

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Departamento Académico de Ciencias Agrarias**



**DAÑOS INDIRECTOS DE LA ROYA (*Hemileia vastatrix*  
Berk et Br.) EN LA CALIDAD DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.),**

**VARIEDAD CATURRA ROJA EN LA ETAPA DE  
LLENADO DE GRANO EN CHANCHAMAYO**

*TESIS*

**Para optar el título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**MIRKKO ROKI, VILLA CARHUAS**

**TINGO MARÍA - PERÚ**

**2017**

## **DEDICATORIA**

A Dios divino creador de todo lo que existe, quien me dio la vida y me dotó de inteligencia para poder conseguir uno de mis mayores anhelos.

A mis padres, seres a quienes debo la vida, por su amor y aprecio. A ellos toda mi gratitud, respeto y total admiración. Gracias

A mi querida abuelita, por el apoyo que me brindó en la etapa de ejecución de mi tesis.

A los docentes de mi facultad, por la enseñanza que me brindaron y el ejemplo que nos representan para una sólida formación como profesionales

## **AGRADECIMIENTO**

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todo el personal que la conforman, por su apoyo y confianza, en especial a los docentes de la Facultad de Agronomía que contribuyeron en mi formación profesional.
- A los miembros de jurado de tesis, Ing. Jorge Cerón Chávez, Ing. M.Sc. Giannfranco Egoávil Jump e Ing. Jaime Josseph Chávez Matías.
- Al Ing. M.Sc. Jorge Luis Adriazola Del Águila, asesor de la presente tesis, por su apoyo en el proyecto, ejecución y culminación.
- A mis compañeros de la promoción 2008.

## ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	14
2.1. Especies del café ( <i>Coffea arabica</i> L.).....	14
2.1.1. Variedad de café “Caturra Roja” .....	14
2.2. Condiciones que influyen a la calidad del café.....	15
2.2.1. Condiciones edafoclimáticas .....	15
2.2.2. Manejo agronómico .....	17
2.2.3. Cosecha de café.....	17
2.2.4. Beneficio húmedo.....	20
2.3. Análisis de la calidad del café .....	22
2.3.1. Análisis físico del café .....	22
2.3.2. Análisis del porcentaje de solidos solubles del café (°Bx).....	25
2.3.3. Análisis sensorial o catación del café .....	26
2.3.4. Cafés especiales y la Norma Técnica de Café Peruano (NTP).....	29
2.4. La roya amarilla ( <i>Hemileia vastatrix</i> Berk et Br.) del café.....	30
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	33
3.1. Campo experimental .....	33

3.2. Componentes en estudio .....	35
3.3. Tratamientos en estudio.....	35
3.4. Diseño experimental.....	35
3.5. Ejecución el experimento .....	37
3.5.1. Cosecha de granos.....	37
3.5.2. Evaluación el grado de roya amarilla.....	37
3.5.3. Cosecha selectiva y no selectiva .....	38
3.5.4. Evaluación de los grados Brix .....	39
3.5.5. Beneficio húmedo de las muestras.....	39
3.5.6. Análisis de la calidad física del café .....	40
3.5.7. Análisis de la calidad organoléptica del café tostado.....	41
3.6. Parámetros a evaluar .....	42
3.6.1. Índice de incidencia de daño (% IID) .....	42
3.6.2. Grados brix (%) por estado de maduración del café cerezo.....	42
3.6.3. Calidad física del grano de café.....	43
3.6.4. Calidad sensorial del café tostado .....	44
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
4.1. Índice de incidencia de daño (% IID) de la roya amarilla del café .....	46
4.2. Grados brix del fruto del café .....	48

4.3. Calidad física del café variedad Caturra Roja .....	51
4.4. Calidad sensorial del café variedad caturra roja .....	60
V. CONCLUSIONES .....	74
VI. RECOMENDACIONES.....	76
VII. RESUMEN.....	77
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	79
IX. ANEXO .....	88

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
1. Características físicas y químicas del suelo de la parcela de café variedad Caturra Roja.....	34
2. Datos meteorológicos. ....	34
3. Descripción de los tratamientos.....	35
4. Esquema del análisis de varianza. ....	36
5. Escala de severidad de acuerdo al área foliar afectada. ....	38
6. Comparación de los grados Brix en cada estado maduración del grano respecto al efecto de la roya amarilla. ....	39
7. Clasificación del tamaño del grano según norma ISO – 4150 “Green coffee - Size analysis - Manual sieving Green coffee” (IICA, 2010). ....	41
8. Granulometría para análisis físico de café pergamino.....	43
9. Escala de calificación para atributos sensoriales de café del CQI.....	44
10. Escala de evaluación de las características sensoriales. ....	44
11. Clasificación según la Specialty Coffee Association of América.....	45
12. Índice de incidencia de daño (% IID) de roya amarilla del café. ....	46
13. Resumen del análisis de variancia el número de hojas por grado de incidencia de roya amarilla del café.....	47
14. Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el número de hojas por grado de incidencia de roya amarilla del café. ....	47
15. Prueba de T Student para las características del grados Brix de los frutos verde, pintón, maduro y sobremaduro del café.....	49

16. Prueba de comparación de medias T Student ( $\alpha=0.05$ ) de la característica grados Brix del grano verde, pintón, maduro y sobremaduro.....	49
17. Resumen del análisis de variancia para las características porcentaje de cascarilla, descarte, defectos y rendimiento exportable en 400.0 g de café pergamino. ....	52
18. Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características porcentaje de cascarilla, descarte, defectos y rendimiento exportable en 400.0 g de café pergamino seco. ....	52
19. Resumen del análisis de variancia de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda.....	53
20. Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda. ....	54
21. Resumen del análisis de variancia de las características atributos en taza, fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo del café tostado.....	61
22. Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características atributos en taza, fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo del café tostado. ....	62
23. Resumen del análisis de variancia de las características atributos en taza, balance, apreciación general, uniformidad, taza limpia, dulzura del café tostado.....	63



24. Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda. ....	64
25. Resumen del análisis de variancia para la característica puntaje final de catación del café tostado.....	67
26. Prueba de medias Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la característica puntaje final de catación del café tostado. ....	67
27. Análisis físico y químico del suelo de 1.0 ha de café caturra roja.....	89
28. Resultados del porcentaje de cascarilla. ....	89
29. Resultados del porcentaje de descarte.....	90
30. Resultados del porcentaje de defectos.....	90
31. Resultados del porcentaje de rendimiento exportable.....	90
32. Resultados del porcentaje de café especial. ....	91
33. Resultados del porcentaje de café segunda.....	91
34. Resultados del porcentaje de café oro especial. ....	91
35. Resultados del porcentaje de café oro segunda.....	92
36. Resultados de la puntuación del atributo fragancia y aroma. ....	92
37. Resultados de la puntuación del atributo sabor.....	92
38. Resultados de la puntuación del atributo posgusto. ....	93
39. Resultados de la puntuación del atributo acidez.....	93
40. Resultados de la puntuación del atributo cuerpo.....	93
41. Resultados de la puntuación del atributo balance. ....	94
42. Resultados de la puntuación del atributo apreciación general.....	94
43. Resultados de la puntuación del atributo uniformidad. ....	94

44.	Resultados de la puntuación del atributo taza limpia.....	95
45.	Resultados de la puntuación del atributo dulzura. ....	95
46.	Resultados de la puntuación del puntaje final. ....	95
47.	Resultados de los grados Brix de los granos de café.....	96
48.	Resultados del grado de incidencia de roya en diez hojas. ....	96

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Grado de calificación de la roya amarilla, según el ataque a la hoja. ...	37
2. Número promedio de hojas por grado de incidencia de roya. ....	47
3. Grados Brix del grano verde, pintón, maduro y sobremaduro. ....	50
4. Relación aritmética del porcentaje de rendimiento exportable con porcentaje de defectos. ....	53
5. Relación aritmética del porcentaje de café especial con porcentaje de café segunda. ....	55
6. Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha selectiva de la caturrea roja sin roya. ....	65
7. Puntaje de los atributos sensoriales de cosecha no selectiva de la caturrea roja sin roya. ....	65
8. Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha selectiva de la caturrea roja con roya. ....	66
9. Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha no selectiva de la caturrea roja con roya. ....	66
10. Puntaje final de catación en taza del café tostado. ....	68
11. Cosecha selectiva de la caturrea roja con roya. ....	97
12. Grados Brix de los granos por estado de maduración. ....	97
13. Grados Brix de los granos por estado de maduración. ....	98
14. Panel de catadores Q grader. ....	98

## I. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas en nuestro país por lo general se ubican en zonas montañosas, entre los 800 y los 2000 msnm, donde se produce café de alta calidad que exporta el Perú.

Entre los años 2012 y 2013 se han presentado de forma reiterada alteraciones en las condiciones climáticas de la zona cafetalera (alta precipitación, temperatura, humedad relativa y otros factores), que han generado estrés en las plantaciones de café y han favorecido circunstancias propicias para magnificar el desarrollo de epidemias de roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en las plantaciones susceptibles de café como la variedad Caturra, teniendo un efecto negativo en las plantas como la defoliación (sí la epidemia es severa en ella) y de manera indirecta disminuyendo la producción granos sanos, el tamaño, la calidad y precio del café.

Los productores de la región, no dan importancia a la implementación de las medidas de control (manejo integrado) de la enfermedad, y se continúa teniendo problemas de incidencia de la enfermedad, que repercuten disminuyendo los rendimientos y calidad del producto. La situación antes mencionada pone en riesgo la continuidad del cultivo en la región, del cual dependen económicamente la mayoría de los productores de la Provincia de Chancamayo, así como de la calidad reconocida a nivel nacional y del mercado internacional.

En la zona no se han realizado estudios sobre el efecto de las enfermedades en la calidad del café, por lo que se realizó la presente

investigación “Daños indirectos de la roya (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en la calidad de café (*Coffea arabica* L.), variedad Caturra Roja en la etapa de llenado de grano, en chancamayo” con los objetivos que a continuación se detallan.

### **Objetivo general**

1. Determinar el efecto indirecto de la roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en la calidad del café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra Roja.

### **Objetivos específicos**

1. Determinar el efecto de la roya amarilla del café, sobre dulzor (grados Brix) en los distintos estados de maduración del grano de café.
2. Evaluar el efecto de la roya amarilla sobre la calidad física y sensorial del café variedad Caturra Roja.
3. Evaluar el efecto de la cosecha selectiva sobre la calidad física y sensorial del café Caturra Roja.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Especies del café (*Coffea arabica* L.)

La planta de café pertenece a la familia Rubiaceae y género *Coffea*, dos especies son de importancia económica en el mundo: *Coffea arabica* L. y *Coffea canephora* P. La especie *C. arabica* L. presenta atributos como el aroma acidez, muy pronunciadas, suaves, dulces, frutales; cuerpo mediano y exquisito sabor y características sensoriales químicas, mientras el café Robusta se caracteriza por tener mayor cuerpo (PUERTA, 1998), el café se cultiva en zonas de clima tropical, motivo por el cual los países productores están ubicados cerca de la línea ecuatorial; no obstante el Perú cuenta con ventajas agroclimáticas comparativas para obtener café de especialidad porque cuenta con una de las mejores variedades botánicas de café (CASTRO *et al.*, 2004).

#### 2.1.1. Variedad de café “Caturra Roja”

Es un cultivar de porte bajo, probablemente originadas de una o dos mutaciones naturales de la variedad Bourbon Rojo de porte alto, tiene elevada capacidad productiva y presenta una bebida de óptima calidad (FINCYT, 2011). Es originaria de Brasil, se caracteriza por sus entrenudos cortos, de los cuales deriva el porte bajo de la planta, su tronco es muy grueso, sus ramas laterales son abundantes con numerosas ramificaciones secundarias que dan a la planta un aspecto vigoroso y frondoso, es más precoz y productivo que otras variedades como el Typica y Bourbon según (BANEGAS, 2009).

## **2.2. Condiciones que influyen a la calidad del café**

La buena calidad del café se empieza a definir desde el campo y depende de los factores biofísicos, agronómicos y factores de post cosecha (UTZ CERTIFIED, 2008). Los factores biofísicos como la altura, precipitación, humedad relativa, luz solar, viento y suelo; factores agronómicos como presencia de plagas, fertilización y manejo de sombra y, los factores de la cosecha como la madurez del grano y factores de poscosecha como la recepción de cosecha, despulpe, clasificación, fermentación, lavado, secado y almacenaje (BANEGAS, 2009). Los factores genéticos de la planta son los que determinan las características como el tamaño, forma y color de los granos, así como su composición química y las propiedades organolépticas, y de manera general no hay diferencias marcadas de calidad entre cafés arábigos que se desarrollen bajo condiciones similares (SANTOYO *et al.*, 1996).

### **2.2.1. Condiciones edafoclimáticas**

Las variedades de arábica se adaptan a alturas mayores a los 1200 msnm (CASTRO *et al.*, 2004). El rango de temperatura óptima para la especie *C. arabica* está entre 18 a 22 °C, por encima de los 25 °C la tasa fotosintética es reducida y las hojas son dañadas por la continua exposición a altas temperaturas (BANEGAS, 2009); para FIGUEROA (1996), las temperaturas de 19 a 21 °C son las más adecuadas; en Perú, lo óptimo está entre 20 y 25 °C (BENITO, 2005), la temperatura anual adecuada debe estar entre 17 y 23 °C (ICAFÉ, 1998). Las mejores condiciones para obtener café de buena calidad está entre 1200 a 1800 msnm (FIGUEROA, 1996); la altitud adecuada en Perú se encuentra entre 1000 a 1500 msnm (BENITO, 2005). El

cultivo de café se puede cultivar en un rango altitudinal de 400 a 2000 msnm; sin embargo, para obtener la mejor calidad se requiere de altitudes entre 1200 a 2000 msnm dependiendo de la latitud (trópico o subtropical) (ICAFÉ, 1998). La humedad atmosférica o relativa adecuada para los cafés arábigos está alrededor del 60 % (BANEGAS, 2009), mientras que la precipitación para el cultivo de café adecuada está entre los rangos 1600 y 2800 mm (ICAFÉ, 1998).

El porcentaje óptimo de materia orgánica y fósforo para el cafeto está entre 2.1 a 5.7 % y 20 a 45 ppm, respectivamente (QUIJANO, 2008); un suelo ideal, debe poseer fósforo mayor de 7 ppm, potasio mayor de 300 kg/ha de  $K_2O$ , contenido en Mg, de 0.5 a 2.0 meq/100, una  $CIC_e$  mayor de 7 Cmol/kg, saturación de aluminio menor de 30 % y pH de un rango de 5.5 a 5.8, el uso excesivo de N reduce la densidad del grano y su calidad (ZAVALA, 2007). La textura, profundidad, pH, contenido de materia orgánica y fertilidad del suelo son aspectos que están directamente relacionados al rendimiento del café producido. Deficiencias de elementos como boro, hierro y fósforo influyen negativamente en la calidad de la taza del café; un exceso de nitrógeno provoca disminuciones pequeñas pero significativas en calidad de la bebida (SANTOYO *et al.*, 1996).

Los niveles de calcio y potasio en la semilla afectan la calidad del café, produciendo una bebida amarga (REGALADO, 2006). En el caso particular de la textura, se ha encontrado que suelos arcillosos provocan significativamente más defectos en los granos que los suelos con mejor textura (VAAST *et al.*, 2003).



### **2.2.2. Manejo agronómico**

El manejo del cultivo involucra los aspectos agronómicos y el control de plagas y enfermedades. El manejo agronómico comprende la siembra de los cafetos en arreglos espaciales adecuados con prácticas de la conservación de suelos, las podas, los deshierbos, el uso de coberturas vivas y de mantillo, la regulación de la sombra y fertilización buena. El control integrado de problemas fitosanitarios comprende la ejecución adecuada de las labores culturales, uso de herramientas desinfectadas en diferentes labores, la aplicación del caldo bordalés para prevenir enfermedades foliares y la protección de los cortes con pasta cúprica, cuando se recepan los cafetos o se podan arboles espaciados (COFENAC, 2005). El café madura más lentamente, por la menor temperatura producida por la sombra (SANTOYO *et al.*, 1996), la sombra en el cafetal favorece la formación de frutos de mayor tamaño, mayor peso de la cereza, mayor acidez, mejor cuerpo, mejor calidad y permite completar el período de maduración (SILES y VAAST, 2002; VAAST *et al.*, 2005; SANTOYO *et al.*, 1996).

### **2.2.3. Cosecha de café**

La cosecha de café es realizada por personas que cuidadosamente recolectan uno a uno los frutos maduros en los árboles de café y los almacenan temporalmente en recipientes adheridos en la cintura. Cuando éste se llena, se vacía a costales que son transportados por el propio operario hasta lugares de acopio o hasta la beneficiadora de café, una vez terminada la jornada. El rendimiento de un recolector de café depende de factores inherentes a él, como la técnica que utilice y su motivación, de factores

atribuibles a la plantación, como la oferta y la distribución de los frutos maduros por recolectar y, la altura de los árboles, entre otros (OLIVEROS y SANZ, 2011). La calidad de la bebida o infusión que se obtiene cuando el grano utilizado para su preparación proviene de frutos de café maduro y sano. Pero también el grado de madurez y sanidad guardan relación directa con la presencia de daño mecánico. Éste aparece en las operaciones de despulpado cuando se beneficia café inmaduro, seco en fruta o enfermo (IICA, 2010); esto significa que sólo los frutos que alcanzan su plena madurez llegan a su punto óptimo de calidad (WINTGENS, 1994). El fruto crece hasta alcanzar su madurez fisiológica, que es la condición en la que éste llega a su máximo contenido de materia seca. La respiración climatérica se inicia cuando los frutos alcanzan el máximo tamaño, razón por la cual aquellos en estado verde amarillo tienen respuesta respiratoria (MARÍN *et al.*, 2003).

