúcares. El ácido láctico contribuye a la acidez y sabor de productos lácteos, vegetales, legumbres, cereales, carnes, entre otros alimentos. Es un proceso microbiológico que se desarrolla durante una de las operaciones unitarias de beneficio del café, denominado fermentación. En el proceso de fermentación láctica del café se facilitan las condiciones, a través de la regulación del oxígeno, para que proliferen estas bacterias y no otras (como las bacterias aeróbicas).

**3.12.2.3. Fermentación butírica.** En ausencia de oxígeno *Clostridium butyricum* fermenta la lactosa y produce ácido butírico, ácido acético, dióxido de carbono y H<sub>2</sub>; otros clostridios producen butanol, acetona, alcohol isopropílico y gases H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>. En este tipo de fermentación se generan olores desagradables, como a mantequilla rancia y a sudor. Se puede producir en el ensilado de pastos y forrajes (Cenicafe, 2010).

**3.12.2.4. Fermentación fórmica.** Es realizada por las *Enterobacteriaceae*. A partir de la glucosa *Escherichia coli* produce etanol, ácidos succínico, acético, acético, fórmico y gases H<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, pero no produce butilenglicol. *Aerobacter aerogenes* produce estos ácidos, excepto el ácido succínico, y cantidades de butilenglicol, etanol y CO<sub>2</sub>.

### **3.12.3. Influencia de la fermentación en la calidad del café.**

**3.12.3.1. Fermentación incompleta.** Es aquella que se produce cuando la fermentación no ha terminado con el mucilago sigue adherido en el pergamino especialmente en la ranura del grano, los cuales son susceptibles al desarrollo de hongos, deteriorando la calidad del café.

**3.12.3.2. Sobre Fermentación.** Es la que se produce cuando una vez finalizada la fermentación, prosigue la reacción de bacterias y continúa produciendo ácidos en altas concentraciones, en principal el ácido butírico el cual llega a alterar el color del grano y produce además el avinagrado de la almendra y como resultado final un café de mala calidad.

### 3.12.4. Procesos de fermentación

Esta se clasifica en los siguientes tipos:

#### 3.12.4.1. Fermentación aeróbica. Esto es lo que sucede en presencia del oxígeno.

La técnica para llevar a cabo este tipo de fermentación es sencillo: simplemente se dejan las cerezas recién recolectadas en un tanque o contenedor y los microorganismos hacen su trabajo por si solos. Se debe monitoriar el tiempo y la temperatura para poder controlar y analizar el proceso.



**Figura 4. Fermentación de café aeróbica**

Fuente: Perfect (2017).

**3.12.4.2. Fermentación anaeróbica.** Es un proceso por el cual se trata de crear y controlar un perfil de sabor que enriquezca sus cualidades originales. En este caso, las cerezas de café se colocan en un tanque (antes o después del despulpado) y se cubren con agua. Esto permite que trabajen diferentes microorganismos.



**Figura 5. Fermentación de café anaeróbica**

Fuente: INEFFABLE (2020).



### 3.13. Variedades en estudio

#### 3.13.1. Cultivar CEPAC - 1 (IPR-98)

Este cultivar proviene de los cruzamientos entre “Villa Sarchi” x “Híbrido de Timor” caracterizándose con un tamaño de planta su altura es de 2,40 m, cuya ramificación es mejor que los cultivares del germoplasma Catuaí. También es probable que tiene resistencia a todas las 45 razas de roya del mundo y moderada resistencia a *Colletotrichum sp.*, es de maduración mediana entre el cultivar C – 2 y cultivares del germoplasma Catuaí, se adapta a cultivos a pleno sol y bajo sombra, tiene granos de zaranda 16,5 y es recomendado para plantaciones densas de 7000 a 10000 pl/ha. Es susceptible a *Cercospora coffeicola*, minador (*Leucoptera coffeella*) y broca (*Hypothenemus hampei*). En la República Federativa de Brasil este cultivar es conocido como IPR 98 (Catari, 2017).



Figura 6. Cultivar de café IPR 98

#### 3.13.2. Cultivar CEPAC 2 (IAPAR 59)

El cultivar IAPAR 59, proviene de origen entre “Villa Sarchi” x “Híbrido de Timor 832/2”, se caracteriza por tener un tamaño de planta de porte compacto pequeño con altura de 2,40m, es de ramificación mediana tiene altura y diámetro menor que el cultivar “Catuaí”. Se adecua a cultivos a pleno sol y bajo sombra, tiene resistencia completa a todas las 45 razas de roya del mundo (*Hemileia vastatrix*)

y presenta moderada resistencia a *Colletotrichum* sp. Es de madurez semiprecoz con granos de zaranda 17, con productividad muy alta. Se puede obtener cafés especiales en zonas cafetaleras de temperatura promedio anual entre 18 y 20°C, con un manejo tecnológico apropiado con abonamiento 30% mayor y distancia entre plantas en la línea de 0,5 m. Este cultivar es susceptible a *Cercospora coffeicola*, minador (*Leucoptera coffeella*) y broca (*Hypothenemus hampei*). Este cultivar conocido en la República Federal de Brasil como IAPAR 59, (Catari, 2017).



**Figura 7. Cultivar de café IAPAR 59**

### **3.13.3. Cultivar CEPAC 3 (Catucaí)**

El cultivar (IPR 102 o CATUCAÍ rojo 785/15) proviene de cruzamiento entre plantas de cultivares de germoplasma Catuaí rojo x Icatú Precoz rojo 785, realizado en Caratinga – MG. Es una planta de altura de 2,8 m y tiene una ramificación alta, los entrenudos en la planta son cortos 4 - 8 cm. Se adaptan en espaciamiento de 2,5 m x 3,0 m entre hileras y entre planta de 0,50 m a 0,80 m, acortar distancia entre plantas en zonas bajas y aumentar distancia entre plantas en zonas altas con mayor altitud. Tiene moderada susceptibilidad a la roya (25% más resistencia que “Catuaí”) el grano es de zaranda 16,5. Este cultivar, fácilmente se adapta a suelo pobre, soporta cerca de 30% mejor a la sequía e insolación, y por eso es recomendable menor sombra. Tiene moderada resistencia a *Colletotrichum* sp.,

moderada susceptibilidad a *Cercospora coffeicola*, pero es susceptible al minador (*Leucoptera coffeella*) y la broca (*Hypothenemus hampei*) (Catari, 2017).



**Figura 8. Cultivar de café CATUCAI**

### **3.14. Análisis de conglomerados**

El análisis de conglomerados o cluster, implica agrupar objetos, sujetos o variables, con características similares en grupos. La semejanza o disimilitud de los objetos se mide por un índice particular de asociación. Se consideran los tipos de métodos que agrupan variables basadas en la estructura de correlación de variables. En algunos estudios geológicos es conveniente agrupar muestras similares en las que se han realizado muchas mediciones y medir el grado de similitud entre los grupos. Utilizando el coeficiente de correlación o la función de distancia, la matriz resultante suele ser demasiado grande para la interpretación directa (Ruiz, 2019).

