



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Evaluación paramétrica en tostado de cacao piurano con
diseño factorial 3^k , y determinación del perfil sensorial**

Tesis para optar el Título de
Ingeniero Industrial y de Sistemas

María Claudia Jimena Ruiz Lau

Asesor:
Dra. Ing. Bertha Susana Vegas Chiyón

Piura, febrero de 2020





A Dios, por iluminarme siempre en mis metas y darme la capacidad de seguir adelante.

Y a Claudia, mi madre, por enseñarme el valor de la perseverancia, y por introducirme al vasto mundo del cacao orgánico.



Resumen Analítico-Informativo

“Evaluación paramétrica en tostado de cacao piurano con diseño factorial 3^k , y determinación del perfil sensorial”

María Claudia Jimena Ruiz Lau

Asesor(es): **Dra. Ing. Susana Vegas Chiyón**

Tesis.

Título de Ingeniero Industrial y de Sistemas

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, Febrero de 2020

Palabras claves: cacao / tostado / tiempo / temperatura / evaluación / sensorial

Introducción: Actualmente, el cacao peruano piurano cuenta con varios reconocimientos de calidad a nivel internacional, por ser de grano fino y aromático. Sin embargo, las empresas que ahora lo producen exportan únicamente el cacao el grano, sin posterior procesamiento, por lo que no se preocupan de la optimización de etapas importantes tales como la fermentación y el tostado. La Cooperativa Norandino pretende ser una de las primeras empresas en producir no solo cacao en grano si no licor de cacao, para lo que requieren definir sus parámetros. Durante este trabajo, se tomaron 4 variedades piuranas de cacao utilizadas por la empresa, para evaluar la posibilidad de mejorar la configuración de su tostado en base a la evaluación de sus atributos sensoriales.

Metodología: Se utilizó la recolección de datos a través de entrevistas, hojas de recogida de datos (fichas de degustación) y la observación directa. Se realizó la experimentación directa en un tostador de café para laboratorio, y el análisis de datos mediante tabulación, diagramas y organizadores, además de un diseño estadístico factorial de 3^2 , realizado en Minitab.

Resultados: Se logró definir el perfil sensorial de los 4 tipos de cacao utilizados y, si bien se encontró un mejor valor entre las 9 combinaciones del diseño 3^k , la variabilidad del proceso resultó tan grande que no se pudo predecir un óptimo fuera de esos valores. Sin embargo, el valor encontrado es parecido en los 4 tipos, y se cree que el óptimo debe ser cercano. Este valor fue superior al promedio actual de Norandino. Se confirmó que el tiempo es más importante que la temperatura para el desarrollo del sabor y el aroma, y se explicó el porqué de la aparición de ciertos sabores, aromas y texturas, y cómo disminuirlos o amplificarlos.

Conclusiones: El grado de tostado actual de la Cooperativa Norandino podría elevarse un poco, según el criterio común de la mayoría de personas. Sin embargo, la evaluación realizada es muy subjetiva debido a la manera en que se realiza la cata, y también el procesamiento del cacao es muy variable, desde su cosecha hasta su envasado, por motivos que muchas veces no se pueden controlar. Es por ello que resulta más conveniente conocer el perfil sensorial de un tipo de cacao, para saber cómo manejarlo, que asumir que existe un óptimo para toda ocasión.

Fecha de elaboración del resumen: 30 de octubre de 2019

Analytical-Informative Summary

“Parametric evaluation in Piura’s cocoa roasting with 3k factorial design, and sensory profile determination”

María Claudia Jimena Ruiz Lau

Advisor: Dra. Ing. Susana Vegas Chiyón

Thesis

Industrial and Systems Engineer degree.

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.

Piura, February of 2020

Keywords: cocoa / roasting / time / temperature / evaluation / sensory

Introduction: Currently, cocoa from Piura-Peru, has several international quality awards, because of its fine and aromatic grain. However, companies that now produce it, export only cocoa beans, without further processing, so they do not worry about the optimization of important stages such as fermentation and roasting. The Norandino Cooperative intends to be one of the first companies to produce not only cocoa beans but also cocoa liquor, for which they need to define their parameters. During this work, 4 Piura varieties of cocoa used by the company were taken, in order to evaluate the possibility of improving the configuration of their roasting, based on the evaluation of their sensory attributes.

Methodology: Data collection was used through interviews, data collection sheets (tasting sheets) and direct observation. Direct experimentation was carried out in a laboratory coffee roaster, and the analysis of data was made by tabulation, diagrams and organizers, in addition to a 3²-factorial statistical design, carried out in Minitab.