#### **A. Grado de maduración del fruto de café**

Cleves y Astúa (1984), citado por IICA (2010), clasifican los grados de madurez del fruto de café en:

Fruto “Verde cele”, el grano en oro es revejido y el mal formado, manchado o negro, tiene la película plateada adherida y mayor porcentaje de bellotas que la sazón, el grano tostado en liso, es de coloración amarillenta y parcialmente manchado, ya en taza es amargo o “Quakery”, fácil de detectar en cualquier mezcla; además el fruto “Verde sazón”, el grano oro es regular, difícil de diferenciar del que es procedente del café maduro, la película plateada está parcialmente adherida, el grano tostado es liso o rugoso, en todas proporciones variables. Su coloración es dispareja, parcialmente

“Quakery”, en taza es amargo, objetable si hay más del 10 % mezclado con café de maduración; finalmente el fruto “Maduro”, el grano oro tiene buen aspecto y una coloración verde uniforme, la película plateada se desprende fácilmente, el grano tostado tiene una coloración uniforme, es oscuro y rugoso cuando procede de zonas altas y más claro y liso si es de zonas lluviosas de menor altitud y en taza es buena y con condiciones de aroma, cuerpo y acidez que son variables, según la zona de procedencia.

## **B. Cosecha selectiva**

La corta selectiva se realiza cortando los frutos de color rojo brillante, que tienen lustre y están firmes al tacto; y los frutos verdes, que todavía no están maduros, se dejan en el árbol para madurar, las cerezas que se han pasado de madurez hay que evitar. El grano deberá cogerse cuando está completamente maduro, de color rojo subido en la mayoría de las variedades y amarilla en muy pocas. El cosechador deberá desprender los frutos maduros en forma individual, cuidando de no arrancarlos con el pezón; nunca hay que desprender todos los granos de la rama con un solo movimiento de la mano porque de esa manera se destruye gran parte de las yemas florales, lo cual reducirá el rendimiento del próximo año; se deberá cosechar la fruta madura desgranando solo los frutos maduros del racimo. Se debe garantizar que el vehículo para transporte del café fruta estará completamente limpio y libre de olores extraños y sustancias que le contaminen; el transporte del fruto de café hacia la Central de Beneficiado deberá hacerse el mismo día de la recolección, lo antes posible, procurando evitar el deterioro de los frutos de café (IICA, 2010). Para preparar cafés de buena calidad es indispensable

recoger únicamente las cerezas maduras cuyo exocarpio sea de color rojo, definido puro y vivo (WILBAUX, 1964). La madurez influye en la calidad de la bebida, y en la composición química del grano (ICAFE, 2002 y SANTOYO *et al.*, 1996); el mayor daño a la calidad, es producido por los granos de cerezas verdes, en mucho menor grado por los granos de frutos pintones y sobremaduros (ICAFE, 2002; AMAYA y BARBOZA, 1995).

#### **2.2.4. Beneficio húmedo**

FISCHERSWORRING y ROBKAMP (2001) expresan que mediante el beneficiado por vía húmeda se obtiene café de mayor calidad en comparación con el procesamiento por la vía seca; además comprende cinco operaciones; recolección, despulpado, desmucilaginado, lavado y secado, estas influyen directamente en la calidad del café (PINEDA *et al.*, 2001).

##### **A. Despulpado**

Consiste en remover el epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del fruto, con el fin propiciar una aceleración del proceso de la descomposición del mucílago y así evitar el manchado del café pergamino por la dispersión de los pigmentos antocianicos presentes en el epicarpio del fruto del café, se debe realizar cuando el café está maduro y durante las primeras 8 horas posterior a la cosecha (WINTGENS, 1992).

##### **B. Desmucilaginado**

Consiste en eliminar el resto del mucílago que se quedó adherido al pergamino. El propósito de eliminación del mucilago es para facilitar el secado del grano, sin deteriorar la calidad por efectos de fermentos o

sobrefermentos. La separación del mucilago puede realizarse por fermentación natural, química y desmucilaginado mecánico (PINEDA *et al.*, 2001).

### **C. Lavado**

Tiene el propósito de eliminar las sustancias residuales del mucilago que todavía se encuentran adheridos al pergamino del café. En caso de que el café quede mal lavado pueden presentarse fermentaciones secundarias, lo que ocasionará que el café pergamino quede manchado y adquiera un mal olor (FISCHERSWORRING y ROBKAMP, 2001). Este tipo de retraso produce efectos negativos en la calidad de la bebida (PUERTA, 1999).

### **D. Secado**

Se diferencian básicamente dos tipos de secado: el natural o a sol y el secado artificial; sin embargo la mejor calidad se obtiene con el secado natural (FISCHERSWORRING y ROSSKAMP, 2001). Existen consecuencias severas al realizar un proceso inadecuado de secado tales como: un grano blanqueado o descolorido, un secado insuficiente genera un grano flojo de color gris oscuro y de consistencia blanda, suave y permite el desarrollo ulterior de microorganismos que afectan la calidad del café (WINTGENS, 1992)

### **E. Almacenaje**

El café seco, debe ser almacenado, en los lugares secos, frescos y ventilados, las mejores condiciones son 65% de humedad relativa y temperatura inferior a 15 °C, donde se evitará el deterioro por las micotoxinas (PUERTA, 2011). El aroma del café se relaciona con la frescura, almacenamiento y humedad de los granos (Katzeff, 2001; citado por

NATIVIDAD, 2011); además la acidez del café aumenta durante el almacenamiento (Coste, 1978, citado por NATIVIDAD, 2011).

### **2.3. Análisis de la calidad del café**

La calidad del café, se refiere a las características intrínsecas del grano es decir características físicas y organolépticas que inciden principalmente en el precio de venta del café. Sobre la calidad del grano de café influye a su vez en forma determinante la composición química del grano, condicionada por la constitución genética de la especie, si es *Coffea arabica* o *Coffea canephora* (FISCHERSWORRING y ROBKAMP, 2001). La calidad física del grano de café está determinada por el tamaño, color y la forma de los granos de café oro; así como, por la cantidad de defectos y materias extrañas. La calidad organoléptica se relaciona con las propiedades intrínsecas: acidez, aroma, sabor, cuerpo e impresión global de la bebida, y los defectos en taza causados por inadecuados procesos de beneficio (DUICELA *et al.*, 2010).

#### **2.3.1. Análisis físico del café**

##### **A. Café pergamino seco**

Proviene del proceso de la línea de secada en el beneficio húmedo, obteniéndose del resultado en los patios de cuatro a seis días sol y en secadoras en un proceso aproximado de 24 horas de aire desecante continuo, el buen proceso en estas dos líneas de secado dará como resultado un café parejo en secamiento, con humedad de 10 a 12 %, la coloración del pergamino es amarillo claro, limpio y con un aroma de trigo agradable (USAID, 2005); la cascarilla de café constituye un 20 % en peso del grano de café (base seca), con un contenido de humedad del 12 % (PORRES *et al.*, 1998).

## **B. Trillado del café pergamino**

El café pergamino seco es sometido a la operación de trilla, la cual consiste en separar el pergamino del café oro, esto se lleva a cabo en equipos llamados trillas o retrillas (PORRES *et al.*, 1998). Establece la cantidad necesaria de café pergamino para un lote de exportación, y así establece la calidad del café a trabajar. Para determinar el lote de café que se someterá bajo un proceso de transformación de café pergamino y convertirlo a café oro de exportación, así proporcionando un rendimiento preliminar y establecer la cantidad necesaria de café pergamino que requiere un lote de exportación (USAID, 2005).

## **C. Café verde o café oro**

Es el café que resulta de la transformación del pergamino a oro en el proceso del beneficio seco, obteniéndose de la trilla y de los equipos de clasificación por tamaño, densidad y color; su presentación tiene que ser verde homogéneo (de verde jade a verde azulado), el porcentaje de humedad para el café oro debe ser de 10 a 12 % (USAID, 2005). También significa café listo para ser tostado, ya que en otros países se conoce como café almendra, en Estados Unidos, se llama "Green Coffee" (ICAFE, 2006).

## **D. Granulometría**

Consiste en depositar el café en un equipo, que dispone en su interior de zarandas las cuales reciben el café y lo clasifica según sea el tamaño del grano, el cual puede variar desde 12/64 a 20/64 de pulgada que es el tamaño de los agujeros (Pineda *et al.*, 1998, citado por PUERTA, 1999),

todas las preparaciones es la homogeneidad en tamaño, al momento de preparar un café y determinar nuestro rendimiento neto (USAID, 2005).

#### **E. Rendimiento de café exportable**

El factor de rendimiento se define como la cantidad de café pergamino que es necesario utilizar para obtener un saco de 70 kg de café (PORRES *et al.*, 1998), el rendimiento de café oro recomendable es 76.0 a 83.0% con relación al café pergamino (USAID, 2005). El rendimiento promedio de café de exportación a partir de café pergamino en el Perú es de 70.60% (CCI, 1992; citado por OTINIANO *et al.*, 2003); el mercado internacional prefiere cafés verde, de malla N° 15 para arriba; los cafés con malla N° 14 son comercializados en el mercado nacional (CCI, 2014).

#### **F. Defectos del café verde u oro**

La Specialty Coffee Association of América (SCAA) describen los defectos en el grano como defectos primarios y categoría 1, generados en el campo y por un mal procesamiento del grano maduro de café, que pueden causar daños graves a una taza de café, y defectos secundarios o categoría 2, generados por un mal procesamiento del grano maduro de café, cuyo daño puede ser menor en una taza de café (USAID, 2005 y INDECOPI, 2003). Los defectos son imperfecciones en el aspecto exterior del grano: estos defectos son intrínsecos (granos alterados por los procesamientos agrícolas e industriales o por las modificaciones genéticas o fisiológicas) o extrínsecos (presencia y el elementos y defectos extraños en el café beneficiado) (CASTRO *et al.*, 2004).



### **2.3.2. Análisis del porcentaje de sólidos solubles del café (°Bx)**

En la industria azucarera se usa comúnmente el término Brix como un indicador de la gravedad específica representando una aproximación del total de sólidos contenidos. Brix es un término que se usó originalmente para indicar el porcentaje de sacarosa en una solución basándose en el peso. Sin embargo a la sacarosa se le adicionan contenidos de glucosa, fructuosa, rafinosa y otras numerosas sustancias orgánicas no azucaradas. La escala de los grados Brix se usa en la medición de la composición de una solución acuosa (Bellingham y Stanley, 2006, citado por CARDONA, 2010).

La concentración de sacarosa se expresa en grados Brix (°Bx), a una temperatura de 20°C, los grados Brix equivalen al porcentaje de peso de la sacarosa contenido en una solución acuosa (Paltrinieri *et al.*, 1993, citado por VALENZUELA, 2010). La forma común de obtener la concentración de grados Brix es mediante el empleo del refractómetro, el cual utiliza el fenómeno físico de la refracción para determinar así el grado de concentración de los sólidos solubles disueltos en una solución; éstos se basan bajo el principio por el cual, cuando aumenta la densidad de una sustancia el índice de refracción aumenta de forma proporcional (VALENZUELA, 2010):

#### **A. Grados Brix de los granos de café**

Los grados Brix (°Bx) del mucílago de café fresco son un indicador de la madurez del grano despulpado y en su medición durante la fermentación permite hacer seguimiento y control del proceso. Los granos de café en baba contienen cantidades variables de mucílago. La cantidad de mucílago en los frutos de café depende del estado de maduración y presenta

variaciones de cerca del 30 % para cada grado de madurez, debido a la humedad y tamaño de los frutos, así en promedio el fruto fresco verde contiene 1.3 % de mucílago, el pintón 8.4 %, el maduro entre 1 y 27 %, el sobremaduro de 1 a 23 % y en el fruto seco no hay mucílago.

En promedio, los frutos de café maduro de la especie *arábica* contienen 44 % de pulpa, 45 % de café pergamino y 11 % de mucílago; igualmente, los granos de café maduros despulpados contienen mayor cantidad del mucílago (18.8 %), los pintones 14.9 % y los sobremaduros 17.7 %. Los grados Brix del mucílago de café fresco varían según el estado de maduración. En promedio, el mucílago del café pintón contiene menos grados Brix (14.1 %) que el maduro (17.1 %) y sobremaduro más que el maduro (20.1%). El promedio de densidad del mucílago del fruto pintón es menor que sobremaduros y maduros; la densidad del mucílago disminuye durante la fermentación, pero estos cambios no son significativos para ningún estado de madurez (PUERTA, 2012).

### **2.3.3. Análisis sensorial o catación del café**

La catación es la prueba de calidad, para el comprador/consumidor y una información retroalimentaria para el productor (BANEGAS, 2009). A través de la cata se revelan las características distintivas de cada café, el catador usualmente observa la consistencia y la similitud en las muestras del café (LARA, 2005). El café tostado es producto de someter el café oro, al calor que transforma los almidones a azúcares (USAID, 2005).

#### **A. Fragancia del café tostado molido**

Sensación que producen los compuestos volátiles del café cuando son percibidos por el sentido del olfato sin la adición del agua. Se puede detectar algunos defectos, y con notas particulares (BANEGAS, 1999).

#### **B. Aroma del café tostado molido**

Es una característica que describe la impresión olfativa general de las sustancias volátiles de un café. Esta cualidad se relaciona con la fragancia que desprende la bebida. Un aroma delicadamente fino, fragante y penetrante es la manifestación de una calidad superior (DUICELA *et al.*, 2010).

#### **C. Cuerpo de la bebida del café**

El término cuerpo es utilizado para describir la sensación del café en la boca básicamente, se determina al deslizar suavemente la lengua (Lingle, 1999; citado por BANEGAS, 1999). Define el contenido de sólidos, mayor o menor consistencia (CLEVES y ASTÚA, 1998).

#### **D. La acidez de la bebida del café**

Es una característica que describe la impresión gustativa causada por soluciones diluidas de la mayoría de ácidos (cítrico, tartárico, etc.) presentes en la bebida. Aquellos cafés arábigos que se muestran con una alta acidez son considerados de calidad superior (DUICELA *et al.*, 2010).

#### **E. El sabor de la bebida del café**

El sabor es una característica que describe la combinación compleja de los atributos gustativos y olfativos percibidos en la bebida durante la catación (DUICELA *et al.*, 2010), esto permite generar una sensación particular vinculada a un sabor preconcebido (BANEGAS, 1999).

#### **F. Posgusto o sabor residual de la bebida del café**

El sabor residual es la permanencia del sabor en el paladar después de haber expulsado el café de la boca, éste puede ser agradable dejando un sabor dulce y refrescante (USAID, 2005), pueden ser agradables o desagradables dependiendo del almacenamiento (BANEGAS, 1999).

#### **G. Balance de la bebida del café**

Es la combinación de los atributos de acidez, cuerpo y sabor, cuando se presentan cafés limpios y sanos (USAID, 2005), el modo por el cual el sabor, resabio, acidez y cuerpo trabajan juntos, se complementan o desentonan entre sí, la calificación se reduce la muestra sí carece de atributos, sí algunos de ellos predominan o dominan exageradamente sobre los demás (NORMA MEXICANA, 2009).

#### **H. Apreciación general de la bebida del café**

Es la impresión general, se acepta o rechaza de la calidad del café, está relacionada con las propiedades percibidas por el sentido del olfato y gusto (Duicela *et al.*, 2004, citado por NATIVIDAD, 2011); la impresión global de la bebida permite valorar el conjunto de las características organolépticas: aroma, acidez, sabor y cuerpo (DUICELA *et al.*, 2010). El catador refleja el grado de integración holística de la muestra tal como lo percibe (NATIVIDAD, 2011).

#### **I. Dulzor**

Se refiere al sabor básico dulce que está presente de manera natural en las semillas de café provenientes de frutos que alcanzaron plena madurez, resultado de la presencia de ciertos carbohidratos (NORMA

MEXICANA, 2009); no todos los cafés presentan esta característica, se observa con más intensidad en los cafés de altura (USAID, 2005).

#### **J. Uniformidad**

Se refiere a la consistencia de sabor entre las distintas tazas que se prueban para una misma muestra (NORMA MEXICANA, 2009). La uniformidad entre distintas tazas de una sola muestra, puede ser uniforme tanto por atributos y características, como en defectos y/o contaminaciones, el catador la puede catalogar como positiva o negativa (USAID, 2005).

#### **K. Taza limpia**

Se refiere a la ausencia de impresiones negativas, desde el primer sorbo hasta que se extingue el resabio, al evaluar este atributo, cualquier sabor o aroma que no sea una característica típica del café descalificará una taza individual (NORMA MEXICANA, 2009).

### **2.3.4. Cafés especiales y la Norma Técnica de Café Peruano (NTP)**

El balance entre la acidez, el cuerpo y aroma y, las características de sabor propias y únicas de los cafés especiales, se distinguen por presentar sabores y los aromas agradables que lo distinguen del resto de cafés; además los cafés especiales son aquellos cafés que por su origen, variedad y consistencia en sus propiedades físicas, sensoriales y en sus prácticas culturales se distinguen del común de los cafés; motivos por los cuales son apreciados en el mercado (INDECOPI, 2003). Para la Specialty Coffee Association of América (SCAA) el café especial en grano verde alcanza 80 puntos a más en taza y con un máximo de ocho defectos (MDVR, 2010).