### **3.15. Análisis de correlación**

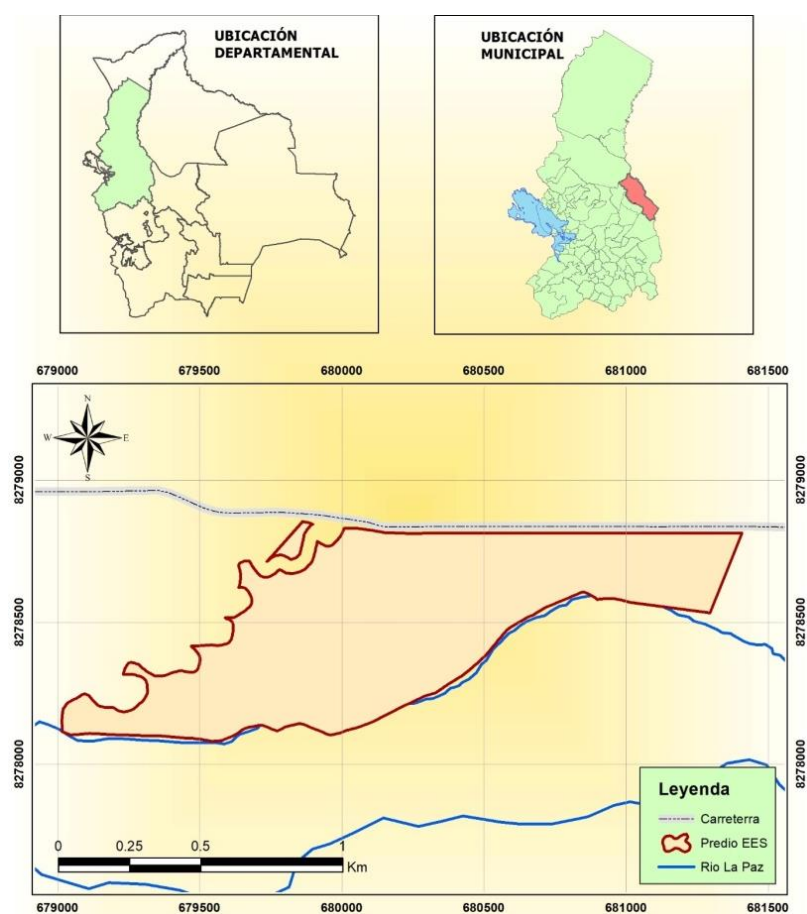
El análisis de correlación consiste en un procedimiento estadístico para determinar si dos variables están relacionadas o no. El resultado del análisis es un coeficiente de correlación que puede tomar valores entre -1 y +1. El signo indica el tipo de correlación entre las dos variables. Un signo positivo indica que existe una relación positiva entre las dos variables; es decir, cuando la magnitud de una incrementa, la otra también. Un signo negativo indica que existe una relación negativa entre las dos variables. Mientras los valores de una incrementan, los de la segunda variable disminuyen. Si dos variables son independientes, el coeficiente de correlación es de magnitud cero. La fuerza de la relación lineal incrementa a medida que el coeficiente de correlación se aproxima a -1 o a +1.

## 4 MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Localización

#### 4.1.1. Ubicación Geográfica

El presente trabajo se realizó en la región de Alto Beni en los predios de la Estación Experimental Sapecho, pertenecientes a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés. Se encuentra ubicado a 270 km de la ciudad de La Paz, geográficamente se encuentra entre los paralelos 15°33' y 15°46' Latitud sur y 66°57' y 67°20' Longitud Oeste. La EES se encuentra ubicada en la cuarta sección municipal de la Provincia Sud Yungas, a una altitud de 450 msnm, temperatura de media de 26°C y una precipitación media de 1800 mm año<sup>-1</sup> (Maldonado, s.f.).



**Figura 9. Ubicación de la Estación Experimental de Sapecho**

Fuente: Estación Experimental de Sapecho, 2018.

#### **4.1.1.1. Características Ecológicas**

- **Clima**

Las temperaturas promedios mensuales registradas en el año 2012 según SENAMHI fueron de 37°C como máxima en el mes de noviembre y como mínimo la de 22°C en el mes de julio (López, 2014).

- **Precipitación pluvial (PP)**

La precipitación pluvial mínima registrada fue en el mes de agosto y septiembre con 70 mm y la máxima registrada fue en el mes de febrero con 147 mm (SENAMHI 2012, citado por López, 2014).

- **Humedad relativa del ambiente (HR)**

La humedad relativa del ambiente llegó a registrar como la máxima en el mes de agosto con 84% y la mínima registrada fue en el mes de noviembre con 70% de humedad relativa (López, 2014).

- **Suelo**

Según el Plan de Desarrollo Municipal (2012) la región de Alto Beni presenta suelos profundos, de tipo aluviales, con deformación de llanura antigua y de pendiente suave y con peligros de anegamientos de mínimo a moderado.

- **Flora**

La vegetación varía según el piso altitudinal, donde la parte baja varía desde los 300 a 500 msnm donde se desarrolla un bosque, susceptible a inundaciones, con especies tolerantes, árboles de 40 m de altura y 1,50 m de diámetro. La parte alta mayor a 500 msnm presenta un bosque sub-montano (PDM, 2012).

#### **4.2. Materiales**

##### **4.2.1. Material vegetal**

Se utilizaron 5000 gr de café guinda recolectada por cada cultivar, se recolectaron sólo frutos maduros que cumplieron su periodo óptimo de madurez, dejando los granos inmaduros y granos sobre maduros.

#### 4.2.2. Material de beneficio húmedo

Para el beneficiado húmedo se utilizaron los siguientes equipos:

- Despulpador de café cereza de una capacidad de 500 kg/hora de despulpado



**Figura 10. Despulpadora mecánica de café**

- Baldes de plástico para la fermentación de las muestras



**Figura 11. Baldes de plástico para la fermentacion**

- Bandejas de secado de capacidad de 20 Kg. de café húmedo



**Figura 12. Bandejas para secado de muestras**

- Bolsas de empaque y material de rotulación



**Figura 13. Bolsas de empaque para café**

#### **4.2.3. Material de beneficio seco**

- Despergaminador de muestras de café



**Figura 14. Despergaminadora mecánica de café**

- Zarandas o cribas N° 09 a 19, para la clasificación de café verde por tamaño



**Figura 15. Tamizadora o zaranda de café**



- Medidor de humedad de café pergamino y verde, marca Geole 400



**Figura 16. Humidimetro para café pergamino y oro verde**

- Balanza electrónica digital de precisión



**Figura 17. Balanza eléctrica**

- Formato para clasificar café verde oro



**Figura 18. Clasificación de café oro verde**

- Fichas de identificación de café tostado



**Figura 19. Identificación de nivel de tueste**

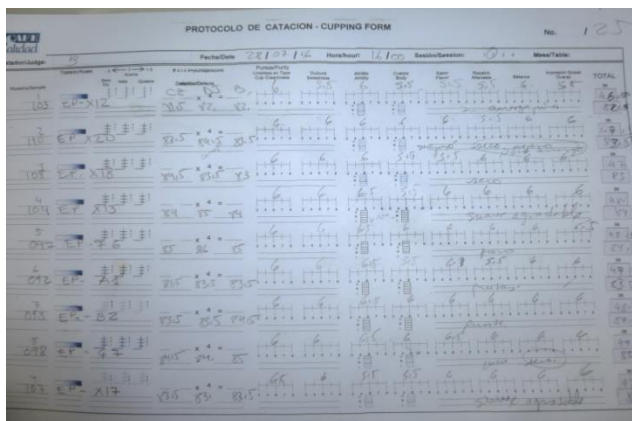
- Bolsas de ziploc para muestras de café verde



**Figura 20. Bolsas ziploc**

#### 4.2.4. Material de laboratorio

- Planillas de uso específico de laboratorio



**Figura 21. Planillas de laboratorio**

- Trilladora de café y despergaminador de café



**Figura 22. Trilladora mecánica de café**

- Tostador de muestras digital marca San Francisco.



**Figura 23. Tostador mecánico de café**

- Molino de café marca Mal Konic, de graduación de granulometría de café



**Figura 24. Molino mecánico de café**

- Bandeja de muestras de café verde y tostado



**Figura 25. Bandejas de muestra para café**

- Cucharas de catación



**Figura 26. Cuchara de catación**

- Gama de colores de café tostado (escala Agtron SCAA)



**Figura 27. Gama de colores para el tueste del café**

- Agua purificada para la infusión con café molido



**Figura 28. Agua purificada**

- Calefones para hervir el agua



**Figura 29. Calefon**

- Escupideros



**Figura 30. Escupideros para catación**

- Posillos para la preparación de muestras de café preparado para catación



**Figura 31. Posillos especiales para catación**

#### **4.2.5. Material de escritorio**

- Formularios de catación y evaluación de café SCAA
- Lápices
- Cámara fotográfica
- Borradores
- Tablero de apuntes

### 4.3. METODOLOGÍA

#### 4.3.1. Cosecha

Se recolectaron frutos que alcanzaron su madurez fisiológica de color guindo a rojo, de manera manual dejando los frutos que faltaron madurar. En recipientes se recolectaron una cantidad de 2 a 3 kilos, en envases de cosecha, con el objetivo que no haya contaminación o el contacto con el suelo.



Figura 32. Cosecha selectiva de café

#### 4.3.2. Despulpado

Después de realizar la cosecha se pesó el grano de café cereza y se paso a despulpar, con un despulpador metálico, de capacidad de 300 kg de café pelado/hora, y para el despulpado de las otras muestras se realizó el lavado de la despulpadora con agua, esto para que no hubiera la mezcla con mucilago.



Figura 33. Despulpado de café en estado guinda

#### 4.3.3. Fermentación

Después del despulpado se volvió a pesar tres variedades de café, esto para dividir cada variedad en tres partes iguales, por lo cual se obtuvieron nueve muestras. La fermentación es el proceso más importante, para el cual se utilizaron 9 muestras se puso con distintos productos; 3 muestras con leche, 3 muestras con yogurth y 3 muestras con agua (testigo).

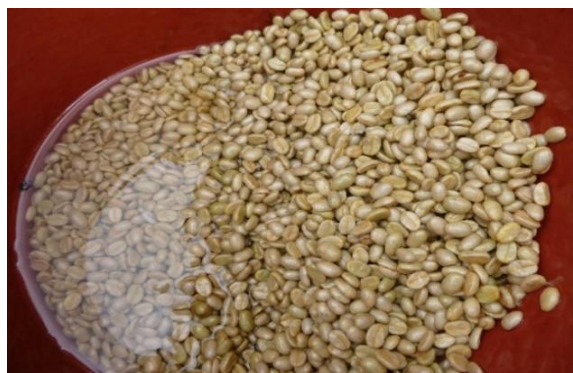
La separación del mucílago se realizó por medio de fermentación en baldes plásticos, dejando el café baba en fermentación de 12 a 18 horas, a partir de las 8 horas se realizó un seguimiento cada dos horas hasta constatarse que el café este en el punto óptimo de fermentación, y para esto utilizo la prueba de método de palo o de manera manual.



**Figura 34. Control de fermentado, prueba manual.**

#### 4.3.4. Lavado

Se realizó del lavado del café en pergamino con agua totalmente limpia, con la finalidad de extraer todos los sólidos restantes del mucílago, para esto se agito el café con agua de forma manual, para permitir el mejor lavado.



**Figura 35. Lavado de café**

#### 4.3.5. Secado

El secado se realizó de forma natural en mesas de secado en manteles limpios, cada muestra separada para evitar que se mezclen, extendiendo una cama de café pergamino húmedo de 3,0 cm de altura, revolviendo en el primer día cada media hora para el secado del agua exterior, y los posteriores 10 días, revolviendo tres veces por día, hasta obtener una humedad final del 10,5% medidos con humidímetro, y su posterior empacado según los códigos para su almacenamiento.



**Figura 36. Secado de café**

#### 4.3.6. Almacenamiento

Todas las muestras se almacenaron en café pergamino para su reposo durante dos meses en un empaque de plástico a condiciones de 10°C de temperatura y 65% de humedad relativa, controlados periódicamente para su posterior análisis en laboratorio de “Café & Calidad”, que es el único Certificado a nivel nacional para realizar este tipo de análisis.



**Figura 37. Almacenado de café pergamino seco**



#### **4.3.6.1. Rendimiento de café.**

Se utilizó las siguientes fórmulas para obtener las relaciones de pérdida desde café guinda a café verde oro:

**Relación CG a CPS =** Peso de café guinda (CG)/Peso de café pergamino seco (CPS)

Con esta fórmula se obtienen los datos que muestran claramente las pérdidas en el proceso de pre-beneficio del café; y la relación de CG a CPS.

Para la relación de CPS a CV se utiliza la conversión de café pergamino a cafés verde oro de exportación en la siguiente formula:

**Relacion CPS a CV =** Peso de café pergamino seco (CPS) / Peso de café verde (CV)

#### **4.4. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo descriptivo y mixto, porque se analiza en detalle los diferentes atributos evaluados a través de un proceso de catación de tres cultivares de café con diferentes formas de fermentación.

#### **4.5. Diseño experimental**

En el experimento para comparar los resultados obtenidos se utilizo el diseño completamente al azar con dos factores.

##### **Factores de estudio**

##### **Factor A: Formas de fermentación**

- A1: Testigo (forma tradicional)
- A2: Con leche desnatada
- A3: Con yogurt

##### **Factor B: Cultivares**

- B1: IPR 98
- B2: IAPAR 59
- B3: CATUCAI

## **4.6. Variables de respuesta**

### **4.6.1. Calidad física del café**

El análisis físico de la calidad, se realizó sobre los granos de café, secos y trillados, donde se consideraron las siguientes variables:

**4.6.1.1. Determinación del color.** Esta característica se determinó considerando la evaluación visual. Podemos hallar tonalidades como, amarillento, pálido, verde azulado o café (INCAPTO, 2020).

**4.6.1.2. Determinación del olor.** Esta característica se determinó considerando que el olor debe ser característico a café seco y fresco.

**4.6.1.3. Determinación del Aspecto.** Esta característica se determinó considerando la evaluación visual, el aspecto del café tiene que ser bueno.

**4.6.1.4. Determinación del porcentaje de humedad del café.** Se determinó haciendo el uso de humidímetro cuando las muestras de café se encontraban secas.

**4.6.1.5. Determinar la merma.** Se obtuvo de una muestra de 250 gramos de café pergamino seco, que fue trillado, posteriormente las almendras trilladas se pesan nuevamente y se determina el porcentaje de merma.

**4.6.1.6. Determinar el tamaño del grano.** Se utilizó una serie de tamices, con los cuales se definió a que grupo correspondía el cultivar en las siguientes categorías:

- **“Premium”:** Café sobre malla 18
- **“Supremo”:** Café sobre malla 17
- **“Extra especial”:** Café sobre malla 16
- **“Europa”:** Café sobre malla 15
- **Estandar:** Café sobre malla 14
- **Defectuosos:** Café por debajo de malla 13
- **Caracol:** granos retenidos sobre malla 12 (excepción)

**4.6.1.7. Factor de rendimiento.** se calculó a partir de los pesos de la almendra sana, del grano brocado y de las pasillas. El factor de rendimiento indica cuantos kilos de café pergamino seco se necesitan para obtener 60 kilos de café excelso tipo exportación.

#### **4.6.2. Calidad del café en taza.**

Se determinó mediante el análisis de laboratorio de acuerdo a la normativa de la SCAA (Asociación Americana de Cafés de Especialidad). El laboratorio donde se realizó la catación fue de Café & Calidad.

**4.6.2.1. Ácidez:** Propiedad del gusto que describe la impresión causada por ciertos ácidos orgánicos presentes en las tazas de café tostado, que es percibida por la lengua humana durante el consumo del café

**4.6.2.2. Balance:** Califica el comportamiento de la taza desde que se hace la bebida hasta que se enfría e indica la estabilidad de las características evaluadas en las distintas muestras durante el proceso de catación.

**4.6.2.3. Cuerpo:** Se describe como “impacto de sabor”, el amargo y “grosor” o viscosidad de la bebida preparada (derivándose principalmente de la cantidad de sólidos solubles) que son los portadores más fuertes del “cuerpo”.

**4.6.2.4. Dulzura:** Sensación agradable al paladar que recuerda el sabor del caramelo que se logra con el tueste de los azúcares contenidos en el grano.

**4.6.2.5. Impresión global:** Califica las sensaciones generales de la taza y las proporciones de todos los elementos aquí descritos.

**4.6.2.6. Resabio:** Hace referencia al sabor que se queda en la boca después de degustar el café.

**4.6.2.7. Sabor:** Describe la combinación de los atributos olfativos y gustativos percibidos durante la catación.

**4.6.2.8. Aroma:** Este atributo no se califica numéricamente, pero es considerado en los resultados de la catación y se describe como la impresión olfativa general de sustancias volátiles en una muestra. La diferencia entre el olor y el aroma está en que, en el caso del aroma, los componentes olfativos son liberados dentro de la boca y son percibidos a través de la conexión faringe-nasal, mientras que para el

caso del olor las impresiones sensoriales se perciben directamente del exterior, a través de la nariz.

#### **4.6.3. Análisis económico**

Para el análisis de costos económicos se utilizó el método (Perrin *et. al.* 1979), citado por (Layme, 2005), donde claramente se indica que un valor de la relación B/C mayor a 1 es aceptable.