Los cafés especiales peruanos deberán cumplir con los siguientes requisitos: a) Clasificar dentro de la Categoría Grado 1 de acuerdo a la NTP 209.027; b) No contener los defectos primarios; c) Granulometría: Máximo 5% por debajo y 5 % por encima de la malla especificada, considerando como malla mínima especificada el tamiz 16. Se realizará según NTP-ISO 4150; d) Contar con un perfil de taza muy bien definido y mantenerlo constante en el tiempo; e) Mantener una homogeneidad en cada lote (INDECOPI, 2003).

## **2.4. La roya amarilla (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) del café**

### **2.4.1. Generalidades de la roya amarilla del cafeto**

La roya amarilla del café es una enfermedad causada por el patógeno *Hemileia vastatrix*, un hongo que pertenece a la familia Puccineaceae, orden Uredinales, clase Basidiomycetes. Se le considera un parásito obligado, ya que se desarrolla únicamente en tejido vivo de su planta hospedera, en este caso las hojas del cafeto. Inicialmente, sus síntomas se manifiestan con la aparición de pequeñas lesiones o manchas redondas, color amarillo pálido y de 1 a 3 mm de diámetro. Esta mancha es traslúcida, luego gradualmente esta mancha aumenta de tamaño al iniciarse la esporulación y puede alcanzar los 2 cm de diámetro, se torna de color naranja y la superficie se vuelve polvosa. Estas son abundantes, se desprenden fácilmente formando una ligera nube color naranja. Si existen manchas, estas crecen y ya al unirse unas con otras cubriendo toda la hoja y provocan su caída (ICAFÉ, 2013).

La severidad de las epidemias se debe, en parte, a que las esporas del hongo son transportadas por el viento y la lluvia (Rayner, 1961, citado por MORENO, 2004). El tiempo desde que una espora germina y

penetra invadiendo los tejidos internos de la hoja hasta que se forman las manchas con esporas puede tardar entre los 20 y 40 días (ICAFÉ, 2013). El hongo *H. vastatrix* necesita condiciones muy particulares para parasitar las hojas de la planta de café. En especial, requiere de la salpicadura de la lluvia para iniciar su proceso de dispersión entre hojas y entre plantas, así como de la presencia de una capa de agua en el envés de las hojas para germinar, y de temperaturas entre 16 y 28 °C bajo brillo solar (RIVILLAS *et al.*, 2011).

#### **2.4.2. Efecto de la roya amarilla en la producción y calidad del café**

Esta enfermedad está íntimamente ligada al desarrollo fisiológico del cultivo del café. Debido a la ausencia de resistencia genética en las variedades, la roya causa una fuerte defoliación en la planta de café, y se traduce en disminuciones importantes de la producción. En ausencia de las medidas de control, la roya puede llegar a disminuir la producción hasta en un 23 % (RIVILLAS *et al.*, 1999). La variedad Caturra, es un material vegetativo que por su genotipo se comporta como susceptible (ICAFÉ, 2013). Principalmente afecta hojas maduras y cuando el ataque es severo puede infectar hojas jóvenes, según el nivel de daño puede ocasionar defoliación intensa. Además de ello, como efecto secundario impide el llenado y maduración de los frutos, lo cual ocasiona pérdidas en la producción y reduce los ingresos económicos (PAPPA y CALDERÓN, 2013). En un año considerado de epidemia severa, con una tasa diaria de infección mayor a 0.19 %, existe una relación directa entre la infección ocurrida durante el período de llenado de frutos (a partir de tres meses de ocurrida la floración principal) y la disminución de la producción (RIVILLAS *et al.*, 2011).

Cuando la tasa diaria de crecimiento del hongo estaría entre los 60 y 90 días después de la floración principal y un nivel de roya mínimo entre 11 y 17 %, se producirá disminución o reducción de la producción de café de ese año en aproximadamente 4.3 quintales de café pergamino seco. Con esta tasa de la epidemia, para el segundo año la reducción de producción sería de 450 kg de café pergamino seco. Así mismo, al momento de comercializar el café, es mayor la cantidad de café de menor tamaño y con defectos lo cual hace que el porcentaje de almendra sana disminuya, por lo que el caficultor recibe un precio menor al del café de mejor rendimiento y, adicionalmente, no recibe incentivo por calidad (RIVILLAS *et al.*, 2011).

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA - Perú) revela el grave daño que han sufrido las áreas cafetaleras por la roya y la amenaza que esto significa para la cosecha del 2014. El documento indica que el año pasado la roya amarilla afectó al 34 % de los cafetos. El índice promedio de afectación en Junín fue de 48 % (JNC, 2013). La superficie total de café es 107,904.00 ha, la superficie afectada por roya es 80,927.89 ha, y el nivel de incidencia de roya es 70.64 %, en la región Junín (SENASA, 2013; citado por MINAG, 2014); se estimó que Perú produciría al cierre del 2013 aproximadamente 5.6 millones de quintales de café, por debajo de los 7.5 millones de quintales producidos anteriormente (MINAG, 2014).



### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Campo experimental**

##### **A. Ubicación**

El trabajo de investigación se realizó en el Fundo “San Vicente” de propiedad de la señora Raquel Villa Loayza, ubicado en el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo y región de Junín; donde la temperatura promedio anual fue 25 °C, precipitación anual de 2000 mm y porcentaje de humedad anual de 75.0 %.

La ubicación geográfica del predio es la siguiente:

- 0469926 m. E
- 8813283 m. N
- Altitud: 1450 msnm.

##### **B. Historia del campo experimental**

El cafetal cuenta con 25 hectáreas de café, con diversidad de variedades como Típica, Catimor, Pache, Bourbón y Caturra Roja; la variedad Caturra Roja, La plantación lleva en promedio 10 años de instalada, y se eligió el lote de una (01) hectárea de la variedad Caturra Roja para el presente estudio, el análisis físico y químicos de la muestra de suelo realizado por el Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, cuyos resultados se muestran en el Cuadro 1.

Los análisis indican que el suelo es de textura arcillosa, muy ácido, materia orgánica bajo, nitrógeno bajo, contenido medio de fósforo y alto contenido de potasio.

**Cuadro 1.** Características físicas y químicas del suelo de la parcela de café variedad Caturra Roja.

<b>Características</b>	<b>Valores</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Método empleado</b>
Clase textural (%)	35		
Arena	45	Arcillosa	Hidrómetro
Limo	20		
Arcilla			
pH (1/1)	4.93	Muy ácido	Potenciómetro
Materia orgánica (%)	1.57	bajo	Walkley y Black
Nitrógeno (%)	0.7	Bajo	%M.O. x .45
Fósforo disponible (ppm)	1.84	Medio	Olsen Modificado
Potasio disponible (kg/ha)	320.81	Alto	Ácido sulfúrico 6 N

### **C. Características meteorológicas**

En el Cuadro 2, se muestra los datos meteorológicos en los meses de evaluación del experimento, dónde la media de temperatura fue 25.28 °C, la media de humedad relativa fue 84.47 % y precipitación promedio fue 153.67 mm.

**Cuadro 2.** Datos meteorológicos.

<b>Meses</b>	<b>Temperatura °C</b>			<b>Humedad relativa (%)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>
	<b>Máx.</b>	<b>Mín.</b>	<b>Media</b>		
Mayo	33.20	17.00	25.10	85.64	249.00
Junio	33.50	18.60	26.05	84.25	140.00
Julio	33.20	16.20	24.70	83.53	72.00
Promedio	33.30	17.27	25.28	84.47	153.67

Fuente: SENAAMI (2013).

### 3.2. Componentes en estudio

**A. Café variedad Caturra Roja:** Planta de porte bajo, eje principal grueso poco ramificado, con ramas secundarias abundantes y con entrenudos cortos; con granos de cafés pintones, maduros y sobremaduros.

**B. Tipo de cosecha:** En la cosecha del grano se cosecharon granos completamente maduros (cosecha selectiva), como también se cosecharon granos pintones maduros y sobremaduros (cosecha no selectiva).

**C. Roya amarilla del café:** Se evaluó la incidencia de la enfermedad roya amarilla y su efecto en la calidad física y sensorial del café.

### 3.3. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se describen el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	Descripción
T <sub>1</sub>	Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya
T <sub>2</sub>	Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya
T <sub>3</sub>	Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya
T <sub>4</sub>	Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya

### 3.4. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado para esta investigación fue el Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento. Las características que fueron evaluadas en el experimento fueron sometidas al análisis de variancia y a la prueba de significación estadística de Tukey al nivel de  $\alpha = 0.05$ .

**A. Modelo aditivo lineal:**

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

**Dónde:**

$Y_{ij}$  = Es la respuesta obtenida en al j-ésimo repetición, al cual se le aplicó el i-ésimo tratamiento.

$\mu$  = Efecto de la media general.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$\epsilon_{ij}$  = Efecto aleatorio del error experimental en la j-ésimo repetición de la i-ésimo tratamiento.

**Para:**

$i$  = 1, ..., 4 Tratamientos.

$j$  = 1, ..., 4 Repeticiones.

**B. Análisis de variancia**

En el Cuadro 4, se presenta el esquema del análisis de variancia.

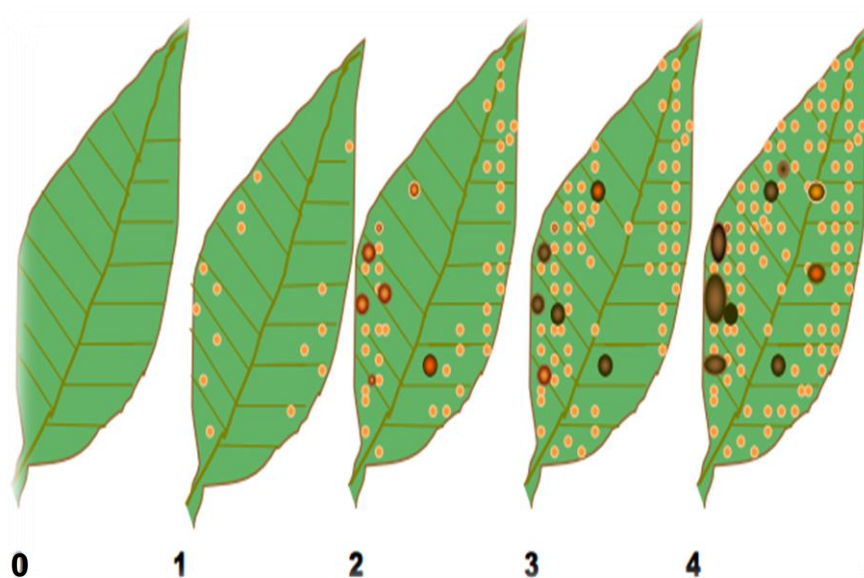
**Cuadro 4.** Esquema del análisis de variancia.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Esquema</b>	<b>Grados de libertad</b>
Repeticiones	$r-1$	3
Tratamientos	$t-1$	3
Error experimental	$(t-1)(r-1)$	9
Total	$tr-1$	15

### 3.5. Ejecución el experimento

#### 3.5.1. Cosecha de granos

En la parcela “San Vicente” donde se encontraba instalada 1.0 ha de café variedad Caturra Roja, la mitad de hectárea (0.5 ha) fue infestada con la enfermedad roya amarilla del café y la otra mitad (0.5 ha) no fue infestada con la enfermedad roya amarilla de café y, posteriormente se procedió a realizar la cosecha selectiva y cosecha no selectiva, en ambas parcelas.



**Figura 1.** Grado de calificación de la roya amarilla, según el ataque a la hoja.  
Fuente: SENASA (2003)

#### 3.5.2. Evaluación el grado de roya amarilla

En la parcela de 0.5 ha que ha sido infestada con roya amarilla, fueron seleccionadas 30 plantas al azar para hallar el grado de predominancia de la roya amarilla por planta, que es el índice de intensidad de daño de acuerdo por SENASA. Para medir la severidad de la roya amarilla se utilizó la escala propuesta por SENASA (2003) (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Escala de severidad de acuerdo al área foliar afectada.

<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>
0	Sano o sin síntomas visibles.
1	Síntomas visibles llegando al 1 a 5 % del área total sana.
2	Las manchas empiezan a unirse llegando a ocupar del 6 al 20% del área sana.
3	Las hojas comienzan a necrosarse de manera muy notoria, está afectando del 21 al 50 % del área sana.
4	Mayor al 50 % del área foliar se encuentra afectada.

SENASA (2003).

Para hallar el grado de incidencia se escogió tres ramas de la parte baja, media y alta. Recolectando un mínimo de diez hojas, para ello se rodeó toda la planta y se clasificaron en la escala de severidad (0, 1, 2, 3, 4) que se encuentra la hoja, según los síntomas observados.

### **3.5.3. Cosecha selectiva y no selectiva**

La recolección de los granos de café se realizó en la etapa de mayor producción, llamada “cosecha plena”. Las plantas fueron seleccionadas, en ambas parcelas de café Caturra Roja, en una que fue infestada con roya amarilla del café, y la otra que no fue infestada, en ambas parcelas de café se realizó la cosecha selectiva, que consistió en la recolección de los granos completamente maduros, granos de color rojo, los que se recibieron en una canasta de paja y luego fueron guardados en un costal de polietileno con una capacidad de 40 kg., además se realizó la cosecha no selectiva, donde se hizo la recolección de los granos de café que presentaban colores pintón, maduro y sobremaduros, que también se recibieron en una canasta de paja y guardados en un costal de polietileno con capacidad de 40 kg.

### 3.5.4. Evaluación de los grados Brix

En el momento de la cosecha de café en ambas parcelas se cosechó granos de café de acuerdo a su estado de maduración, verde, pintón, maduro y sobremaduro, se seleccionó 100 granos por cada estado de maduración, en ambas parcelas. Mediante un refractómetro, el mucílago de los granos de café en estado verde, pintón, maduro y sobremaduro, fue utilizado para la medición de los grados Brix, es decir la cantidad de sacarosa que está presente en cada estado de maduración. Una vez realizada la evaluación de los grados Brix de los granos de café por estado de maduración, los resultados obtenidos fueron anotados de acuerdo a la influencia de la roya amarilla en la concentración de azúcares del grano de café (Cuadro 6). Para el análisis estadístico de dos tratamientos y demostrar si existe significancia entre ambos se utilizó la prueba de medias T Student con un nivel de  $\alpha = 0.05$ .

**Cuadro 6.** Comparación de los grados Brix en cada estado maduración del grano respecto al efecto de la roya amarilla.

<b>Claves</b>	<b>Nombre de los tratamientos</b>
T <sub>1</sub>	Caturra Roja sin roya amarilla
T <sub>2</sub>	Caturra Roja con roya amarilla

**Fuente:** Elaboración propia.

### 3.5.5. Beneficio húmedo de las muestras

El lugar de beneficio húmedo de café, dónde las muestras de café cerezo, fueron despulpadas inmediatamente después de la cosecha, los granos despulpados han sido recepcionados en bandejas de polietileno con capacidad de 80 L por tratamiento. Todas las muestras (café pergamino húmedo),

pasaron por un proceso de fermentación de café, por promedio de doce horas, hasta que los granos no tenían mucílago (grano áspero al tacto); posteriormente las muestras fueron lavadas con agua limpia, e inmediatamente secadas naturalmente (solar), en parihuelas, se secaron las muestras, por un promedio de cinco días. Mediante la prueba visual se determinó el secado correcto del café, el grano de café verde, alcanzó un porcentaje de humedad de grano de 10 a 12 %, dónde obtenía un color azul verde, para mayor veracidad fueron comprobadas por un higrómetro en el laboratorio de calidad de Café. Las muestras secas (café pergamino seco) con un 10 a 12 % de humedad, se separaron con claves y guardadas en costales de polietileno por tres meses en un lugar fresco, para el respectivo análisis de calidad.

### **3.5.6. Análisis de la calidad física del café**

El análisis físico se realizó de acuerdo al método de clasificación estándar de la Speciality Coffee Association of América (SCAA), primero se realizó el trillado (expulsión de la cascarilla) a cada tratamiento (400.0 g de café pergamino), y se pesó el café verde puesto en un recipiente de polietileno, en una balanza digital (Gramera), luego el café verde u oro de cada tratamiento con su repetición, fueron clasificados por tamaño; para ello se utilizaron los tamices con agujeros que retiene los granos de mayor tamaño sobre una medida determinada y así dejando pasar los granos pequeños (Cuadro 7), donde los granos retenidos en las mallas N° 20, 19, 18, 17 y 16, son considerados como café exportable, y los granos retenidos por las mallas N° 15, 14, 13 y 12, son considerados como café de segunda.



**Cuadro 7.** Clasificación del tamaño del grano según norma ISO – 4150 “Green coffee - Size analysis - Manual sieving Green coffee” (IICA, 2010).