Para este análisis se consideró el promedio de rendimiento (R) obtenido de tres años de producción en la Estación Experimental de Sapecho publicado por (Maldonado, 2017), de los cultivares IPR 98 (1149 kg/ha), IAPAR 59 (1152,8 kg/ha) y CATUCAI (1299,8 kg/ha).

Para este análisis se ha considerado tomar los costos estimados para mantener una hectárea de café estipulado en la línea base del proyecto comparación del incremento del rendimiento de café mediante diferentes técnicas de poda versus el manejo tradicional, ejecutado en los municipios de Caranavi y Alto Beni en la gestión 2016, donde se especifica que el costo total (CT) de Bs 6290, incrementándose sobre este valor el costo de los dos insumos utilizados como es la leche T2 (Bs 7/lt) y el yogurt T3 (Bs 13/lt), también se considera como precio por kilo de café comercializado en Caranavi de Bs 15.

En el cálculo de Beneficio Bruto (BB) se multiplicó el rendimiento por el precio del producto expresándose el mismo en Bs/ha.

En la estimación de los productos utilizados en los tratamientos T2 (leche) y T3 (yogurt), se considero el 2% en relación al peso del café.

El Beneficio Neto (BN), es la resta del Beneficio Bruto de los costos totales por tratamiento ( $BN = BB - CT$ ).

La Relación Beneficio Costo (BC), no es más que la división del Beneficio Bruto con respecto a los costos totales por tratamiento ( $BC = BB/CT$ ).

## 5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez tabulados los datos los resultados obtenidos fueron los siguientes:

### 5.1. Calidad física del café

#### 5.1.1. Determinación del color, olor, aspecto y humedad del grano

**Tabla 4:** *Determinación del color, olor, aspecto y humedad del grano*

<b>ASPECTO FÍSICO</b>				
<b>CULTIVAR</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Aspecto</b>	<b>Humedad</b>
IPR 98: <b>T1</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,30%
IPR 98: <b>T2</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,60%
IPR 98: <b>T3</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,80%
IAPAR 59: <b>T1</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,60%
IAPAR 59: <b>T2</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,50%
IAPAR 59: <b>T3</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,70%
CATUCAI: <b>T1</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,80%
CATUCAI: <b>T2</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,30%
CATUCAI: <b>T3</b>	Verde	Limpio	Bueno	10,30%

Según la tabla 4 se muestran los aspectos físicos importantes como el color, el olor, el aspecto y la humedad de los granos de café donde en absoluto todos los tipos de fermentación presentaron color verde, olor limpio, un aspecto bueno y una humedad promedio de 10,54% que está dentro los parámetros establecidos, lo que denota que los procesos de pre beneficiado se manejó de una manera correcta siguiendo las buenas prácticas recomendadas en el proceso de beneficio húmedo del café.

Perfect (2017), indica que los granos de café verde secos deben tener un contenido de humedad de 8% a 12,5%, con la excepción de los “cafés de

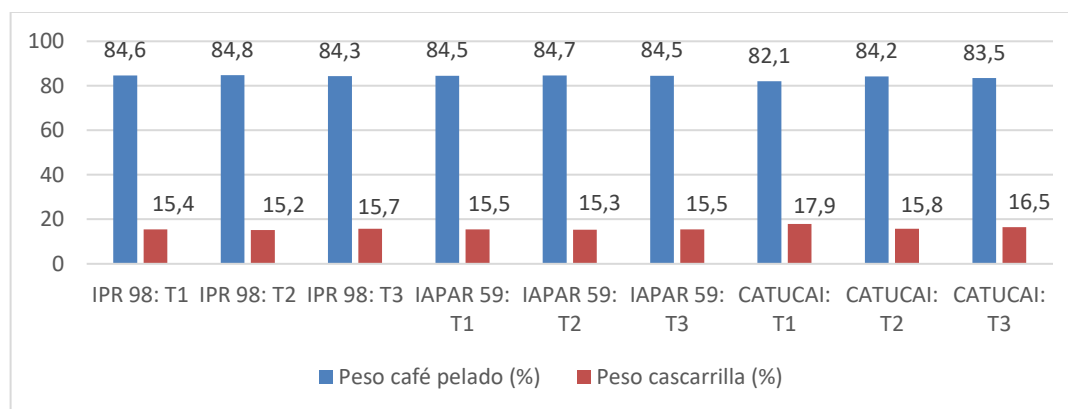
especialidad que tradicionalmente tienen un alto contenido de humedad, ej. cafés de la India Monsooned“. Sin embargo, eso no significa que un contenido de humedad del 9% sea un buen porcentaje para el café de especialidad.

Los buenos niveles de contenido de humedad permiten altas puntuaciones en catación, ácida equilibrada y un gran aroma. Hay un debate sobre cuál es el mejor nivel de humedad, pero 10%-12% es aceptado. El Centro de Comercio Internacional recomienda que los productores apunten al 11%. La humedad del café verde puede que no suene emocionante, pero es clave para un café de buena calidad. Afecta el sabor, el tueste del café e incluso el pago al productor (Perfetc, 2017).

Los granos contaminados evocan sustancias extrañas en la bebida de café, con sabores a sustancias químicas, mohos, tierra, sensaciones fuertes y muy desagradables en el aroma y sabor. La calificación es de total rechazo y se describe como imbebible. Muchas veces este defecto no se aprecia en el grano de café en almendra y sólo al tostarlo y en la catación se detecta que el café está contaminado. Es un defecto muy grave porque afecta la inocuidad del producto. La nota del fenólico es más de químico y humedad, pero de todas formas corresponde a un producto contaminado (CENICAFE, 2015).

### 5.1.2. Determinación de la merma

Tratamientos: T1: Testigo, T2: Con leche y T3: Con yogurt.



**Figura 38. Porcentaje de café pelado y porcentaje de peso cascarrilla**

**Tabla 5:** *Porcentaje de peso café pelado y cascarrilla de cultivares de café*

<b>CULTIVAR</b>	<b>Peso pergamino (%)</b>	<b>Peso café pelado (%)</b>	<b>Peso cascarrilla (%)</b>
IPR 98: T1	100	84,6	15,4
IPR 98: T2	100	84,8	15,2
IPR 98: T3	100	84,3	15,7
IAPAR 59: T1	100	84,5	15,5
IAPAR 59: T2	100	84,7	15,3
IAPAR 59: T3	100	84,5	15,5
CATUCAI: T1	100	82,1	17,9
CATUCAI: T2	100	84,2	15,8
CATUCAI: T3	100	83,5	16,5
PROMEDIO		84,13	15,87

En la figura 38 y tabla 5 se observa los porcentajes obtenidos de peso del café pelado y el porcentaje del peso de cascarrilla por cultivar y por tratamiento, que de acuerdo a la tabla 6 de Análisis de varianza para esa variable se ve que estadísticamente no existe diferencia significativa, por lo que se puede afirmar que todos son similares.

**Tabla 6:** *Análisis de varianza para peso de café pelado*

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Cultivar	2	3.38	1.69	4.85	0.0852	n.s.
Tratamiento	2	1.05	0.52	1.5	0.3261	n.s.
Error experimenta	4	1.39	0.35			
Total	8	5.82				

C.V. = Coeficiente de variación = 0,70%

Sabora (2020), indica que el porcentaje de merma que es el resultante de la trilla de café pergamino, donde indica que un café con buena calidad física debe tener una merma de 18% o menos. Si el porcentaje de merma es superior, nos estará indicando que el café tiene un gran porcentaje de granos vanos y pequeños. En este estudio el porcentaje de merma esta entre 15,2 a 17,9% lo cual esta como café con buena calidad física.

### 5.1.3. Determinación del tamaño de grano verde oro

**Tabla 7:** *Porcentaje de grano de café primera, café segunda y base*

<b>CULTIVAR</b>	<b>Café verde oro %</b>	<b>Café primera exportable % Zaranda 19-16</b>	<b>Café segunda % Zaranda 15-14</b>	<b>Base %</b>
IPR 98: T1	100	77,7	20,5	1,7
IPR 98: T2	100	78,1	20,1	1,8
IPR 98: T3	100	79,9	18,4	1,7
IAPAR 59: T1	100	73,9	24,6	1,4
IAPAR 59: T2	100	74,6	23,7	1,6
IAPAR 59: T3	100	76,4	22,1	1,5
CATUCAI: T1	100	86,7	13,1	0,2
CATUCAI: T2	100	85,4	13,9	0,7
CATUCAI: T3	100	83,8	15	1,2

#### 5.1.3.1. Porcentaje de grano café de primera

**Tabla 8:** *Análisis de varianza para porcentaje de grano primera (exportable)*

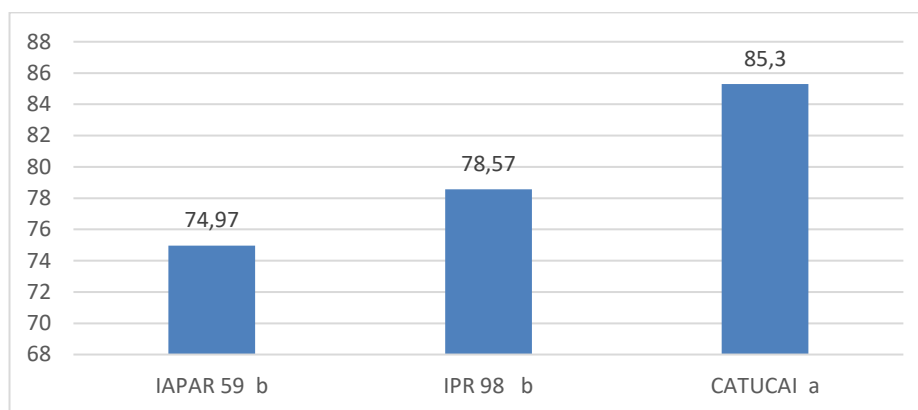
<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>	<b>Significancia</b>
Cultivar	2	165,58	82.54	34.81	0.0030	**
Tratamiento	2	0.81	0.40	0.17	0.8490	n.s.
Error experimental	4	9.48	2.37			
Total	8	175.37				

C.V. = coeficiente de variación = 1,93%



En tabla 8 de análisis de varianza sobre el porcentaje de grano de primera (zaranda N° 19 – 16) muestra que existe diferencia estadística significativa entre cultivares y no así para los tratamientos.

Según Fischersworing (2001), la etapa de selección y clasificación tiene por objetivo diferenciar los granos según sus características físicas (peso y tamaño) utilizando medios manuales y mecánicos para ello. La selección manual permite eliminar las impurezas que pueden haber quedado como granos quebrados, brocados o menudos. En el proceso de selección mecánica los granos son clasificados según su tamaño en la máquina densimétrica. Los granos grandes (café de 1ra, ``Supremo`` 85% retenido sobre malla 17 ) y medianos (Café de 2da, ``Extra`` 85% retenido sobre malla 16) son clasificados como café tipo exportación, mientras que el café de inferior calidad (café 3ra, ``Primera`` 85% retenido sobre malla 15) queda destinado para el mercado interno.



**Figura 39. Comparación de medias para porcentaje de peso de café primera**

En la figura 39 de comparación de medias para porcentaje de peso de café de primera se puede observar que el cultivar CATUCAI es el que se diferencia de los otros con un porcentaje de 85,3.

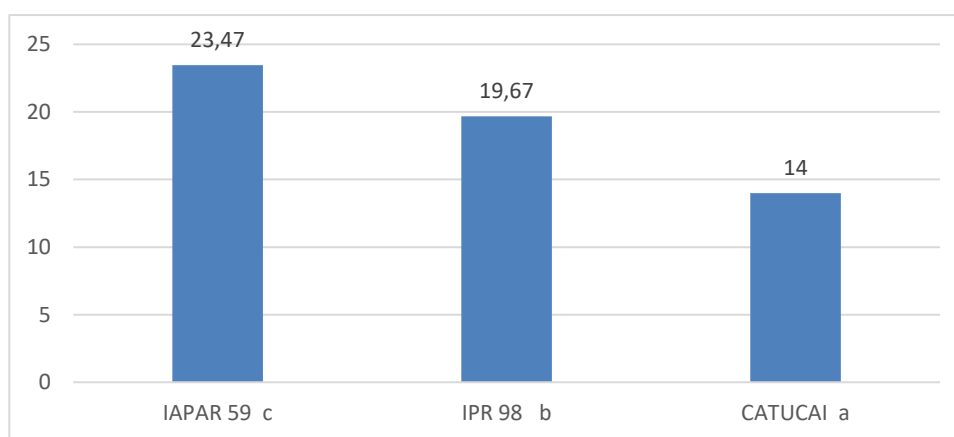
### 5.1.3.2. Porcentaje de grano café de segunda

En tabla 9 de análisis de varianza sobre el porcentaje de grano de segunda (zaranda 15 – 14) muestra que existe diferencia estadística significativa entre cultivares y no así para los tratamientos.

**Tabla 9:** Análisis de varianza para porcentaje de grano segunda

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Cultivar	2	136.17	68.08	44.37	0.0019	**
Tratamiento	2	1.38	0.69	0.45	0.6674	n.s.
Error experimental	4	6.14	1,53			
Total	8	143.68				

C.V. = coeficiente de variación = 6.5%



**Figura 40.** Comparación de medias para porcentaje de peso de café segunda

En la figura 40 de comparación de medias para porcentaje de peso de café de segunda se puede observar que el cultivar IAPAR 59 tiene el mayor porcentaje con 23,47, seguido de IPR 98 y CATUCAI con 19.67 y 14% respectivamente.

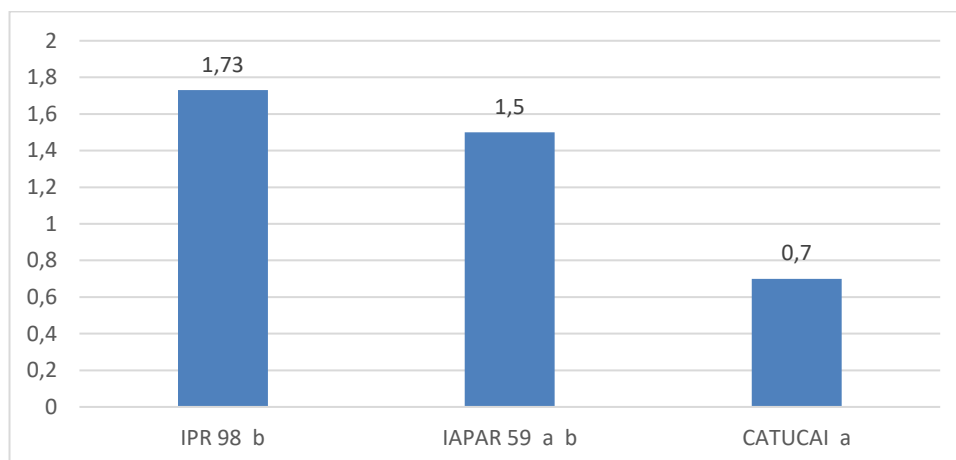
### 5.1.3.3. Porcentaje de grano café base

**Tabla 10:** Análisis de varianza para porcentaje de grano base

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Cultivar	2	1.76	0.88	11.33	0.0225	**
Tratamiento	2	0.22	0.11	1.39	0.3489	n.s.
Error experimental	4	0.31	0.08			
Total	8	2.29				

C.V. = coeficiente de variación = 21,27%

El tabla 10 de análisis de varianza sobre el porcentaje de grano base muestra que existe diferencia estadística significativa entre cultivares y no así para los tratamientos.



**Figura 41. Comparación de medias para porcentaje de peso de café base**

En la figura 41 de comparación de medias para porcentaje de peso de café base se puede observar que el cultivar IPR 98 tiene el mayor porcentaje con 1.73, seguido de IAPAR 59 y CATUCAI con 1.5 y 0,7% respectivamente, siendo este último el que menor pérdida tiene.

En lo que se refiere al tamaño de grano A.E.CAFE (2011) menciona que el mercado internacional requiere granos de mayor tamaño y uniforme.

#### 5.1.4. Factor de rendimiento del grano verde oro

**Tabla 11: Rendimiento de café pergamino seco**

Cultivar	Café cereza (%)	Café baba (%)	Café mote (%)	Café pergamino (%)
IPR 98	100	52,3	32,8	19,2
IAPAR 59	100	50,3	31,8	18,8
CATUCAI	100	54,5	33,5	19,6

Para el rendimiento de café pergamino seco mostrado en tabla 11 se observa el proceso de pre beneficiado de los cultivares estudiados; tanto en boyado, despulpado, lavado fermentado y cribado se perdió el peso de café cereza

cosechada donde el cultivar CATUCAI fue el que obtuvo mayor rendimiento en café pergamino seco con 19,6%, seguido de IPR 98 con 19,2% e IAPAR 59 con 18,8%.