Calidad	Nº de tamiz	Dimensiones ISO (mm)
Café de exportación	20	8
	19	7.5
	18	7.1
	17	6.7
	16	6.3
Café de segunda	15	6
	14	5.6
	13	5
	12	4.75

Basadas en reglas de la SCAA, se calculó el porcentaje de: humedad, café pilado o pajilla, grano exportable, para las mallas (18, 17, 16, 15, 14 y 13), de defectos, descarte, rendimiento exportable mediante la siguiente formula:

$$\text{Rendimiento exportable} = (100 - \% \text{ cascarilla} - \% \text{ descarte} - \% \text{ defecto})$$

### **3.5.7. Análisis de la calidad organoléptica del café tostado**

Se realizó el análisis organoléptico por un panel de catadores del Laboratorio de Control de Calidad de Central de Productores de Pichanaki, contando con cuatro catadores Q grader, haciendo uso el protocolo de catación, adaptado a la metodología desarrollada por el Coffee Quality Institute (CQI): 250 g de café pergamino seco fue trillado y se obtuvo café verde para ser tostado un día antes de la catación, sin defectos, se realizó únicamente granos del tamiz (15 a 20), para obtener uniformidad en el tueste, además el tiempo de tostado fue de aproximadamente de 9 a 12 minutos, obteniendo un color marrón y olor adecuado, luego molió 11 g por cada taza y por separado, a

cuatro catadores se dio únicamente tazas con códigos, se realizó en mesas donde se encontraron las tratamientos, con cinco pírex de seis onzas por muestra, a cada pírex se le colocó 8.25 g de café tostado molido, luego se colocó en el café molido aproximadamente cinco onzas (150 ml) de agua caliente a temperatura entre 94°C, se esperó un lapso de tres a cinco minutos, y para las posteriores evaluaciones; además se evaluaron los atributos del café fragancia y aroma, luego se esperó tres minutos para calificar atributos como: acidez, cuerpo, sabor, posgusto, balance, apreciación general.

### **3.6. Parámetros a evaluar**

#### **3.6.1. Índice de incidencia de daño (% IID)**

Se tomó 10 hojas de cafés, las hojas fueron separadas de acuerdo al grado de severidad de infestación de roya amarilla (Cuadro 4), estos fueron sometidos a un diseño completamente al azar, para comprobar la significancia entre grados de severidad, respecto al número de hojas (Figura 1). Para evaluar el porcentaje de índice de incidencia (% IID) se usó la siguiente fórmula:

$$\text{IID} = \frac{\sum \# (\text{GRADO}) \times \text{N}^\circ \text{ hojas con cada grado}}{\text{N}^\circ \text{ GRADOS MAYOR} \times \text{N}^\circ \text{ hojas evaluadas}}$$

#### **3.6.2. Grados brix (%) por estado de maduración del café cerezo**

La concentración de sólidos solubles existentes en los granos de café por cada estado de maduración, verde, pintón, maduro y sobremaduro, de la parcela sin roya amarilla, fueron comparadas con la parcela con roya amarilla y de esta forma comprobar, el efecto de la roya amarilla en el café. Se realizó usando un refractómetro, que consistió en extraer el jugo del fruto y

colocar en el medidor del refractómetro, cuya lectura se anotó para sacar promedio de cinco muestras en cada estado de maduración.

### 3.6.3. Calidad física del grano de café

Realizada la granulometría del café oro de los cuatro tratamientos el peso y porcentaje obtenido que café oro retenido en las distintas mallas. Para determinar la calidad del grano de café oro, se tomó 350 g de la muestra y se pasó por mallas granulométricas según la SCAA (Speciality Coffee Association of América) para su posterior calificación y análisis (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Granulometría para análisis físico de café pergamino.

<b>Granulometría</b>			
<b>Malla N°</b>		<b>Peso (g)</b>	<b>%</b>
20		x	x
19	Por especiales	x	x
18		x	x
17		x	x
16		x	x
15		x	x
14		x	x
13			
12	Descarte	x	x
0			
Cascarilla		x	x
Defectos		x	x

X: Peso o porcentaje de café oro.

### 3.6.4. Calidad sensorial del café tostado

Las calificaciones de la Municipalidad Distrital de Villa Rica (2012) de cuatro catadores fueron anotadas en el formato del Coffee Quality Institute (CQI) en un rango de 0 a 10 puntos.

**Cuadro 9.** Escala de calificación para atributos sensoriales de café del CQI.

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

Los puntajes por debajo de los 5.75 puntos, se les atribuye como regulares, pésimos, malo, muy malo. Finalizado las calificaciones individuales se procedieron a sumar las calificaciones por atributos y dando como resultado el puntaje final de cada tratamiento, clasificados según los cuadros siguientes por parte de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria LTDA., Tingo María.

**Cuadro 10.** Escala de evaluación de las características sensoriales.

Descripción	Calificación	Puntaje
Taza de excelencia	AAA	≥ 88
	AA	84 a 87
	A	80 a 83
Taza limpia		76 a 79
Taza mala		≤ 75

**Cuadro 11.** Clasificación según la Specialty Coffee Association of América.

<b>Puntaje total</b>	<b>Descripción de la especialidad</b>	<b>Clasificación</b>
95-100	Ejemplar o único	Especialidad Súper Premio
90-94	Extraordinario	Premio a la Especialidad
85-89	Excelente	“Especialidad”
80-84	Muy Bueno	“Premio”
75-79	Bueno	Calidad Usual Buena
70-74	Pasable	Calidad Media
60-70	XXX	Grado de Cambio
50-60	XXX	Comercial
40-50	XXX	Abajo del grado
<40	XXX	Fuera de grado

**Fuente:** Municipalidad Distrital de Villa Rica (2010)

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Índice de incidencia de daño (% IID) de la roya amarilla del café

En el Cuadro 12, se presenta el porcentaje de índice de incidencia de daño (% IID) de roya amarilla en la parcela de 0.5 ha de café variedad Caturra roja en la parcela de investigación, dónde el promedio de % IID fue 60.40 %, con promedio de 0.07, 1.03, 1.40, 3.63 y 3.87 hojas para el Grado 0, Grado 1, Grado 2, Grado 3 y Grado 4, respectivamente.

**Cuadro 12.** Índice de incidencia de daño (% IID) de roya amarilla del café.

Repeticiones	Número promedio de hojas por grado					% IID
	0	1	2	3	4	
1	0.00	1.00	1.50	3.67	3.83	60.67
2	0.00	1.17	1.67	2.67	4.50	61.00
3	0.17	1.00	1.00	4.33	3.50	60.00
4	0.17	1.00	1.67	3.33	3.83	59.33
5	0.00	1.00	1.17	4.17	3.67	61.00
Promedio	0.07	1.03	1.40	3.63	3.87	60.40

**Fuente:** Elaboración propia.

En el Cuadro 13, se muestra el resumen del análisis de variancia de la característica Índice de incidencia de daño, observándose así que para los tratamientos existen diferencias altamente significativas entre grados de incidencia; además el coeficiente de variabilidad es 18.71 %, indicando que existió una buena homogeneidad entre sus unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 13.** Resumen del análisis de variancia el número de hojas por grado de incidencia de roya amarilla del café.

Fuente de variación	G. L.	S.C.	C.M.	F cal	Sig.
Tratamiento	4	55.92	13.98	99.86	AS
Error experimental	20	2.80	0.14		
Total	24	58.72			

C.V: (%) 18.71

AS : Diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.

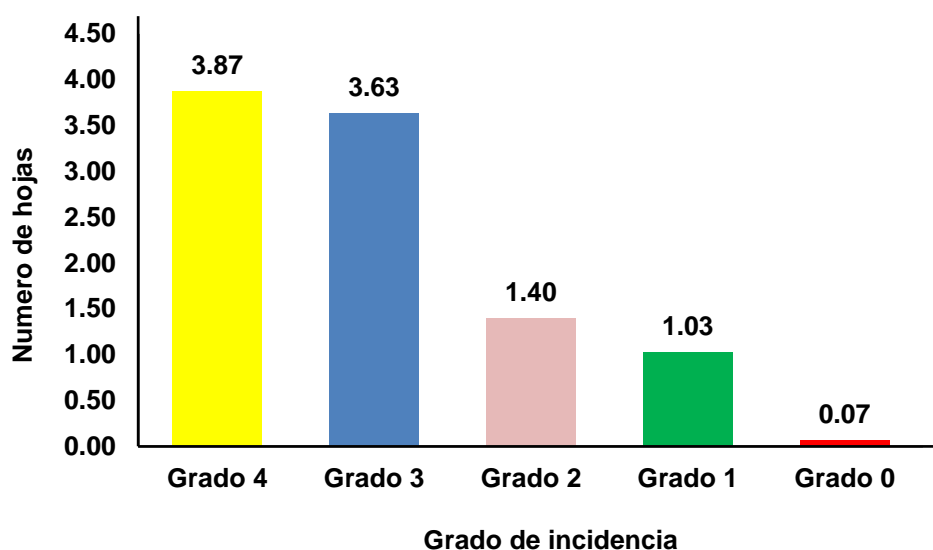
C.V : Coeficiente de variabilidad.

En el Cuadro 14, se presenta la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) para el número promedio de hojas por grado de incidencia de roya.

**Cuadro 14.** Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha=0.05$ ) para el número de hojas por grado de incidencia de roya amarilla del café.

% IID en diez hojas de una planta de café		
Grado de incidencia	Promedio	Significancia
Grado 4	3.87	a
Grado 3	3.63	a b
Grado 2	1.40	c
Grado 1	1.03	c d
Grado 0	0.07	e

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.



**Figura 2.** Número promedio de hojas por grado de incidencia de roya.

El porcentaje promedio de índice de incidencia de daño es 60.40 % (Cuadro 12), evaluadas en 30 plantas de café variedad Caturra roja, en 0.5 ha de superficie, éste % IID obtenido bajo estas condiciones, es muy superior al reporte de MONTES *et al.* (2012), en Cauca, Colombia, dónde la incidencia e infestación superaron significativamente el umbral de daño económico (5 %) para la roya amarilla fue de 14.7 %; bajo este reporte, se puede considerar que el % IID de roya amarilla en la parcela de investigación, supera significativamente el umbral de daño económico.

Algunas variedades comerciales susceptibles de principales zonas cafetaleras de México, presentan una severidad en hojas infestadas (> 30 %) (Cristancho *et al.*, 2012, citado por SENASICA, 2013); bajo estas condiciones la variedad Caturra ha presentado 60.40 % IID, presentado alta susceptibilidad a este hongo, reduciendo la concentración de azúcar (Cuadro 16), calidad física (Cuadro 19) y calidad sensorial (Cuadro 26). Estadísticamente el mayor número de hojas, de diez hojas evaluadas se presentan con Grado 3 y 4 de incidencia de roya amarilla con 3.87 y 3.63 hojas, estadísticamente el Grado 0 sólo en promedio es 0.07 hojas, en Grado de 2 y 1 de incidencia el promedio de hojas es 1.40 y 1.03 respectivamente, indicando así que tres hojas en promedio estén en Grado 3 y 4 de incidencia de roya amarilla de café puede superar 50 % IID.

#### **4.2. Grados brix del fruto del café**

En el Cuadro 15, se muestra el resumen del análisis de la prueba de T Student de las características grados Brix de los frutos de café verde, pintón, maduro y sobremaduro, observándose la comparación de dos tratamientos,



dónde los grados de libertad en común para todas las características evaluadas fue 6, con un valor de T tabulado ( $\alpha= 0.05$ ) para todas las características de 2.33 y obteniendo un valor de T calculado de todas las características evaluadas de 2.33, 9.55, 10.73, 14.16, respectivamente, dónde sólo el T calculado obtenido en la característica grados brix de grano verde es menor al T tabulado, lo que indica que no existe significancia entre las medias; en las demás características el T calculado fue mayor al T tabulado.

**Cuadro 15.** Prueba de T Student para las características del grados Brix de los frutos verde, pintón, maduro y sobremaduro del café.

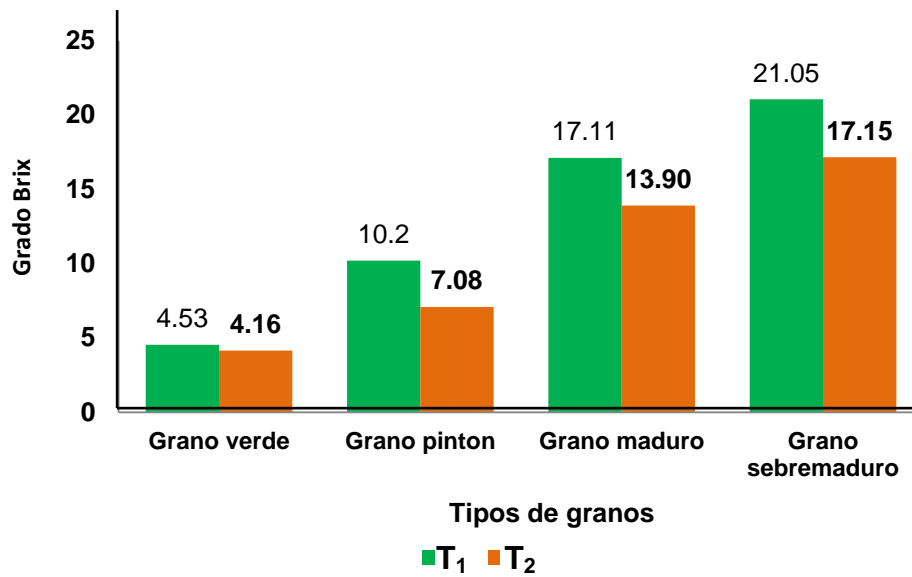
Fuente de variación	Grano verde		Grano pintón		Grano maduro		Grano sobremaduro	
	Valor	Sig.	Valor	Sig.	Valor	Sig.	Valor	Sig.
Tratamientos	2	NS	2	S	2	S	2	S
Desviación estándar	0.23		0.46		0.42		0.39	
Grados de libertad	6		6		6		6	
Valor $T_0$	2.33		9.55		10.73		14.2	
$T_{(0.05, 6)}$	2.45		2.45		2.45		2.45	

S : Diferencias significativas al 5 % de probabilidad.  
 NS : No existe significancia.

**Cuadro 16.** Prueba de comparación de medias T Student ( $\alpha=0.05$ ) de la característica grados Brix del grano verde, pintón, maduro y sobremaduro.

Clave	Grano verde		Grano pintón		Grano maduro		Grano sobremaduro	
	°Brix	Sig.	°Brix	Sig.	°Brix	Sig.	°Brix	Sig.
T <sub>1</sub>	4.53	a	10.2	a	17.11	a	21.05	a
T <sub>2</sub>	4.16	a	7.08	b	13.90	b	17.15	b

S: Existe significancia al 5 % de probabilidad.  
 NS: No existe significancia.  
 T<sub>1</sub>: Caturra roja sin roya amarilla.  
 T<sub>2</sub>: Caturra roja con roya amarilla.



**Figura 3.** Grados Brix del grano verde, pintón, maduro y sobremaduro.

En el Cuadro 16 y Figura 3, se muestra la prueba de T Student ( $\alpha= 0.05$ ) para las características de los grados Brix de frutos de café verde, pintón, maduro y sobremaduro, observándose que para la características grados Brix del grano verde, no muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos T<sub>1</sub> (Caturra Roja sin roya amarilla) y T<sub>2</sub> (Caturra Roja con roya amarilla); por lo tanto el tratamiento T<sub>1</sub> es estadísticamente mayor grados Brix que el tratamiento T<sub>2</sub> en los estados de maduración pintón, maduro y sobremaduro con 10.2, 17.1 y 21.1 °Brix respectivamente, que el tratamiento T<sub>2</sub> (Caturra roja con roya amarilla) obteniendo los grados Brix para esos estados de maduración 7.1, 13.9 y 17.2 °Brix respectivamente, no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos para el estado de maduración verde, dónde el tratamiento T<sub>1</sub> obtuvo 4.53 °Brix y el tratamiento T<sub>2</sub> con 4.16 °Brix; sin embargo aritméticamente el tratamiento T<sub>1</sub> fue mayor en °Brix que el tratamiento T<sub>2</sub> (Cuadro 16). La roya afectó la concentración de azúcar en cada estado de

maduración del grano, reduciendo así en comparación a un grano sano y libre de roya (Figura 3).

Para medir los grados Brix, se presionó fuertemente el grano para generar una solución acuosa que vendría hacer el mucílago, para medir los grados Brix se usa en la medición de la composición de una solución acuosa (Bellingham y Stanley, 2006; citado por CARDONA, 2010); además el mucílago del café variedad caturra roja del grano pintón contiene 10.2 °Brix, menor a los reportado por PUERTA (2012), que el mucílago del café pintón contiene 14.1 °Brix. Aritméricamente los grados Brix en el grano maduro (17.11) y sobremaduro (21.05) libre de roya amarilla, es igual y mayor a lo que reporta PUERTA (2012), que el grano maduro y sobremaduro contiene 17.1 y 20.1 °Brix respectivamente; como se muestra los grados Brix varían para cada estado de maduración, tanto cuando el grano de café es sano, o es atacado por la roya amarilla, sin embargo el efecto de la roya amarilla, reduce la concentración de mucílago del café.

#### **4.3. Calidad física del café variedad Caturra Roja**

En el Cuadro 17, se muestra el resumen del análisis de variancia para las características porcentaje de cascarilla, descarte, defectos y de rendimiento de grano exportable, observándose que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en las cuatro características. El coeficiente de variabilidad de las cuatro características es 0.67, 4.70, 4.12 y 0.19 % indicando una excelente homogeneidad entre las unidades experimentales de los tratamientos en estudio.

**Cuadro 17.** Resumen del análisis de variancia para las características porcentaje de cascarilla, descarte, defectos y rendimiento exportable en 400.0 g de café pergamino.