## 5.2. Calidad del café en taza.

### 5.2.1. Determinación de la calidad organoléptica

La evaluación de las características organolépticas a través de la catación, realizado en el laboratorio de “Café & Calidad” de las muestras obtenidas en los diferentes tipos de fermentación estudiado, en tabla 12, determinó las particularidades de taza como ser: limpieza, dulzura, Acidez, Cuerpo, Sabor, Resabio, Balance, en base al esquema del protocolo de catación donde se observa que el cultivar IPR 98: T3 (leche) presento el mayor puntaje de 84,7, observándose también que ese mismo cultivar pero en el tratamiento T2 (leche) obtuvo el menor valor de 80,3.

**Tabla 12:** Evaluación de calidad organoléptico

CULTIVAR	LIMPIEZA	DULZURA	ÁCIDEZ	CUERPO	SABOR	RESABIO	BALANCE	IMPRESIÓN GLOBAL	PUNTAJE
<b>IPR 98: T1</b>	6,2	5,8	6,1	6,1	5,8	5,4	6,1	5,8	83,3
<b>IPR 98: T2</b>	5,8	5	6	5,5	5,5	5	6	5,5	80,3
<b>IPR 98: T3</b>	6,2	6	6,2	6,2	6	5,8	6,3	6	84,7
<b>IAPAR 59:T1</b>	6	5,5	6,1	6	6	5,5	6,2	5,7	83
<b>IAPAR 59:T2</b>	6	5,6	6,1	6,1	6	5,7	6,2	6	83,7
<b>IAPAR 59:T3</b>	6	5,6	6	6,2	5,8	5,5	6	5,9	83
<b>CATUCAI: T1</b>	6	5,3	6	5,8	5,5	5,2	6	5,5	81,3
<b>CATUCAI: T2</b>	6	5,5	6	6	5,7	5,2	6	5,6	82
<b>CATUCAI: T3</b>	6	5,7	6,1	6,2	5,7	5,5	6	5,8	83

**Tabla 13:** *Calidad organoléptica por tratamiento y cultivar*

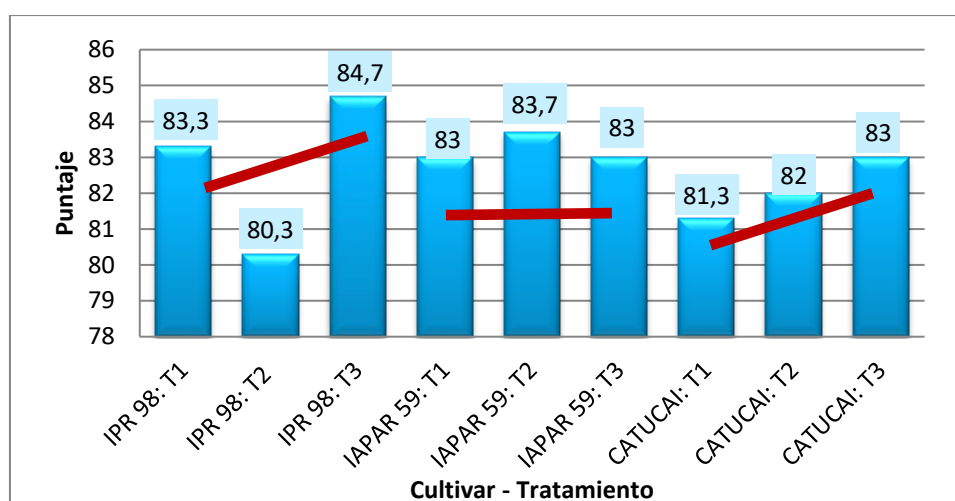
<b>CULTIVAR / TRATAMIENTO</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA CALIDAD ORGANOLÉPTICA</b>
<b>IPR 98: T1</b>	TAZA LIMPIA destaca la acidez; y el cuerpo moderado; dulzura completa, agradable; sabor dulce; 1 taza aspero; resabio fresco poco consistente; taza estable equilibrada; buena impresión, buen café
<b>IPR 98: T2</b>	TAZA SOLO LIMPIA, con buena acidez; cuerpo flojo e inestable; sabor aspero, poco relevante; dulzura neutra; resabio muy inconsistente, debil; taza con poco cambio; impresión moderada.
<b>IPR 98: T3</b>	TAZA MUY LIMPIA, destacan la consistencia del cuerpo y acidez, buenos; sabor agradable, rico; resabio todavía incompleto, por lo fresco; dulzura a miel; taza sin cambio, bien equilibrada, buena impresión muy buen café.
<b>IAPAR 59: T1</b>	TAZA LIMPIA, resalta la estabilidad de la taza; buen cuerpo; alta acidez; sabor agradable; resabio debil no completo; dulzura mediana; taza sin cambio, estable; buena y moderada impresión.
<b>IAPAR 59: T2</b>	TAZA LIMPIA, cuerpo y acidez, compatibles, compactos, buenos; sabor dulce, agradable; resabio incompleto; taza equilibrada, sin cambio; dulzura moderada; impresión global; buen café.
<b>IAPAR 59: T3</b>	TAZA LIMPIA, resalta el cuerpo, consistente y rico; acidez moderada; dulzura regular; sabor agradable, 1 taza neutra; balance moderado, sin cambio; buena y moderada impresión.
<b>CATUCAI: T1</b>	TAZA LIMPIA, sabor sin reflejo; buena e intensa acidez; cuerpo moderado; consistente; sabor aspero, amargo, neutro, resabio neutro insonistente, opaco; taza con algo de cambio; aceptable impresión.
<b>CATUCAI: T2</b>	TAZA LIMPIA, destaca la consistencia del cuerpo y la acidez; sabor aspero, amargo, neutro; resabio inconsistente, debil; taza sin cambio; regular impresión final.
<b>CATUCAI: T3</b>	TAZA LIMPIA, cuerpo bueno y complejo; acidez agradable; sabor 2 tazas buenas, 2 tazas opacas; resabio debil e incompleto; taza sin cambio; buena y moderada impresión.

En tabla 14 de análisis de varianza sobre el puntaje total obtenido en cata por cultivar y tratamiento nos indica que no existe diferencia estadística significativa.

**Tabla 14:** Análisis de varianza para puntaje total por cultivar y tratamiento

FV	GL	SC	CM	F	p-valor	Significancia
Cultivar	2	1.95	0.97	0.48	0.6496	n.s.
Tratamiento	2	3.81	1.90	0.94	0.4623	n.s.
Error experimenta	4	8.09	2.02			
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>13.84</b>				

C.V. = coeficiente de variación = 1,72%

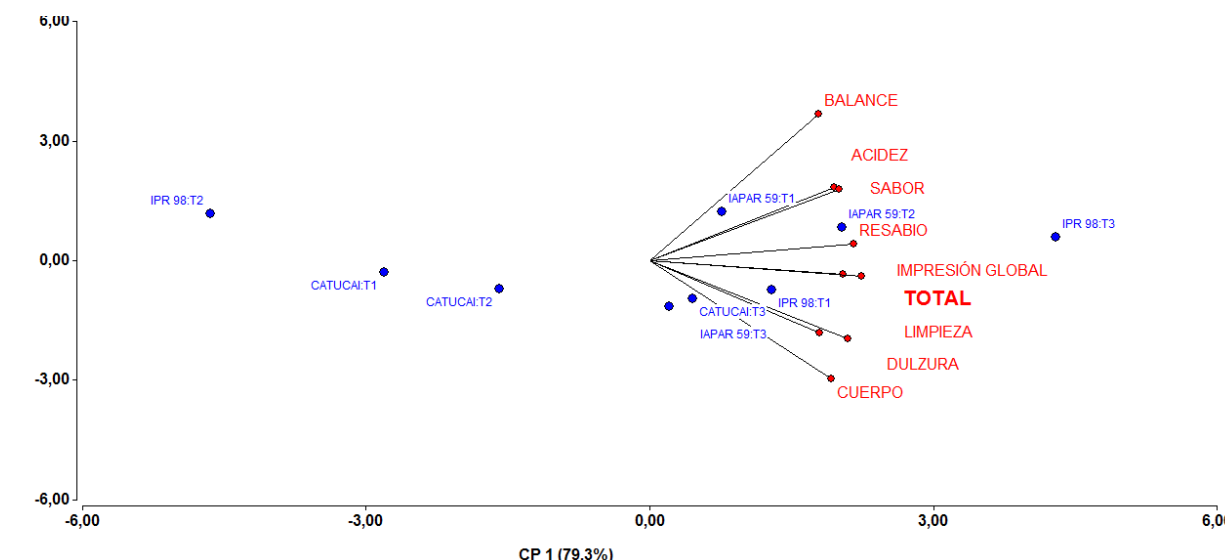


**Figura 42.** Calificación del puntaje total por tratamiento

Sin embargo, es necesario recalcar que en el caso del café de especialidad es muy necesario considerar el puntaje, debido a que el mismo influirá en el precio del producto, por lo que podemos afirmar que el cultivar IPR 98 y CATUCAI (T3: CON YOGURT) mejoraron notablemente su calidad, mientras que en el cultivar IAPAR 59 con el tratamiento T2 (CON LECHE) fue aparentemente más efectivo, en todos los casos comparando con el testigo T1.

En la figura 42 también se observa que el tratamiento T3 incidió favorablemente en la mejora de calidad en los cultivares IPR 98 (de 83,3 a 84,7) y CATUCAI (de 81,3 a 83), mientras que el tratamiento T2 incidió en la mejora de la calidad en el cultivar IAPAR 59 (de 83 a 83,7) y en CATUCAI (de 81,3 a 82) en ambos casos es muy leve.

## 5.2.2. Análisis de conglomerados



**Figura 43. Análisis de conglomerados**

En la figura 43 de análisis de conglomerados se puede observar que los atributos de calidad como ser balance, acidez, sabor, resabio, limpieza, dulzura, cuerpo y la impresión global no favorecen a el Cultivar T2, y en menor proporción a CATUCAI T1 y CATUCAI T2, por los menores puntajes obtenidos en comparación a los otros tratamientos.

## 5.2.3. Análisis de Correlación

**Tabla 15: Matriz de correlación simple para las variables**

VARIABLE	LIMPIEZA	DULZURA	ÁCIDEZ	CUERPO	SABOR	RESABIO	BALANCE	IMPRESIÓN GLOBAL	TOTAL
<b>LIMPIEZA</b>	1	3,00E-03	0,13	0,01	0,12	0,05	0,09	0,1	0,06
<b>DULZURA</b>	0,86	1	0,04	4,90E-04	0,03	0,01	0,06	0,01	2,40E-03
<b>ACIDEZ</b>	0,55	0,68	1	0,08	0,02	0,03	0,03	0,07	0,02
<b>CUERPO</b>	0,82	0,92	0,61	1	0,02	0,01	0,23	0,01	0,03
<b>SABOR</b>	0,55	0,72	0,74	0,74	1	2,40E-03	0,02	3,50E-03	0,01
<b>RESABIO</b>	0,67	0,83	0,71	0,82	0,87	1	0,04	1,40E-04	3,10E-03
<b>BALANCE</b>	0,6	0,64	0,73	0,44	0,76	0,69	1	0,04	0,01
<b>IMPRESIÓN GLOBAL</b>	0,58	0,82	0,63	0,8	0,85	0,94	0,69	1	2,00E-03
<b>TOTAL</b>	0,65	0,87	0,75	0,72	0,77	0,86	0,8	0,87	1

Se observa en la tabla 15 que entre las variables limpieza y dulzura, dulzura y cuerpo así como resabio e impresión global existe una alta correlación de 0,86, 0,92 y 0,94 respectivamente.

### 5.3. Análisis económico

Es necesario aclarar que no se hizo el análisis para café especial debido a que para ingresar en el mercado generalmente las muestras deben tener un puntaje superior a 84 puntos y en el caso particular de este ensayo solo el cultivar IPR 98 supero el mismo en el tratamiento 3 (fermentado con yogurt), lo que nos indica que si se trabajara con cultivares de puntaje superior se mejorara su calidad, por lo tanto se podría mejorar significativamente su precio.

**Tabla 16:** Análisis de beneficio costo por tratamiento

	IPR 98	IAPAR 59	CATUCAI
<b>Rendimiento (kg/ha)</b>	1149,0	1152,8	1299,8
<b>Precio normal (Bs/kg)</b>	15	15	15
<b>Precio especial (Bs/kg)</b>	25		
<b>Beneficio Bruto (Bs/ha) normal</b>	17235	17292	19497
<b>Beneficio Bruto (Bs/ha) especial</b>	28725		
<b>Costo total T1(kg/ha)</b>	6290	6290	6290
<b>Costo total T2(kg/ha)</b>	6450,86	6451,39	6471,97
<b>Costo total T3(kg/ha)</b>	6588,74	6589,72	6627,94
<b>BENEFICIO NETO T1</b>	10945	11002	13207
<b>BENEFICIO NETO T2</b>	10784,14	10840,61	13025,03
<b>BENEFICIO NETO T3</b>	22136,26	10702,28	12869,06
<b>ANALISIS DE RENTABILIDAD</b>			
<b>BENEFICIO COSTO T1</b>	2,74	2,75	3,09
<b>BENEFICIO COSTO T2</b>	2,67	2,68	3,01
<b>BENEFICIO COSTO T3</b>	3,36	2,62	2,94



En el Cuadro 16 de análisis del beneficio costo se puede observar que en todos los casos, los tratamientos T2 y T3 reducen la ganancia en comparación al testigo T1, sin embargo en el mercado de cafés especiales se debe considerar que un café que supere los 84 puntos puede tener un precio diferenciado para negociar el mismo, por lo que se estimó en este análisis un precio diferenciado para el cultivar IPR 98 T3, donde se obtuvo un B/C de 3,36 (muy rentable). También se puede observar en el mismo cuadro que con un precio inferior en un mercado normal el cultivar que presenta el mayor valor es el CATUCAI con una utilidad de 3,09 en el tratamiento T1 y los otros cultivares con 2,75 y 2,74 con ese mismo tratamiento. En todos los casos la utilidad es significativa por lo que se puede afirmar que se recupera lo invertido y se tiene una ganancia o excedente de más del 200% en el primer caso.

## 6. CONCLUSIONES

Las conclusiones que responden a los objetivos planteados en el estudio son las siguientes:

La calidad física, es necesario ampliar y estudiar más en el entorno del café, hacer conocer a los productores que tienen buenas variedades en el Municipio, ayuda a mejorar su calidad de café, mejorar sus ingresos y eso es a través de la calidad organoléptica.

En el estudio se vió que en el boyado, despulpado, fermentado, lavado y cribado el cultivar que perdió menos peso fue CATUCAI con un rendimiento de café pergamino seco.

En la evaluación de calidad organoléptica se determinó las particularidades de taza como ser: Limpieza, Dulzura, Acidez, Cuerpo, Sabor, Resabio, Balance, en base al esquema del protocolo de catación donde se observa que el cultivar IPR 98: T3 (yogurt) mejoro sus características obteniendo un puntaje de 84.7 comparado al testigo que es de 83,3, sin embargo estadísticamente en todos los casos no existe diferencia significativa.

En el análisis económico no se considero en todos tratamientos el valor por el puntaje de calidad, ya que para entrar en el mercado de cafes especiales es necesario tener puntajes por encima de 84 puntos, habiendo solo el cultivar IPR 98 T3 obtenido este valor, obteniedo un B/C estimado de 3,36. En los otros tratamientos se considero el precio normal del mercado local y el rendimiento, resultado del mismo el cultivar que presenta el mayor valor en beneficio costo es CATUCAI con una utilidad de 3,09 en el tratamiento T1 y los otros cultivares con 2,75 y 2,74 con ese mismo tratamiento, siendo en todos los casos rentable.