Porcentaje de:									
F.V.	GL	Cascarilla		Descarte		Defecto		Rendto.	
		c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.
Trat.	3	0.001	AS	0.002	AS	0.002	AS	0.005	AS
Error exp.	12	0.001		0.001		0.001		0.001	
Total	15								
C.V: (%)		0.67		4.7		4.12		0.19	

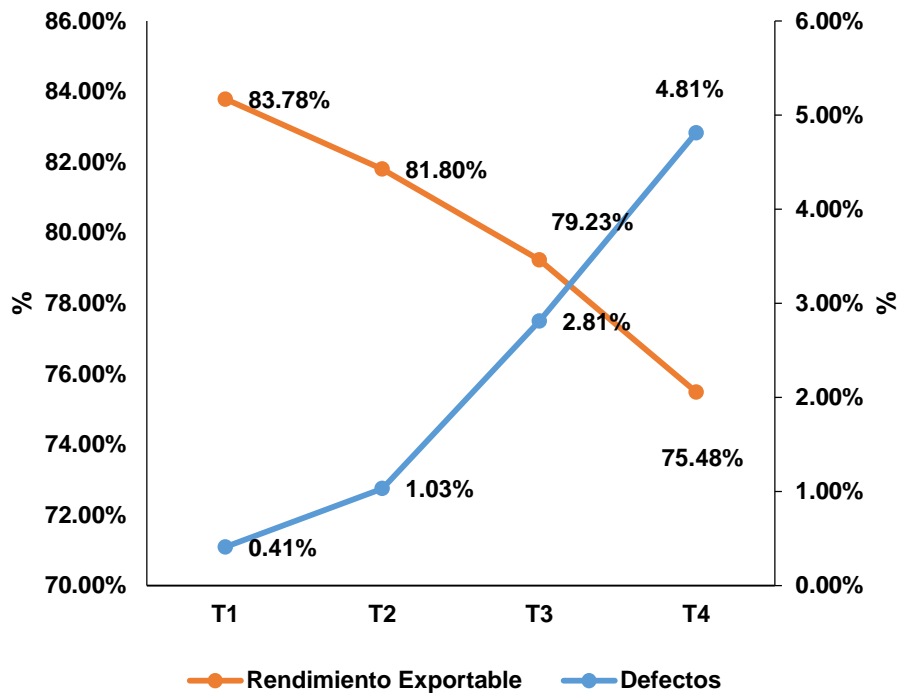
AS : Diferencias significativas al 1 % de probabilidad.  
C.V : Coeficiente de variabilidad.

**Cuadro 18.** Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características porcentaje de cascarilla, descarte, defectos y rendimiento exportable en 400.0 g de café pergamino seco.

Porcentaje de:											
Cascarilla			Descarte			Defectos			Rendto. Expor.		
Trat	Prom.	Sig.	Trat	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.
T <sub>4</sub>	17.3	a	T <sub>4</sub>	2.43	a	T <sub>4</sub>	4.81	a	T <sub>1</sub>	83.8	a
T <sub>3</sub>	16.4	b	T <sub>3</sub>	1.53	b	T <sub>3</sub>	2.81	b	T <sub>2</sub>	81.8	b
T <sub>2</sub>	16.4	b c	T <sub>2</sub>	0.81	c	T <sub>2</sub>	1.03	c	T <sub>3</sub>	79.2	c
T <sub>1</sub>	15.6	d	T <sub>1</sub>	0.24	d	T <sub>1</sub>	0.41	d	T <sub>4</sub>	75.5	d

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

- T<sub>1</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T : Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T<sub>3</sub>: Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya.
- T<sub>4</sub>: Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya



**Figura 4.** Relación aritmética del porcentaje de rendimiento exportable con porcentaje de defectos.

**Cuadro 19.** Resumen del análisis de variancia de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda.

		Porcentaje de:							
F.V.	GL	Café especial		Café de segunda		Café oro especial		Café oro de segunda	
		c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.
Trat.	3	0.0520	AS	0.0250	AS	0.075	AS	0.0360	AS
Error exp.	12	0.0003		0.0001		0.0003		0.0001	
Total	15								
C.V: (%)		0.45		2.56		0.45		2.56	

AS: Diferencias significativas al 1 % de probabilidad.  
 C.V: Coeficiente de variabilidad.

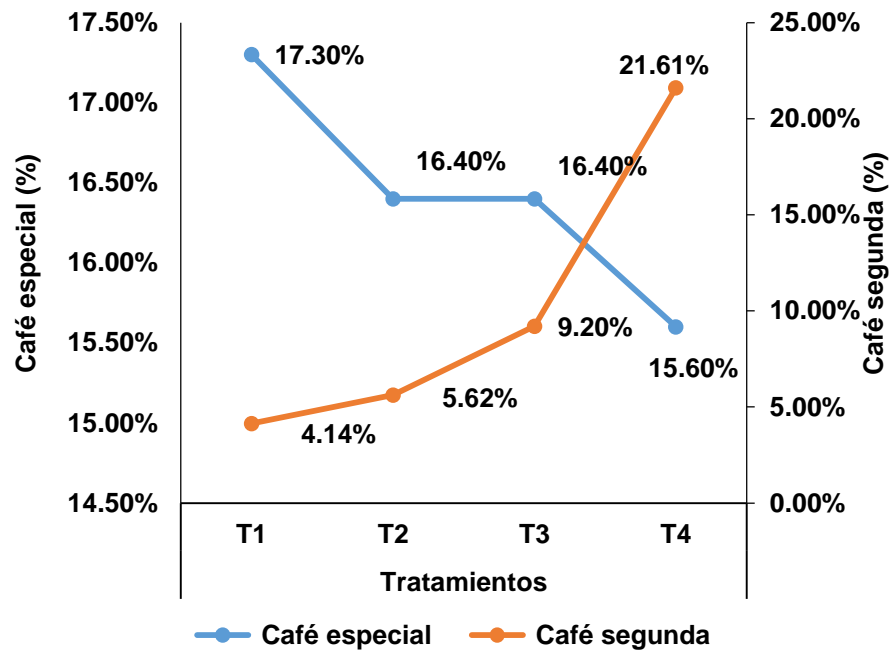
**Cuadro 20.** Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda.

Porcentaje de:											
Café especial			Café de segunda			Café oro especial			Café oro segunda		
Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.	Trat.	Prom.	Sig.
T <sub>1</sub>	79.64	a	T <sub>4</sub>	21.61	a	T <sub>1</sub>	95.32	a	T <sub>1</sub>	25.87	a
T <sub>2</sub>	76.18	b	T <sub>3</sub>	9.20	b	T <sub>2</sub>	91.18	b	T <sub>2</sub>	11.0	b
T <sub>3</sub>	70.03	b c	T <sub>2</sub>	5.62	c	T <sub>3</sub>	83.81	c	T <sub>3</sub>	6.73	c
T <sub>4</sub>	53.86	d	T <sub>1</sub>	4.14	d	T <sub>4</sub>	64.47	d	T <sub>4</sub>	4.95	d

Entre tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

- T<sub>1</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T<sub>2</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T<sub>3</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya.
- T<sub>4</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya.

En el Cuadro 19, se muestra el resumen del análisis de variancia para las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda, observándose que existen diferencias altamente significativas para los cuatro características; el coeficiente de variabilidad es 0.45, 2.56, 0.45, 2.56 % de las cuatro características respectivamente indicando una excelente homogeneidad, y en el Cuadro 20, se muestra la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para las características de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda, observándose que el tratamiento T<sub>1</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) obtuvo un porcentaje estadísticamente mayor para las características café especial y café oro especial; el tratamiento T<sub>4</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya) obtuvo estadísticamente un porcentaje superior en los características café segunda y café oro segunda.



**Figura 5.** Relación aritmética del porcentaje de café especial con porcentaje de café segunda.

#### A. Granulometría

El tratamiento T<sub>4</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya), es el que estadísticamente fue superior en el porcentaje de cascarilla, descarte y defectos, seguido del tratamiento T<sub>3</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya), ocupó el segundo lugar en obtener estadísticamente un porcentaje superior en descarte y defectos de los demás tratamientos, a excepción en la característica porcentaje de cascarilla, que estadísticamente obtuvo mismo porcentaje que el tratamiento T<sub>2</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya); el tratamiento T<sub>2</sub> y T<sub>1</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) estadísticamente obtuvieron un porcentaje inferior en las características descarte y defectos, observándose que el tratamiento T<sub>1</sub> obtuvo un porcentaje

menor en las características cascarilla, descarte y defectos en comparación a los demás tratamientos en estudio.

El porcentaje de cascarilla de los tratamientos  $T_4$ ,  $T_3$ ,  $T_2$  y  $T_1$ ; es 17.3, 16.4, 16.4 y 15.6 % respectivamente, la variedad Caturra Roja afectada por la roya amarilla ( $T_4$  y  $T_3$ ) en pergamino seco muestra tener mayor porcentaje de cascarilla que cuando no ha sido afectada por la roya amarilla ( $T_2$  y  $T_1$ ), y el porcentaje de cascarilla reduce de acuerdo a la forma de cosecha, hay mayor porcentaje de cascarilla en los tratamientos dónde no se cosechó de forma selectiva ( $T_4$  y  $T_2$ ). La selectividad de granos maduros reduce el porcentaje de cascarilla del pergamino seco. La cascarilla del grano de café fluctúa de 15.6 a 17.3 %, inferior para el reporte PORRES *et al.* (1998) la cascarilla constituye un 20 % en peso del grano; e inferior al reporte PUERTA (1998), el porcentaje de cascarilla de la variedad caturra es 18.3 %, en Colombia.

Además la cascarilla es mayor en granos de café caturra con roya amarilla, los tratamientos  $T_4$  y  $T_3$  tienen mayor porcentaje de descarte, que viene a ser los residuos de cascarilla, granos de café con menor diámetro (< malla N° 14), granos caracolillos, entre otros elementos, los granos de café variedad Caturra Roja con roya presentan mayor descartes, sin embargo la selectividad de granos maduros en la parcela con roya, ayuda en reducir estadísticamente el descarte de 2.43 % ( $T_4$ ) a 1.53 % ( $T_3$ ); en la parcela libre de roya amarilla existe mayor porcentaje de descarte donde no se cosechó de forma selectiva, al realizar la cosecha de granos sanos de forma selectiva se reduce significativamente de 1.03 % ( $T_2$ ) a 0.41 % ( $T_1$ ); la roya amarilla afecta



reduciendo el tamaño del grano, generando granos deformes, aumentando la cascarilla en el café pergamino seco ( $T_4$  y  $T_3$ ). Los tratamientos  $T_4$  y  $T_3$  café Caturra Roja con roya amarilla estadísticamente obtuvieron mayor porcentaje de defectos, la roya amarilla afectó en la calidad física del café, generando así granos defectuosos.

Sin embargo, la selectividad de grano maduro en la parcela con roya amarilla redujo estadísticamente de 4.81 % ( $T_4$ ) a 2.81% ( $T_3$ ); caso similar en la parcela libre de roya amarilla con granos sanos, cosechados de forma selectiva se redujo de 1.03 % ( $T_2$ ) a 0.41 % ( $T_1$ ), la cosecha selectiva, evita coleccionar granos en mal estado y no bien desarrollado fisiológicamente (ICAFÉ, 2002 y SANTOYO *et al.*, 1996), también reducir defectos (UTZ CERTIFIED, 2008). Los defectos de los tratamientos  $T_4$  y  $T_3$  que son granos con la roya amarilla se describe como defectos primarios y categoría 1 generados en campo (USAID, 2005), son imperfecciones en el grano de aspecto exterior del grano, defectos intrínsecos (granos alterados por los procesamientos agrícolas) (CASTRO *et al.*, 2004).

El porcentaje de rendimiento de los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  es 83.78, 81.80, 79.23 y 75.48 % respectivamente y estadísticamente diferentes entre sí, el mayor porcentaje de rendimiento se obtuvo en la parcela libre de la roya amarilla ( $T_1$  y  $T_2$ ); sin embargo la selectividad de los granos maduros ayudó estadísticamente a obtener mayor porcentaje de rendimiento 83.78 % ( $T_1$ ), que cuando no se cosecha selectivamente se redujo a 81.80 % ( $T_2$ ), lo mismo que se cumple en la parcela con roya amarilla donde 79.23 % ( $T_3$ ) se redujo a 75.48 % ( $T_4$ ), el rendimiento exportable en 400 g de café pergamino

seco del tratamiento  $T_4$ , es inferior dentro del rango recomendable de rendimiento de café oro de 76 a 83 % con relación de café pergamino (USAID, 2005); el rendimiento exportable de los tratamientos fluctúa de 75.83 a 83.78 % (Cuadro 18) está por encima de la media de café de exportación a partir de café pergamino en el Perú es de 70.60 % (CCI,1992; citado por OTINIANO *et al.*, 2003). La roya afecta estadísticamente el porcentaje de rendimiento exportable de 400 g café pergamino seco, café oro retenido (> malla n°14); a mayor porcentaje de defectos en café que obtuvieron los tratamientos  $T_4$  y  $T_3$ , fue menor el porcentaje de rendimiento (Figura 4).

### **B. Café especial y segunda**

Los tratamientos  $T_1$  (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) y  $T_2$  (Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya), estadísticamente son diferentes, sin embargo obtuvieron estadísticamente mayor en porcentaje de café especial y café oro como especial que los tratamientos  $T_3$  (Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya) y  $T_4$  (Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya), sin embargo estos dos tratamientos  $T_4$  y  $T_3$  estadísticamente obtuvieron mayor porcentaje de café segunda y café oro como segunda que los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$  (Cuadro 20); los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$ , obtuvieron 79.64, 76.18, 70.03 y 53.86 % de café especial respectivamente, al mismo que obtuvieron 4.14, 5.62, 9.20 y 21.61 % de café segunda respectivamente.

La roya amarilla reduce el porcentaje de café especial y aumenta el porcentaje de café segunda ( $T_3$  y  $T_4$ ). La selectividad de granos maduros en la parcela sin roya amarilla, estadísticamente obtuvo mayor porcentaje de café especial ( $T_1$ ) dónde no se cosechó selectivamente ( $T_2$ ); en la parcela con roya

amarilla la selección de grano maduro, estadísticamente ayudó a obtener mayor porcentaje de café especial ( $T_3$ ), dónde no se cosecho de forma selectiva ( $T_4$ ). De acuerdo a la granulometría, el café oro (malla n°16, 17, 18, 19 y 20) como café especial, el café oro (malla N°14 y 15) que es considerado como segunda (Cuadro 7), los tratamientos con roya amarilla ( $T_3$  y  $T_4$ ) obtuvieron un porcentaje de café especial superior al establecimiento de la Norma Técnica Peruana (NTP) 209.027 para cafés especiales, que el café verde debe tener una granulometría mínima de 50% por encima de la malla 15 (INDECOPI, 2003).

El porcentaje de café oro como especial para los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  es, 95.32, 91.18, 83.81 y 64.47 % respectivamente (Cuadro 20), este porcentaje viene a ser el café pilado o café oro como café especial en 400.0 g de café pergamino seco, los cafés especiales son apreciados en el mercado internacional (BANEGAS, 2009), el porcentaje de café oro especial obtenido por los cuatro tratamientos, es inferior al reporte de 97.01 % café oro de la variedad caturra roja en Villa Rica (SACCACO, 2009); sin embargo el porcentaje de café oro como especial del tratamiento  $T_1$  es aritméticamente mayor al porcentaje de café oro especial (95 %) de la variedad Caturra roja obtenido en Tingo María (NATIVIDAD, 2011), el porcentaje de café oro de los demás tratamientos es muy inferior a lo obtenido por el autor; PUERTA (1998) reporta en Colombia, 90.9 % de café oro especial, siendo aritméticamente menor a los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$ ; en Colombia PUERTA (2000) reporta, 83.6 % de café oro especial de la variedad Caturra roja, siendo aritméticamente inferior a los resultados obtenidos por los tratamiento  $T_1$  y  $T_2$ .

La roya amarilla del café afectó el porcentaje de café especial y café oro especial al momento de la granulometría, reduciendo aritméticamente y significativamente (Cuadro 20), la calidad física del grano de café de la variedad caturra roja se deteriora por efecto del patógeno en la planta del café, y de forma indirecta o directa llega a disminuir la producción de café hasta en aproximado de un 23 % (RIVILLAS *et al.*, 1999). El porcentaje de café oro de segunda es mayor en los tratamientos T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> debido al efecto de la roya amarilla, por efecto secundario impide el llenado y maduración de los frutos (PAPPA y CALDERÓN, 2013), a mayor porcentaje de café segunda es menor el porcentaje de café especial (Figura 5) y por lo general este café de segunda es para venta al consumo nacional.

#### **4.4. Calidad sensorial del café variedad caturra roja**

En el Cuadro 21, se muestra el resumen del análisis de variancia para las características de los atributos del café en taza, fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo, observándose que sí existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos para las cuatro características; el coeficiente de variabilidad es 2.58, 6.35, 3.84, 8.32 y 4.45 % respectivamente, indicando que existe una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales. En el Cuadro 22, se muestra la prueba de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ) de las características fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo; los tratamientos T<sub>1</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) y T<sub>2</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya) estadísticamente obtuvieron un puntaje superior a los demás tratamientos.

En el Cuadro 23, se muestra el resumen del análisis de variancia de las características de los atributos del café tostado en taza, balance, apreciación general, uniformidad, taza limpia y dulzura, observándose que existe diferencias altamente significativas entre los tratamientos para las cuatro características. El coeficiente de variabilidad es 7.52, 5.09, 3.79, 3.36 y 3.79 % respectivamente, indicando una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales de los tratamientos en estudio. En el Cuadro 24, se muestra la prueba de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características balance, apreciación general, uniformidad, taza limpia y dulzura; observándose que los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> estadísticamente obtuvieron el mayor puntaje en todas las características evaluadas, a excepción en la característica balance, estadísticamente son iguales en puntaje al T<sub>3</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya).

**Cuadro 21.** Resumen del análisis de variancia de las características atributos en taza, fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo del café tostado.

<b>Características sensoriales del café</b>											
F.V.	GL	Fragancia/Aroma		Sabor		Posgusto		Acidez		Cuerpo	
		c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.	c.M.	Sig.
Trat.	3	2.49	AS	4.91	AS	2.577	AS	3.07	AS	4.78	AS
Error exp.	12	0.034		0.18		0.066		0.31		0.09	
Total	15										
C.V: (%)		2.58		6.35		3.84		8.32		4.45	

AS : Diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.  
 C.V : Coeficiente de variabilidad.

**Cuadro 22.** Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características atributos en taza, fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez y cuerpo del café tostado.

<b>Características sensoriales en puntos</b>														
<b>Fragancia/aroma</b>			<b>Sabor</b>			<b>Posgusto</b>			<b>Acidez</b>			<b>Cuerpo</b>		
<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>
T <sub>1</sub>	7.81	a	T <sub>4</sub>	7.81	a	T <sub>1</sub>	7.50	a	T <sub>1</sub>	7.50	a	T <sub>1</sub>	7.44	a
T <sub>2</sub>	7.63	b	T <sub>3</sub>	7.25	b	T <sub>2</sub>	7.25	b	T <sub>2</sub>	7.25	b	T <sub>2</sub>	7.13	b
T <sub>3</sub>	7.00	b c	T <sub>2</sub>	6.50	c	T <sub>3</sub>	6.25	c	T <sub>3</sub>	6.44	c	T <sub>3</sub>	6.81	c
T <sub>4</sub>	6.06	d	T <sub>1</sub>	5.25	d	T <sub>4</sub>	5.81	d	T <sub>4</sub>	5.56	d	T <sub>4</sub>	5.00	d

Tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

- T<sub>1</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T<sub>2</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya.
- T<sub>3</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya.
- T<sub>4</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya.

**Cuadro 23.** Resumen del análisis de variancia de las características atributos en taza, balance, apreciación general, uniformidad, taza limpia, dulzura del café tostado.

Características sensoriales del café											
F.V.	GL	Balance		Apreciación general		Uniformidad		Taza limpia		Dulzura	
		C.M.	Sig.	C.M.	Sig.	C.M.	Sig.	C.M.	Sig.	C.M.	Sig.
Trat.	3	4.191	AS	5.01	AS	30.25	AS	35.1	AS	30.3	AS
Error exp.	12	0.259		0.122		0.083		0.06		0.08	
Total	15										
C.V: (%)		7.52		5.09		3.79		3.36		3.79	

AS : Diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.  
C.V : Coeficiente de variabilidad.

**Cuadro 24.** Prueba de comparación múltiple de Tukey ( $\alpha= 0.05$ ) de las características porcentaje de café especial, café segunda, café oro especial y café oro segunda.

<b>Características sensoriales en puntos</b>														
<b>Balance</b>			<b>Apreciación general</b>			<b>Uniformidad</b>			<b>Taza limpia</b>			<b>Dulzura</b>		
<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>	<b>Trat.</b>	<b>Prom.</b>	<b>Sig.</b>
T <sub>1</sub>	7.75	a	T <sub>4</sub>	7.88	a	T <sub>1</sub>	10	a	T <sub>1</sub>	10	a	T <sub>1</sub>	10	a
T <sub>2</sub>	7.25	b	T <sub>3</sub>	7.56	b	T <sub>2</sub>	10	b	T <sub>2</sub>	10	b	T <sub>2</sub>	10	b
T <sub>3</sub>	6.69	b c	T <sub>2</sub>	6.69	c	T <sub>3</sub>	6	c	T <sub>3</sub>	5	c	T <sub>3</sub>	5	c
T <sub>4</sub>	5.38	d	T <sub>1</sub>	5.38	d	T <sub>4</sub>	5	d	T <sub>4</sub>	4.75	d	T <sub>4</sub>	5	d

Tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

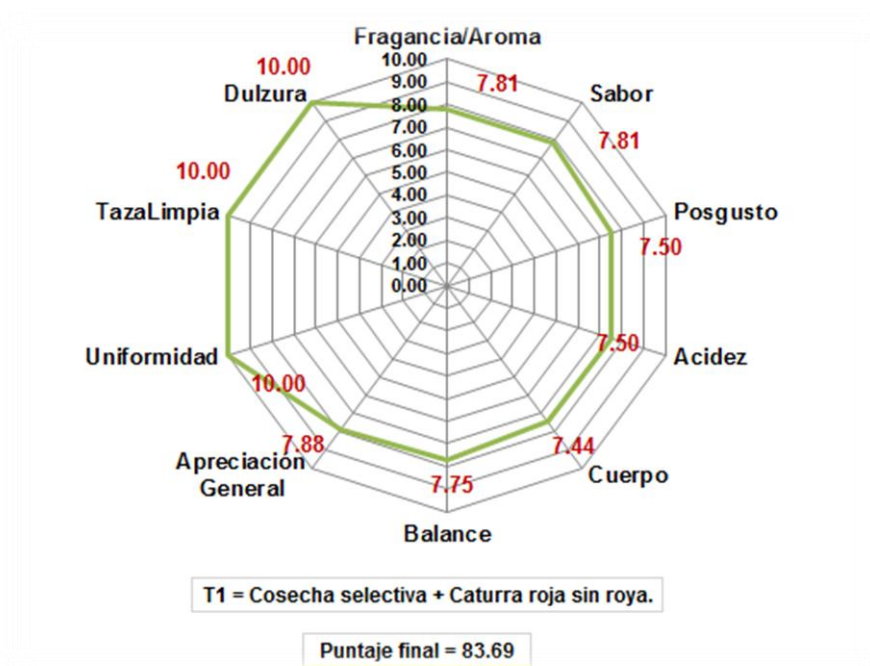
T<sub>1</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya.

T<sub>2</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya.

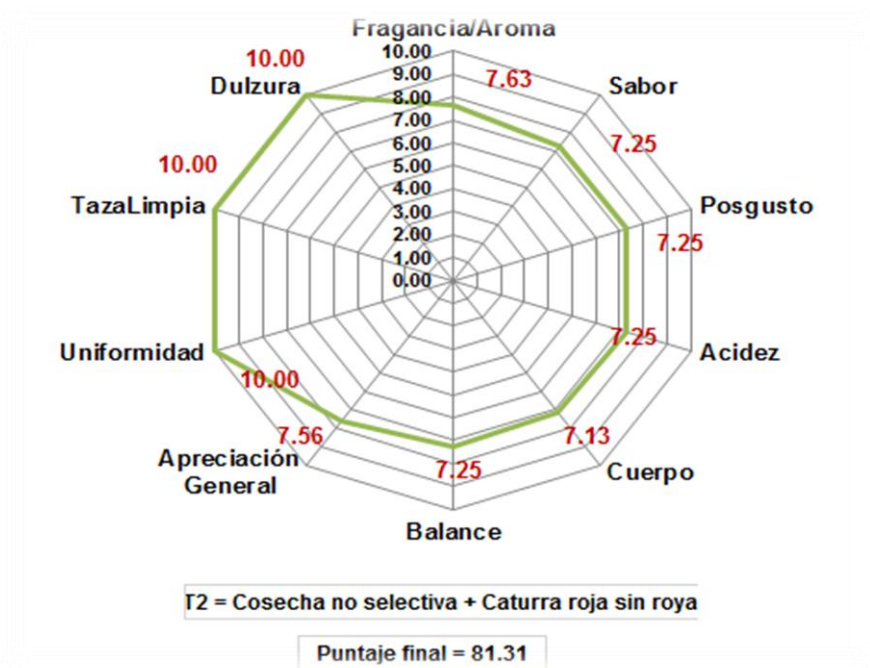
T<sub>3</sub> : Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya.

T<sub>4</sub> : Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya.

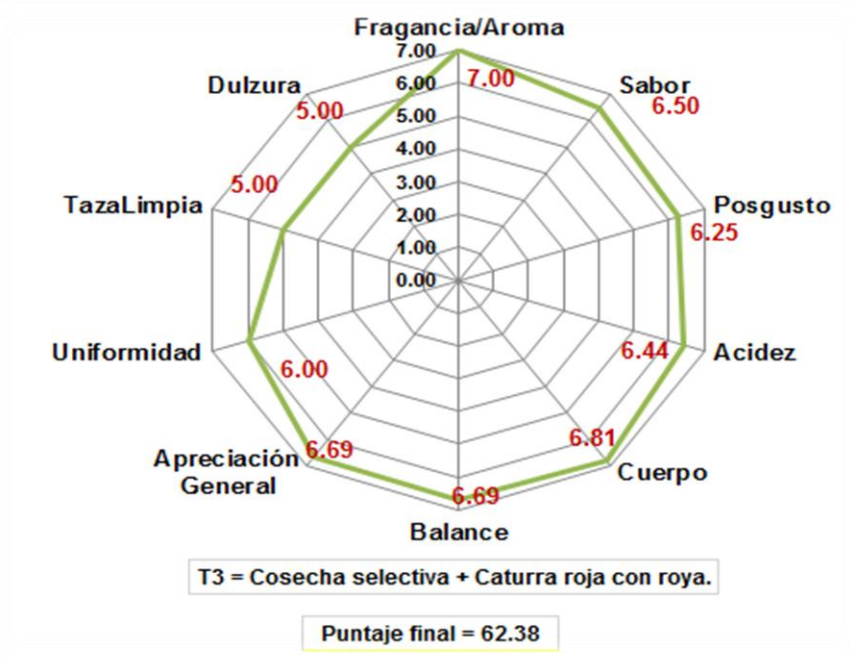




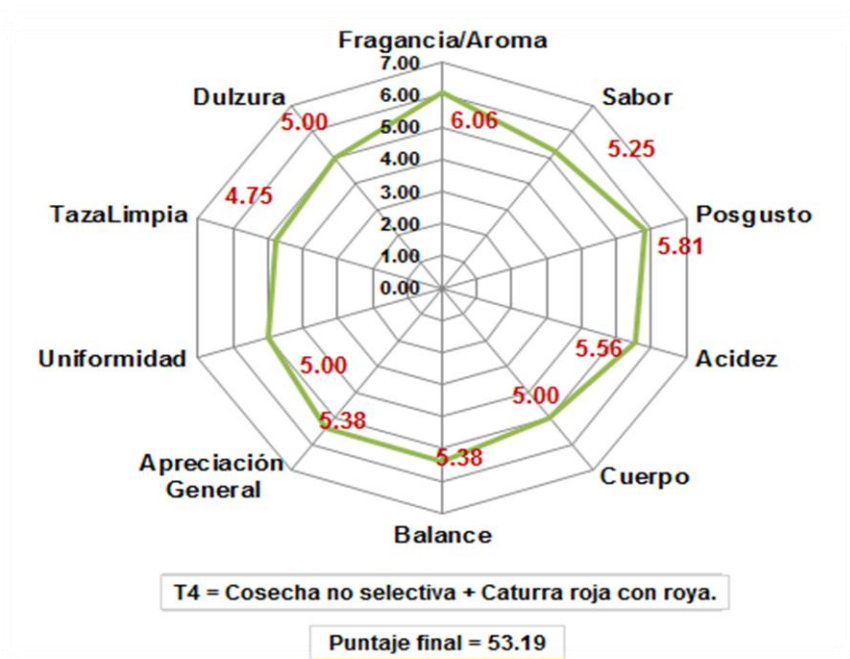
**Figura 6.** Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha selectiva de la caturra roja sin roya.



**Figura 7.** Puntaje de los atributos sensoriales de cosecha no selectiva de la caturra roja sin roya.



**Figura 8.** Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha selectiva de la caturra roja con roya.



**Figura 9.** Puntaje de los atributos sensoriales de la cosecha no selectiva de la caturra roja con roya.

En el Cuadro 25, se muestra el resumen del análisis de variancia de las características puntaje final de catación de café tostado; observándose que sí existe diferencias altamente significativas en los tratamientos, el coeficiente de variabilidad es 1.28 % indicando una excelente homogeneidad entre sus unidades experimentales.

**Cuadro 25.** Análisis de variancia para la característica puntaje final de catación del café tostado.

<b>Fuente de variación</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F cal</b>	<b>Sig.</b>
Tratamiento	3	2624.170	874.720	1081.780	AS
Error experimental	12	9.700	0.810		
Total	15	2633.870			
C.V (%)	1.28				

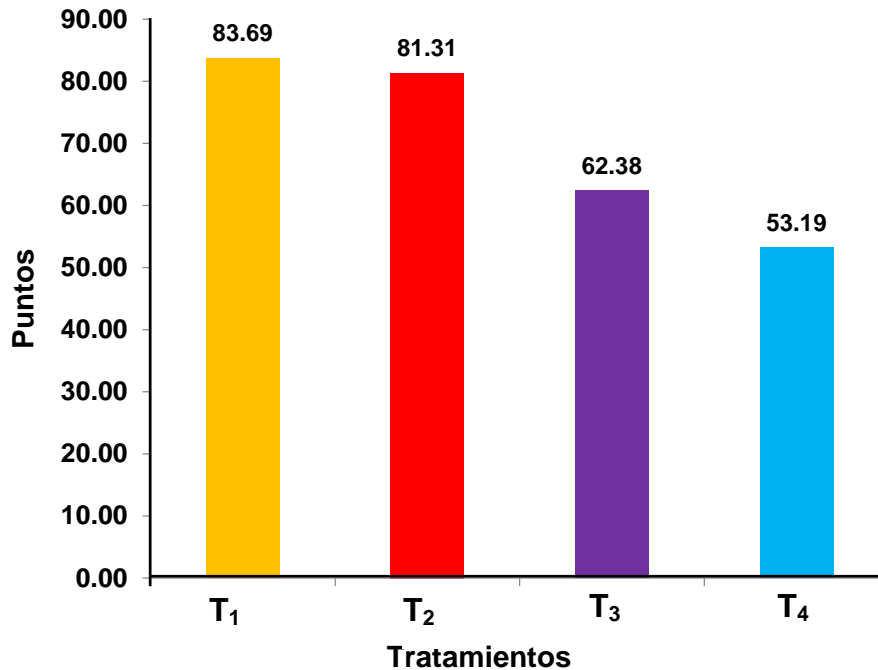
AS : Diferencias estadísticas significativas al 1 % de probabilidad.  
C.V : Coeficiente de variabilidad.

**Cuadro 26.** Prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) de la característica puntaje final de catación del café tostado.

<b>Tratamientos</b>		<b>Puntaje final</b>	
<b>Clave</b>	<b>Descripción</b>	<b>Puntos</b>	<b>Sig.</b>
T <sub>1</sub>	Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya.	83.69	a
T <sub>2</sub>	Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya.	81.31	b
T <sub>3</sub>	Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya.	62.38	c
T <sub>4</sub>	Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya.	53.19	d

Tratamientos unidos por la misma letra no existe significación estadística.

En el Cuadro 26, se muestra la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) para la característica puntaje final de catación del café tostado en taza, donde el tratamiento T<sub>1</sub> (Cosecha selectiva + Caturra roja sin roya) estadísticamente obtuvo mayor puntaje de catación en comparación a los demás tratamientos.



**Figura 10.** Puntaje final de catación en taza del café tostado.

**A. Atributos sensoriales del café en taza**

Los tratamientos T<sub>1</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) y T<sub>2</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra roja sin roya) estadísticamente obtuvieron una puntuación igual en atributos fragancia/aroma, sabor, posgusto, cuerpo (Cuadro 22), apreciación general, uniformidad, taza limpia, dulzura (Cuadro 23); para los atributos acidez, cuerpo y balance los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> (Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya) obtuvieron estadísticamente igual puntuación en todas las características (Cuadro 22 y 24). El tratamiento T<sub>4</sub> (Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya) estadísticamente obtuvo un puntaje inferior de calificación en todos los atributos evaluados (Cuadro 22 y 24); el tratamiento T<sub>3</sub> es estadísticamente el penúltimo tratamiento con puntuación inferior en todos los atributos evaluados.

Los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  obtuvieron una calificación de 7 a 7.75 puntos en los atributos fragancia/aroma, sabor, posgusto, acidez, cuerpo, balance y apreciación general, calificándolo de acuerdo del CQI (Coffee Quality Institute) como “Muy Bueno”, en los atributos uniformidad, taza limpia y dulzura, se les calificó como “Extraordinario” (Cuadro 9); Para los atributos del tratamiento  $T_3$  obtuvieron una puntuación de 6 a 6.75 calificados como “Bueno” a excepción en los atributos taza limpia y dulzura, que obtuvieron ambos una puntuación de 5 calificándolo “Regular” (Cuadro 9). El tratamiento  $T_4$  obtuvo una puntuación de 5 a 5.75 en atributos sabor, posgusto, acidez, cuerpo, balance, apreciación general, uniformidad y dulzura, calificándolo como “Regular”; obtuvo 6.06 puntos para el atributo fragancia/aroma calificándolo como “Bueno” y con 4.75 puntos para el atributo taza limpia, calificándolo “Pésimo” (Cuadro 9).