## **7. RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones a futuro con relación a la calidad del café, físicamente y organolepticamente, mediante otros componentes del grano que aportan a la calidad.
- Por los resultados obtenidos en presente trabajo se recomienda realizar análisis de la calidad de la bebida del café y clasificarlos según cultivares y los atributos que presenta estos granos de café según las características del cultivo.
- Se recomienda realizar trabajos de fermentación de café variando el tiempo de fermentación y la variedad.

## 8. BIBLIOGRAFIA

A.E.CAFÉ (2011). Asociacion Española del Cafe/Aroma de Café  
<https://www.aromadecafe.es/noticias/el-grano-de-cafe-forma-tamano-tipo-y-calidad>

ALQUICIRA, J. (2017). Análisis de correlación, Conogasi.org Sitio web:  
<https://conogasi.org/articulos/analisis-de-correlacion-2/>

ASOCIACION DE CAFES ESPECIALES DE AMERICA (SCAA) (2000).  
Clasificación de defectos del café. San Francisco, Ca. U.S.A.: Ed. SCAA.

Asociación de Cafés Especiales de America. (SCA). Protocols Cupping Specialty Coffee. Retrieved From <Http://Www.Scaa.Org/Pdf/Resources/Cupping-Protocols.Pdf>. 2015.

CATARI, P.(2017). Caracterización morfoagronómico de diez cultivares de café (*Coffea arabica* L.) en la Estación Experimental de Sapecho del Departamento de La Paz. Tesis de Grado

CENICAFE (2010), Avances técnicos / Gerencia Tecnica/Programa de Investigacion Cientifica/ Fondo Nacional de Café/ Fundamentos del Proceso de Fermentación en el Beneficio del Café

CENICAFE (2015), Avances técnicos / Gerencia Tecnica/Programa de Investigacion Cientifica/ Fondo Nacional de Café/ Buenas prácticas para la prevención de los defectos de la calidad del café: fermento, reposado, fenólico y mohoso

CENSO NACIONAL DEL CAFÉ. 2011-2012. Estadísticas del Sector Cafetalero. Viceministro de Desarrollo Rural y Agropecuario. Estado Plurinacional de Bolivia. 195 p.

CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ (CENICAFÉ) (2018). Manejo integrado de enfermedades y corrección de disturbios nutricionales del café. Bogotá Colombia, Ed. Fondo Nacional del Café.

CIPCA. 2012. La producción de café en Bolivia, CIPCA Notas-Análisis y opinión. Alejandra Sanjinés (\*) Fecha: 22/11/2012 <https://www.cipca.org.bo/analisis-yopinion/cipcanotas/la-produccion-de-cafe-en-bolivia>

COPA, E. (2007). El rol de la familia en la producción y certificación del café en Caranavi, Bolivia. Turrialba - Costa Rica: CATIE, Tesis Maestría en Investigación y Enseñanza.

CUBA, C. (2007). Manual para el cultivo del café en Yungas. Carmen Pampa - Coroico : Unidad Académica Campesina Carmen Pampa.

DOCPLAYER. (2016). docplayer.es. Obtenido de Factores que determinan la calidad del café: <https://docplayer.es/42738961-Factores-que-determinan-la-calidad-del-cafe.html>, consultado en fecha: 29/11/2021

FECAFEB, Federación de Caficultores de Café de Bolivia. (2010). *Plan de Desarrollo Cafetalero 2010-2015*. La Paz: Ed. La Saya Afroboliviana.

FIGUEROA, E., PÉREZ, F., & GODÍNEZ, L. (2016). La producción y el consumo del café. México, Ecorfan.

FISCHERWORMING, H., & ROBKAMP, R. (2001). Guía para la caficultura ecológica. Lima: Ministerio de Cooperación y Desarrollo - Desarrollo Alternativo.

FLORES, M. (2006). Estudio de la cadena productiva del cultivo de café (*Coffea arabica*), en la provincia Ichilo - Santa Cruz. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.). Trabajo de Grado Ing. Agronómica.

GÓMEZ, S. (2021). ¿Cómo se determina la calidad del café? QuéCafé.info, 1-23.

GUARDIA, P. (2012). Estudio de la digestión anaerobia en el beneficiado húmedo del café. Madrid: Universidad Politécnica. Tesis en Licenciatura en Ingeniería Agrónoma.

INCAPTO. (2020) Analisis de café verde y sus defectos. <https://incapto.com/blog/analisis-de-cafe-verde-y-sus-defectos/>

INEFFABLE, (2020) Coffee Roasters/Fermentacion Anaerobica del Cafe

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (INE) (2012). Censo Nacional de Café 2011/2012. Bolivia., 35 p.

IMG CONSULTING. (2007). Estudio de identificación, mapeo y análisis competitivo del café en zonas de intervención del desarrollo alternativo. La Paz: Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Medio Ambiente. Cooperación Belga.

KATZEF, P. (2001). El manifiesto de los catadores. San Francisco: Ed. Culture Coffee Capital.

LA TIENDA DEL CAFÉ. (2021). [latiendadelcafe.co](https://latiendadelcafe.co). Obtenido de La importancia de la fermentación del café: <https://latiendadelcafe.co/blogs/cafe-colombiano/la-importancia-de-la-fermentacion-del-cafe>, consultado en fecha: 29/11/2021

LÓPEZ, C. (2013). Optimización del uso del agua en el lavado del café en los tanques de fermentación. La Paz: Universidad Mayor de San Andrés (U.M.S.A.) Tesis de Maestría.

MALDONADO, C. (2017). Comparacion del rendimiento de diez cultivares de café (*Coffea arabica*) en tres años de producción en la Estacion Experimental de Sapecho, provincia Sud Yungas, departamento La Paz, Revista de Investigacion e Innovacion Agropecuaria y de Recursos Naturales, volumen 4, no. 2, La Paz, Bolivia.

PABON, J., OSORIO, V., & IMBACHI, L.C. (2021). Calida física, sensorial y composición química del café cultivado en el oriente del departamento de Caldas. Revista Cenicafe, 72(2), e2202. Colombia

PERFECT, G, D.(2017) . ¿Por Qué es Importante El Contenido de Humedad del Grano Verde?: <https://perfectdailygrind.com/es/2017/09/07/por-que-es-importante-el-contenido-de-humedad-del-grano-verde/#>

PRIETO, Y.(2002). Caracterizacion física de café semitostado. Fundacion Universidad de America. Facultad de Ingenieria Quimica Bogota D. C.

PRIMERO CAFÉ. (2020). [primerocafe.com.mx](https://primerocafe.com.mx). Obtenido de Variedades de café que debes conocer: <https://primerocafe.com.mx/caficultura/variedades-de-cafe-que-debes-conocer/>, consultado en fecha: 25/11/2021

QUINTERO, M., & ROSALES, M. (2014). El mercado mundial del café: tendencias recientes, estructura y estrategias de competitividad. *Visión Gerencial*, Núm. 2, 291-307.

RAMÍREZ, V. (2014). La fenología del café una herramienta para apoyar la toma de decisiones. *Avances Técnicos*. Cenicafé, 441, 1-8.

RUIZ, A. G. 2019. Artículo de Investigacion/ Analisis de Conglomerados. <https://ojs.umsa.bo/ojs/index.php/revistavarianza/article/view/409/344>

SABORA, (2020). Cafes tostados no dia. Café de Caliidad ¿Qué elementos influye para conseguirlo?. El café de calidad. <https://cafesabora.com/es/caf%C3%A9-de-calidad-%C2%BFqu%C3%A9-elementos-influyen-para-conseguirlo#:~:text=Los%20granos%20trillados%20se%20pesan,de%20granos%20vanos%20y%20peque%C3%B1os>.

SOLEIBE, A., & TORO, E. (2005). Guía Técnica del producto. La Paz: Pub. Programa de Desarrollo Humano y Reactivación Económica en Los Yungas.

STEIMAN, S. (2019). El café de calidad y el sistema de evaluación de los 100 puntos. *FórumCafé-Fórum Cultura del Café*, 1-4.

SUÁREZ, J. (2012). Aprovechamiento de los residuos sólidos del café. Bogotá: Ed. Lasallista.

VANEGAS, F. (2017). Cofee Media. Obtenido de Estructura del fruto del café: <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/02/26/estructura-del-fruto-del-cafe/>, consultado en fecha: 26/11/2021

ZAPATA, B. (2000). Manual del café. Santa Cruz -. Bolivia: Ed. Patujú.