La cosecha selectiva del grano maduro aritméticamente mejora los atributos en taza ( $T_1$ ) de la variedad caturra roja, que cuando no se cosecha de forma selectiva ( $T_2$ ) como se muestra en todos los atributos en taza, es así como se muestra en los tratamientos con roya amarilla, donde el tratamiento  $T_3$  obtuvo aritmética y estadísticamente mejor puntuación que el tratamiento  $T_4$ . Así como la calidad física de los granos (Cuadro 20) del café variedad Caturra es mejor al cosechar de forma selectiva, la calidad sensorial es estadísticamente mejor que los granos de café sin una selección de sólo granos maduros, la calidad de la bebida o infusión que se obtiene, cuando el grano utilizado para su preparación proviene de frutos de café maduro y sano (IICA, 2010). La roya amarilla del café reduce la calidad sensorial de casi todos

los atributos del café en taza ( $T_3$  y  $T_4$ ), sin embargo la selectividad de los granos le permite estadísticamente a obtener mejor calidad ( $T_3$ ) en comparación a granos no seleccionados en el momento de la cosecha ( $T_4$ ).

El atributo cuerpo en taza de la variedad Caturra Roja es “Muy buena” para los tratamiento  $T_1$  y  $T_2$ , el cuerpo es la intensidad de la bebida puede ser menos o más, y se le atribuye, a la presencia de coloides, fibras, y proteínas (Katzeff, 2001; citado por NATIVIDAD, 2011; CLEVES, ASTÚA, 1998), presencia de sólidos solubles (MDVR, 2010), esta intensidad en la bebida y la presencia de sólidos solubles es reducida por efecto de la roya amarilla en la planta, como se muestra en los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  (Cuadro 22); la roya amarilla redujo la calidad en todos los atributos, produciendo un mal sabor en taza, los granos de café sano contiene menor concentración de ácido clorogénico, que los granos con roya amarilla de café, se deduce que la concentración de ácido clorogénico es mayor, por eso ese sabor amargo y astringente en la bebida (PUERTA, 2008).

## **B. Puntaje final de catación**

El tratamiento  $T_1$  (Cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) obtuvo 83.69 puntos en taza, estadísticamente es mayor a todos los tratamientos, el tratamiento  $T_2$  (Cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya) que obtuvo 81.31 puntos en taza y estadísticamente superior a los tratamientos  $T_3$  (Cosecha selectiva + Caturra Roja con roya) y  $T_4$  (Cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya), considerando al tratamiento  $T_1$  y  $T_2$  describiendo como “Taza de excelencia” con clasificación “A” (Cuadro 10), asimismo una descripción en taza “Muy bueno” con clasificación “Premio” (Cuadro 11).

El tratamiento  $T_3$  con 63.38 puntos en taza es estadísticamente superior a lo obtenido por el tratamiento  $T_4$  con 53.19 puntos en taza (Cuadro 26); el puntaje final en taza del tratamiento  $T_3$  y  $T_4$  se describe “Taza mala” sin clasificación (Cuadro 10), también sin descripción con clasificación para el tratamiento  $T_3$  “Grado de cambio” y al tratamiento  $T_4$  “Comercial” (Cuadro 11). Como se muestra en los resultados (Cuadro 26), que la apreciación global y suma individual de los puntos por atributo, otorga mayor puntaje al café caturra roja libre de roya amarilla, el efecto del patógeno en la planta de café caturra roja es la reducción de la calidad física (Cuadro 20) y la calidad sensorial (Cuadro 26); el efecto de la roya amarilla perjudica más en los atributos uniformidad, taza limpia y dulzura (Cuadro 24), la uniformidad en taza de los atributos es variable para el café con roya amarilla, el un bajo puntaje en taza limpia es por la presencia de alto porcentaje de defectos (Cuadro 18).

Sin embargo la dulzura del café caturra roja en taza, es reducida por efecto de la roya amarilla (Cuadro 24), que está muy relacionado con los grados Brix del grano pintón, maduro y sobremaduro del café Caturra Roja con roya (Cuadro 16) con una concentración de azúcar menor en comparación a los granos de café libre de roya amarilla, siendo así tener menos dulzura en taza. La cosecha selectiva estadísticamente mejora la calidad en taza de la variedad Caturra Roja, en comparación cuando no se cosecha el café de forma selectiva, como se muestra en el tratamiento  $T_1$  que obtuvo mejor calidad en taza que el tratamiento  $T_2$ , la selección sólo de granos completamente maduros con 17.11 a 21.05 °Brix, con concentración de azúcar óptima, reflejándose así

en la calidad de la bebida, la calidad de la bebida que se obtiene proviene de frutos de café maduro y sano (IICA, 2010).

En la parcela con roya amarilla, a pesar de la susceptibilidad de la variedad caturra roja y por efecto de ello, la calidad física y sensorial se redujo, la cosecha selectiva de los granos completamente maduros y sanos que existía en la planta, estadísticamente fue mejor ( $T_3$ ) en calidad que los granos cosechados de forma no selectiva ( $T_4$ ); la calidad de taza del granos con roya amarilla es baja o reducida debido al efecto a la baja concentración de sólidos solubles y azúcar que se encuentra en ella, al cosechar granos pintones con bajo °Brix genera una taza amarga, sin sabor y poco agradable, sin embargo al seleccionar granos completamente maduros, la calidad es mejor, esto significa que sólo los frutos que alcanzan su plena madurez llegan a su punto óptimo de calidad (WINTGENS, 1994), el fruto crece hasta alcanzar su madurez fisiológica, llega a su máximo contenido de materia seca (MARÍN *et al.*, 2003). Es por ello también que el tratamiento  $T_1$  tiene mejor calidad que el tratamiento  $T_2$ , esto se debe según Cleves y Astúa (1984), citado por IICA (2010) menciona, que el fruto verde y pintón en taza es amarga, y con condiciones de aroma, cuerpo y acidez que son variables, la madurez influye en la calidad de la bebida (ICAFE, 2002 y SANTOYO *et al.*, 1996).

Un índice de incidencia de daño de 60.40 % (Cuadro 12), influye en el deterioro de la calidad física y sensorial del café variedad caturra roja, es así que se puede obtener mayor porcentaje de café segunda y menor porcentaje de café especial (Cuadro 20) y tener una pésima calidad sensorial en taza. Es así, la variedad caturra, es un material vegetativo que por su genotipo se



comporta como susceptible (ICAFÉ, 2013), esto se refleja en la reducción de su calidad cuando la planta está infestada con roya amarilla, tiene un efecto negativo en los granos, reduciendo el tamaño e impidiendo su completo desarrollo fisiológico y generando granos malformados con inconsistencia mínima de apariencia seca debido a la reducción del mucílago, a pesar de tener la apariencia de grano rojo maduro, PAPPÁ y CALDERÓN (2013), el efecto secundario de la roya impide el llenado y maduración de frutos, ocasionando pérdidas en la producción y reduce los ingresos .

Un 60.40 de porcentaje de índice de incidencia de daño (IID%) se puede considerar severo, RIVILLAS *et al.* (2011) sustenta, que un cafetal en epidemia severa disminuye la producción. La roya amarilla afecta la calidad, con mayor grano de café de menor tamaño y con defectos lo cual hace que el porcentaje de almendra sana disminuya y como resultado el caficultor recibe un precio menor sin incentivo por calidad (RIVILLAS *et al.*, 2011). Los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> con una puntuación por encima de los 80 puntos, la Specialty Coffee Association of América (SCAA) el café especial alcanza mayor a 80 puntos a en taza (MDVR, 2010), el café Caturra Roja presenta cualidades muy buenas considerado como café especial (CASTRO *et al.*, 2004), que es disminuida cuando la roya amarilla afecta un cafetal de esa variedad (Figura 10). El café caturra roja en taza, libre de roya amarilla, alcanzó un puntaje similar a lo obtenido en Villa Rica, dónde SACCACO (2009) reportó para Caturra Roja 82.63 puntos en taza, aritméticamente mayor a lo que alcanzó en Chanchamayo, dónde CAFÉ PERÚ (2011) reportó para café caturra roja 79.11 puntos en taza.

## V. CONCLUSIONES

1. La roya amarilla del café (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) tiene un efecto negativo sobre la calidad física y sensorial, reduciendo el porcentaje de café oro como especial de la variedad Caturra Roja, obteniendo mayor porcentaje de defectos existentes en el café pergamino seco; disminuyendo el tamaño, peso del grano, las cualidades o atributos sensoriales en taza, generando una taza con un sabor amargo, sin consistencia, nada agradable para el paladar.
2. Los granos de café variedad Caturra Roja libre de roya amarilla en estado de maduración verde, pintón y sobremaduro obtuvieron 4.53, 10.2, 17.11, 21.05 grados Brix respectivamente; los granos afectados por roya amarilla, verde, pintón, maduro y sobremaduro, obtuvieron 4.16, 7.08, 13.9, 17.15 grados Brix respectivamente y estadísticamente inferior en concentración de azúcar a los estados de maduración de un grano sano.
3. Los tratamientos  $T_1$  (cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya) y  $T_2$  (cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya), obtuvieron un rendimiento exportable de 83.78 y 81.80 % respectivamente siendo estadísticamente mayor a los tratamiento  $T_3$  (cosecha selectiva + Caturra Roja con roya) y  $T_4$  (cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya) que obtuvieron un porcentaje de rendimiento de 79.23 y 75.48 % respectivamente. Los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  obtuvieron un superior porcentaje de cascarilla, descarte y de defectos. Los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  obtuvieron porcentaje estadísticamente superior de café oro especial con 95.32 y 91.18 % respectivamente; los tratamientos  $T_4$  y  $T_3$  obtuvieron 25.87 y 11.018 % de

café oro segunda, respectivamente estadísticamente mayor a los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$ .

4. Los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  estadísticamente obtuvieron una calificación de Muy bueno en todos los atributos sensoriales del café en taza y superior a lo calificado a los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  que calificaron como Bueno y Regular en todos los atributos evaluados. Los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  obtuvieron 83.69 y 81.31 puntos respectivamente en puntaje de calificación de calidad que es estadísticamente superior a lo obtenido por los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  que obtuvieron 62.38 y 53.19 puntos.
5. La cosecha selectiva estadísticamente tiene un efecto positivo sobre el café Caturra Roja libre de roya amarilla, dónde el tratamiento  $T_1$  estadísticamente es mejor en rendimiento exportable, café especial, atributos sensoriales y puntaje de final de catación al tratamiento  $T_2$ . La cosecha selectiva mejoró la calidad física y sensorial del café Caturra Roja con roya amarilla, siendo estadísticamente mejor el tratamiento  $T_3$  al tratamiento  $T_4$ . La cosecha de selección reduce las imperfecciones en la calidad del café.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Aprovechar la cosecha selectiva de café caturra roja infectada por roya amarilla con un porcentaje de incidencia menor a 60 % para obtener una taza mayor a 75 puntos, un rango aceptable como café de buena calidad.
2. Cosechar los frutos selectivamente sin roya amarilla para obtener un menor porcentaje de cascarilla (15.60 %), descarte (0.24 %), de defectos (0.41 %), y obtener un mayor rendimiento de café exportable de 83.78 %.
3. Evaluar la calidad física y sensorial en distintos estados de maduración por separado de los granos de café variedad Caturra Roja u otras variedades de café. También comparar el efecto de la roya amarilla sobre los grados Brix en distintas variedades de café

## VII. RESUMEN

De abril a julio del 2013, se llevó a cabo el presente experimento en el fundo "San Vicente", ubicado en el distrito de Perene, provincia de Chanchamayo y región de Junín; con la finalidad de evaluar los daños indirectos de la enfermedad roya (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.) en la calidad física y sensorial de café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra Roja. En 1.0 ha de café Caturra Roja, 0.5 ha de café fue infestada con roya amarilla y 0.5 ha estaba libre de roya amarilla; bajo esas condiciones en ambas parcelas se procedió a realizar la cosecha en la "etapa plena"; realizando la cosecha de forma selectiva que consistía en sólo colectar granos completamente maduros y la cosecha no selectiva que consistía en colectar los granos pintones, maduro y sobremaduros. Se utilizó un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones para el análisis físico y sensorial del café Caturra Roja, dónde los tratamientos fueron: T<sub>1</sub> (cosecha selectiva + Caturra Roja sin roya), T<sub>2</sub> (cosecha no selectiva + Caturra Roja sin roya), T<sub>3</sub> (cosecha selectiva + Caturra Roja con roya) y T<sub>4</sub> (cosecha no selectiva + Caturra Roja con roya). También se evaluó los grados Brix de cada estado de maduración (verde, pintón, maduro y sobremaduro) del grano de café, utilizando un DCA con cuatro repeticiones, dónde los tratamientos fueron: T<sub>1</sub> (Caturra Roja sin roya amarilla) y T<sub>2</sub> (Caturra Roja con roya amarilla).

En el análisis físico los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub>, obtuvieron un rendimiento exportable de 83.78, 81.80, 79.23 y 75.48 % respectivamente, para la característica porcentaje de café especial obtuvieron 79.64, 76.18, 70.03 y 53.86 % respectivamente, para la característica café oro especial los resultados

fueron 95.32, 91.18, 83.81 y 64.47 % respectivamente; el tratamiento  $T_1$  estadísticamente fue mayor a todos los tratamientos en todos las características evaluados del análisis físico, a excepción del porcentaje de cascarilla, descarte, defectos, café segunda y café oro como segunda, dónde los tratamientos  $T_3$  y  $T_4$  estadísticamente fueron superiores a los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$ ; el tratamiento  $T_4$  obtuvo 4.81 % de defectos, 21.61 y 25.87 % de café segunda y café oro como segunda, respectivamente. En el análisis sensorial en taza de café variedad caturra rojo, los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  y  $T_4$  obtuvieron una puntuación final de catación de 83.69, 81.31, 62.38, 53.19 puntos respectivamente, dónde los tratamientos  $T_1$  y  $T_2$  son considerados como cafés especiales, que en efecto pierde calidad sensorial cuando los granos son afectados indirectamente por la roya amarilla presentando una puntuación ( $T_3$  y  $T_4$ ) estadísticamente inferior. El café variedad caturra roja, pierde calidad física y sensorial sí es atacada por la roya amarilla, los granos pierden tamaño, peso y consistencia, en taza los atributos sensoriales son disminuidos, respecto a la cosecha selectiva, mejora la calidad en un análisis de calidad.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. AMAYA, F. y BARBOZA, C. 1995. Análisis de la calidad del grano y de la bebida del café var. Caturra en función de la maduración y tiempo de fermentación. *Agronomía Tropical*. Venezuela. 46 (3):289 - 311.
2. BANEGAS, K. 2009. Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café en los Municipios de el Paraíso y Alauca; Honduras. Tesis para optar por el grado de Magister Scientiae en Agroforestería Tropical. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza: Escuela de Posgrado. Costa Rica. Pp. 4 - 14.
3. BENITO, J. 2005. Paquete tecnológico de manejo integrado de café. INIA (Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria) - MINAG (Ministerio de Agricultura). Tarapoto, Perú. 153 p.
5. CAFÉ PERÚ. 2011. Compendio de artículos de investigación en poscosecha y calidad del café. Central de organizaciones productoras de café y cacao del Perú. Lima, Perú. 9 p.
6. CARDONA, L. 2010. Sistema de medición en línea de una solución acuosa de café. Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, área Automática. Universidad Pontificia Bolivariana. Colombia. p. 1 - 4.
7. CASTRO, P.; CONTRERAS, Y.; LACA, D. y NAKAMATSU, K. 2004. Café de especialidad: Alternativa para el sector cafetalero Peruano.

Programa Magister en Administración; ESAN. Lima, Perú. 9 (17) 61  
- 84.

8. CCI (Cámara del comercio Internacional). 2014. Densidad del grano. La guía del café. [En línea]: Densidad del café oro, y comercialización, (<http://www.laguiadelcafe.org/guia-del-cafe/calidad-del-cafe/Densidad-del-grano/> = 3370, documento, 09 Ago. 2014).
9. CLEVES, R. y ASTUA, G. 1998. Defectos y vicios del café que se origina o manifiestan en el beneficiado. In Cleves. Eds. Tecnología en Beneficiado de Café. San José. Costa Rica. 22 p.
10. COFENAC. 2005. Mejoramiento de la calidad del café robusta. Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC). Quito, Ecuador. 4 p.
11. DUICELA, L.; CASTILLO, R.; TALLEDO, D.; AVELLÁN, C.; PONCE, R.; NAVARRETE, A.; MURILLO, R.; REYES, J.; CUEVA, J.; ROMERO, F.; TENORIO, F.; GUAMÁN, J.; MOROCHO, F. y GARCÍA, J. 2010. Influencia de métodos de beneficio de la calidad organoléptica del café arábigo. Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), Solubles Instantáneos (SICA). Ecuador. Pp. 1 - 22.
12. JNC. 2013. La caficultura en emergencia: Plaga de la roya afectó al 43 % del área cafetalera peruana. El Cafetal, Junta Nacional del Café (JNC). Edición N° 43: Pp. 10 - 11.
13. FIGUEROA, R. 1996. Café orgánico. Guía para la caficultura ecológica. Editorial, Novella Publigráf S.R.L. Lima, Perú. 171 p.



14. FINCYT. 2011. Caracterización del germoplasma peruano de café: Innovación, Ciencia y Tecnología (FINCYT). Edición gráfica ESERGRAF, Lima, Perú. 27 p.
15. FISCHERSWORRING, B. y ROSSKAMP R. 2001. Guía para la caficultura ecológica. 3 ed. Lima, Perú. 153 p.
16. ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 1998. Manual de recomendaciones del cultivo del café. Heredia, Costa Rica. 193 p.
17. ICAFÉ (Instituto del Café de Costa Rica). 2002. Boletín informativo; calidad del fruto. Tarrazú, Costa Rica. ICAFÉ. 5 p.
18. ICAFE (Instituto del Café de Costa Rica). 2006. Manual básico para la preparación de café. ICAFÉ. Costa Rica. Pp. 5 - 6.
19. ICAFÉ. 2013. Recomendaciones para el combate de la roya del cafeto. Instituto del Café de Costa Rica (ICAFÉ) - Centro de Investigaciones en Café (CICAFÉ). Barva, Heredia, Costa Rica. 3<sup>era</sup>. edición ICAFÉ. Pp. 6 - 15.
20. IICA. 2010. Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. Guatemala. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Impresión: Litografía Impresa. 3 p.
21. INDECOPI, 2003. Norma técnica peruana (NTP 209.311 2003): Cafés Especiales. Requisitos. Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI). Lima, Perú. Pp. 1 - 5.

22. LARA, L. 2005. Efectos de la altitud sombra producción y fertilización sobre la calidad del café (*Coffea arabica* L. var. Caturra) producido en sistemas agroforestales de la zona cafetalera norcentral de Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CATIE. Costa Rica. 77 p.
23. MARÍN, S.; ARCILA, J.; MONTOYA, E. y OLIVEROS, C. 2003. Cambios físicos y químicos durante la maduración del fruto de café (*Coffea arabica* L. var. Colombia). Revista CENICAFÉ. Caldas, Colombia. 54(3): 208 - 225.
24. MINAG. 2014. Plan nacional de renovación de cafetales. Informe Técnico del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAG). 22 p.
25. MONTES, C.; ARMANDO, O. y AMILCAR, R. 2012. Infestación e incidencia de broca, roya y mancha de hierro en cultivo de café del departamento del Cauca. Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 10 (1): 98 - 108.
26. MORENO, G. 2004. Obtención de variedades de café con resistencia durable a enfermedades usando la diversidad genética como estrategia de mejoramiento. Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 28 (107): 187 - 200.
27. MDVR. 2010. Expediente técnico agrario del proyecto de denominación de origen Café Villa Rica 2010: Análisis de calidad del café. Municipalidad Distrital de Villa Rica (MDVR). Villa Rica; Pasco; Perú. Informe Técnico N° 2. 30 p.

28. NATIVIDAD, K. 2011. Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán - Leoncio Prado. Tesis Ing. Industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. 66 p.
29. NORMA MEXICANA. 2009. NMX-F-177-SCFI-2009: Café verde de especialidad - especificaciones, clasificación y evaluación sensorial. Secretaría de Economía, Estados Unidos Mexicano. México. 19 p.
30. OLIVEROS, C.; SANZ, J. 2011. Ingeniería y café en Colombia. Colombia. Revista de Ingeniería 33: 99 - 124.
31. OTINIANO, A.; CARHUALLANQUI, R.; y CRESPO, R. 2003. Rendimiento de café de exportación a partir de café pergamino. Café Cacao. Perú. 4 (2): 1 - 7.
32. PAPPA, F. y CALDERÓN, G. 2013. Recomendaciones para el control de la roya. "La revista del caficultor". Guatemala. ANACAFÉ. Edición N° 35. 10 p.
33. PINEDA, C.; REYES, C. y OSEGUERA, F. 2001. Beneficiado y calidad del café. Manual de caficultora. 3<sup>ed</sup>. Tegucigalpa Honduras. 211 p.
34. PORRES, C.; HAGLER, M. y HAGLER, L. 1998. Guía de prevención de la contaminación para el beneficiado de café en El Salvador. Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID). El Salvador. 26 p.

35. PUERTA, G. 1998. Calidad de las variedades de Café cultivadas en Colombia. CENICAFÉ. Caldas, Colombia. 49(4): 265-278.
36. PUERTA, G. 1999. Influencia del proceso de beneficiado en la calidad del café. CENICAFE 50 (1): 78 - 88.
37. PUERTA, G. 2000. Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie. Caldas, Colombia. 51(1): 5 - 19.
38. PUERTA, G. 2001. Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos. Avances Técnicos CENICAFÉ. Colombia. Boletín Técnico N° 414. 4 p.
39. PUERTA, G. 2012. Factores, procesos y controles en la fermentación del café. Avances Técnicos CENICAFÉ. Colombia. Boletín Técnico N°422. 4 p.
40. QUIJANO, J. 2008. Caficultor, sea usted, el doctor de su cafetal. PROCAFE. Santa Tecla, Honduras. Boletín Técnico N°1. 2 p.
41. REGALADO, A. 2006. ¿Qué es la calidad en el café? Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 309 p.
42. RIVILLAS, A.; LEGUIZAMÓN, J. y GIL, L. 1999. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. Cenicafé, Chinchiná. Boletín Técnico N° 19. 36 p.
43. RIVILLAS, C.; SERNA, C.; CRISTANCHO, M. y GAITÁN, A. 2011. La roya del cafeto en Colombia: Impacto, manejo y costos del control. Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). Chinchiná, Caldas, Colombia. Portal Gráfico Ltda. Pp. 6 - 16.

44. SACCACO, R. 2009. Influencia de bioestimulantes en la inducción floral y el rendimiento del cafeto (*Coffea arabica* L.) Variedad caturra rojo en Villa Rica. Tesis para optar al título de Ing. Agrónomo. Villa Rica, Perú. Universidad Nacional Agraria de la Selva. 73 p.
45. SANTOYO, H.; DÍAZ, S.; ESCAMILLA, E. y ROBLEDO, D. 1996. Factores agronómicos y calidad del café. Chapingo. México. Universidad Autónoma Chapingo/Confederación Mexicana de Productores de Café. 21 p.
46. SENASA. 2003. Norma para la ejecución y remisión de información de actividades del programa manejo integrado de plagas del cafeto. Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). Directiva General N° 000888-2003-AG-SENASA-DGSV-DPF. Boletín Informativo n° 1. 17 p.
47. SENASICA. 2013. Roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berkeley y Broome). Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA). Ficha Técnica n° 40. Pp. 3 - 7.
48. SILES, P.; VAAST, P. 2002. Comportamiento fisiológico del café asociado con *Eucalyptus degluta* y *Terminalia ivorensis* o sin sombra. Agroforestería en la Américas 9 (36): 44 - 49.
49. USAID. 2005. Normas y estándares de catación para la región de Centroamérica. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). República Dominicana. Informe Técnico. Pp. 11 - 28.

50. UTZ CERTIFIED. 2008. Explicaciones y ejemplos para el cumplimiento del Código de Conducta UTZ CERTIFIED-Café (Guía de Implementación). Editorial Fundación UTZ KAPEH. Guatemala. Pp. 79 - 82.
51. VAAST, P.; PERRIOT, J. y CILAS, C. 2003. Mejoramiento y Fortalecimiento en los Procesos de Certificación de Calidades y Comercialización del Café. Reporte. CIRADUNICAFE. 40 p.
52. VAAST, P.; VAN KANTEN, R.; SILES, P.; DZIB, B.; FRANK, N.; HARMAND, J. y GENARD, M. 2005. Shade: A Key Factor for Coffee Sustainability and Quality. ASIC Conference Bangalore India. Pp. 887 - 896.
53. VALENZUELA, M. 2010. Desarrollo y evaluación física, química y sensorial de un jarabe de sacarosa con pulpa de café saborizado (*Coffea arabica*). Proyecto especial para optar título de Ingeniero Agroindustria Alimentaria. Universidad Zamorano. Honduras. 5 p.
54. WILBAUX, R. 1964. El beneficio húmedo del café. Roma, Italia: Estudios Agropecuarios de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 35 p.
55. WINTGENS, J. 1992. Factores que influyen la calidad del café. XV Simposio Latinoamericano de caficultura Xalapa. Veracruz, México. 33 p.
56. WINTGENS, J. 1994. Influencia del beneficiado sobre la calidad del café. U.S.A. Nestle S.A. 19 p.

57. ZAVALA, 2007. Suelos, nutrición y fertilización ambientalmente sostenible del cultivo de café, cacao y palma aceitera”. Escuela de Posgrado-Facultad de Agronomía. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú. Pp. 44 - 70.

## **IX. ANEXO**



**Cuadro 27.** Análisis físico y químico del suelo de 1.0 ha de café caturra roja.

<b>Características</b>	<b>Valores</b>
<b>Análisis físico</b>	
1. Arena (%)	23.00
2. Limo (%)	54.00
3. Arcilla (%)	23.00
4. Clase textural (%)	Franco limoso
<b>Análisis químico</b>	
1. pH (1/1)	5.39
2. Materia orgánica (%)	2.42
3. Fósforo disponible (ppm P)	3.20
4. Potasio disponible (ppm K)	49.00
5. CIC e (meq./100 g suelo)	12.16
6. Ca (meq./100 g suelo)	5.71
7. Mg (meq./100 g suelo)	0.82
8. K (meq./100 g suelo)	0.22
9. Na (meq./100 g suelo)	0.18
10. Al+H (meq./100 g suelo)	0.10
11. Suma de cationes	7.02
12. Suma de bases	6.92

**Fuente:** Laboratorio de Suelos de la UNALM.

**Cuadro 28.** Resultados del porcentaje de cascarilla.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.16	0.16	0.16	0.15	0.62	15.57
T <sub>2</sub>	0.16	0.16	0.16	0.16	0.65	16.36
T <sub>3</sub>	0.16	0.16	0.16	0.17	0.66	16.44
T <sub>4</sub>	0.17	0.17	0.17	0.17	0.69	17.29

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 29.** Resultados del porcentaje de descarte.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.24
T <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.81
T <sub>3</sub>	0.02	0.02	0.02	0.01	0.06	1.53
T <sub>4</sub>	0.02	0.02	0.02	0.03	0.10	2.43

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 30.** Resultados del porcentaje de defectos.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.00	0.00	0.01	0.00	0.02	0.41
T <sub>2</sub>	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04	1.03
T <sub>3</sub>	0.03	0.03	0.03	0.03	0.11	2.81
T <sub>4</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.19	4.81

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 31.** Resultados del porcentaje de rendimiento exportable.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.84	0.84	0.84	0.84	3.35	83.78
T <sub>2</sub>	0.82	0.82	0.82	0.82	3.27	81.80
T <sub>3</sub>	0.79	0.79	0.79	0.79	3.17	79.23
T <sub>4</sub>	0.76	0.76	0.75	0.75	3.02	75.48

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 32.** Resultados del porcentaje de café especial.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.79	0.80	0.80	0.80	3.19	79.64
T <sub>2</sub>	0.76	0.76	0.76	0.77	3.05	76.18
T <sub>3</sub>	0.70	0.70	0.70	0.70	2.80	70.03
T <sub>4</sub>	0.54	0.54	0.53	0.54	2.15	53.86

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 33.** Resultados del porcentaje de café segunda.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.04	0.04	0.04	0.04	0.17	4.14
T <sub>2</sub>	0.06	0.06	0.05	0.05	0.22	5.62
T <sub>3</sub>	0.09	0.09	0.09	0.09	0.37	9.20
T <sub>4</sub>	0.21	0.21	0.22	0.22	0.86	21.61

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 34.** Resultados del porcentaje de café oro especial.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	0.95	0.96	0.95	0.96	3.81	95.32
T <sub>2</sub>	0.91	0.91	0.91	0.92	3.65	91.18
T <sub>3</sub>	0.83	0.84	0.84	0.84	3.35	83.81
T <sub>4</sub>	0.65	0.65	0.64	0.64	2.58	64.47

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 35.** Resultados del porcentaje de café oro segunda.

Trat/Rep.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	Y <sub>i</sub>	X (Prom.)
T <sub>1</sub>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.20	4.95
T <sub>2</sub>	0.07	0.07	0.06	0.06	0.27	6.73
T <sub>3</sub>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.44	11.01
T <sub>4</sub>	0.26	0.26	0.26	0.26	1.03	25.87

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 36.** Resultados de la puntuación del atributo fragancia y aroma.

Trat/Rep.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	Y <sub>i</sub>	X (Prom.)
T <sub>1</sub>	8.00	8.00	7.75	7.50	31.25	7.81
T <sub>2</sub>	7.50	8.00	7.50	7.50	30.50	7.63
T <sub>3</sub>	7.00	7.00	7.00	7.00	28.00	7.00
T <sub>4</sub>	6.00	6.00	6.25	6.00	24.25	6.06

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 37.** Resultados de la puntuación del atributo sabor.

Trat/Rep.	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	Y <sub>i</sub>	X (Prom.)
T <sub>1</sub>	7.50	7.50	7.75	8.50	31.25	7.81
T <sub>2</sub>	7.00	7.50	7.25	7.25	29.00	7.25
T <sub>3</sub>	6.25	6.00	7.00	6.75	26.00	6.50
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	5.00	6.00	21.00	5.25

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 38.** Resultados de la puntuación del atributo posgusto.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	7.50	7.50	7.50	7.50	30.00	7.50
T <sub>2</sub>	7.75	7.00	7.25	7.00	29.00	7.25
T <sub>3</sub>	6.25	6.25	6.25	6.25	25.00	6.25
T <sub>4</sub>	5.25	6.00	6.00	6.00	23.25	5.81

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 39.** Resultados de la puntuación del atributo acidez.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	7.50	7.00	7.50	8.00	30.00	7.50
T <sub>2</sub>	7.50	7.00	7.25	7.25	29.00	7.25
T <sub>3</sub>	6.50	6.00	6.75	6.50	25.75	6.44
T <sub>4</sub>	5.00	5.25	7.00	5.00	22.25	5.56

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 40.** Resultados de la puntuación del atributo cuerpo.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	7.50	7.00	7.75	7.50	29.75	7.44
T <sub>2</sub>	7.00	7.50	7.00	7.00	28.50	7.13
T <sub>3</sub>	6.25	7.00	6.75	7.25	27.25	6.81
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	5.00	5.00	20.00	5.00

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 41.** Resultados de la puntuación del atributo balance.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	7.50	8.50	7.50	7.50	31.00	7.75
T <sub>2</sub>	7.50	6.50	7.50	7.50	29.00	7.25
T <sub>3</sub>	7.25	6.00	6.50	7.00	26.75	6.69
T <sub>4</sub>	6.00	5.00	5.00	5.50	21.50	5.38

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 42.** Resultados de la puntuación del atributo apreciación general.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	8.00	7.75	7.75	8.00	31.50	7.88
T <sub>2</sub>	7.50	7.50	7.75	7.50	30.25	7.56
T <sub>3</sub>	7.00	6.00	6.75	7.00	26.75	6.69
T <sub>4</sub>	6.00	5.00	5.00	5.50	21.50	5.38

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 43.** Resultados de la puntuación del atributo uniformidad.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>2</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>3</sub>	5.00	6.00	5.00	6.00	22.00	5.50
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	5.00	5.00	20.00	5.00

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 44.** Resultados de la puntuación del atributo taza limpia.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>2</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>3</sub>	5.00	5.00	5.00	5.00	20.00	5.00
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	4.00	5.00	19.00	4.75

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 45.** Resultados de la puntuación del atributo dulzura.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>2</sub>	10.00	10.00	10.00	10.00	40.00	10.00
T <sub>3</sub>	5.00	6.00	6.00	5.00	22.00	5.50
T <sub>4</sub>	5.00	5.00	5.00	5.00	20.00	5.00

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 46.** Resultados de la puntuación del puntaje final.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	83.50	83.25	83.50	84.50	334.75	83.69
T <sub>2</sub>	81.75	81.00	81.50	81.00	325.25	81.31
T <sub>3</sub>	62.50	60.25	63.00	63.75	249.50	62.38
T <sub>4</sub>	53.25	52.25	53.25	54.00	212.75	53.19

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 47.** Resultados de los grados Brix de los granos de café.

<b>Grano verde</b>						
<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	4.64	4.23	4.90	4.36	18.13	4.53
T <sub>2</sub>	4.00	4.26	4.14	4.23	16.63	4.16
<b>Grano pintón</b>						
<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	9.69	10.48	9.66	10.96	40.79	10.20
T <sub>2</sub>	6.98	6.95	7.28	7.13	28.33	7.08
<b>Grano maduro</b>						
<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	17.23	16.43	17.85	16.95	68.45	17.11
T <sub>2</sub>	13.95	13.99	13.85	13.81	55.60	13.90
<b>Grano sobremaduro</b>						
<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
T <sub>1</sub>	20.51	21.11	20.97	21.60	84.19	21.05
T <sub>2</sub>	17.44	16.85	17.42	16.89	68.60	17.15

Tx: Tratamientos.; Ry: Repeticiones.

**Cuadro 48.** Resultados del grado de incidencia de roya en diez hojas.

<b>Trat/Rep.</b>	<b>R<sub>1</sub></b>	<b>R<sub>2</sub></b>	<b>R<sub>3</sub></b>	<b>R<sub>4</sub></b>	<b>R<sub>5</sub></b>	<b>Y<sub>i</sub></b>	<b>X (Prom.)</b>
Grado 0	0.00	0.00	0.17	0.17	0.00	0.33	0.07
Grado 1	1.00	1.17	1.00	1.00	1.00	5.17	1.03
Grado 2	1.50	1.67	1.00	1.67	1.17	7.00	1.40
Grado 3	3.67	2.67	4.33	3.33	4.17	18.17	3.63
Grado 4	3.83	4.50	3.50	3.83	3.67	19.33	3.87





Figura 11. Cosecha selectiva de la caturra roja con roya.



Figura 12. Grados Brix de los granos por estado de maduración.



**Figura 13.** Grados Brix de los granos por estado de maduración.



**Figura 14.** Panel de catadores Q grader.