Results: It was possible to define the sensory profile of the 4 types of cocoa used and, even though a highest value was found between the 9 combinations of the 3^K design, the process variability resulted so high it was not possible to predict an optimum outside those values. However, the value found in the 4 types was really similar, and it is believed that the optimum is close. This value was higher than the current average in Norandino. It was confirmed that time is more important than temperature for development of flavor and aroma, and the reasons for the appearance of certain flavors, aromas and textures, and how to decrease or amplify them, were explained.

Conclusions: The current degree of roasting being used in the Norandino Cooperative could rise somewhat, according to the common criteria of most people. However, the evaluation carried out is very subjective due to the way the tasting is done, and also the processing of cocoa is very variable, from its harvest to its packaging, for reasons that often cannot be controlled. That is why it is more convenient to know the sensory profile of a type of cocoa, to know how to handle it, than to assume that there is an optimum for every occasion.

Summary date: October 30th, 2019

Prólogo

En los últimos años, el mercado internacional viene dando un reconocimiento cada vez mayor al cacao de origen peruano, por ser de grano fino y aromático. Por ello, muchos países de todas partes del mundo, y especialmente de Europa, han buscado afianzar contratos de exportación con productores peruanos.

Dentro del Perú, Piura es una de las principales ciudades que cuenta con un cacao de muy alta calidad, pero cuya explotación está poco desarrollada. Con el motivo de agrupar a los productores, y crear lazos entre ellos y los compradores internacionales, la Cooperativa Norandino, empresa productora de café y panela, decidió ampliar sus horizontes al cacao orgánico.

Teniendo en cuenta además que existen muy pocas empresas que comercialicen el cacao en grano en la región de Piura, y que todas ellas son de creación reciente, se encuentra la necesidad de caracterizar sensorialmente los tipos de grano que aquí se cultivan, para poder optimizar su procesamiento en base al uso posterior que se les dé; y especialmente el tostado, operación indispensable en el desarrollo de aromas y sabores. En consecuencia, la presente tesis brinda los datos y análisis necesarios para comprender el perfil sensorial de 4 variedades principales, utilizadas por la Cooperativa Norandino, y la evaluación de los parámetros de tostado de cada uno de ellos según su perfil, para determinar las pautas para su optimización.

Se hace un agradecimiento muy especial a todas las personas que hicieron posible el desarrollo de esta investigación:

A mi asesora, Dra. Ing. Susana Vegas, por el apoyo de mis ideas, y la dedicación de su tiempo para encaminar este proyecto.

Al Ing. Martín Domínguez, por brindarme su tiempo y todas las facilidades dentro de la planta; y por su confianza para llevar a cabo la investigación.

A los ingenieros Evelyne Valle y Abimel López, por su apoyo en el laboratorio, y su participación en la cata de muestras.

A todo el personal de la Cooperativa Norandino que me dio su apoyo y guía constante durante los últimos meses.

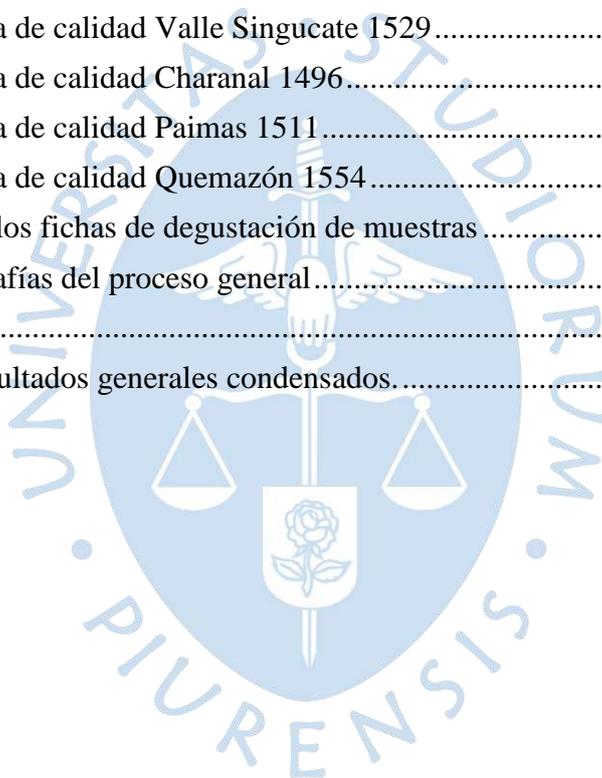


Tabla de contenidos

Introducción	1
Capítulo 1. Antecedentes y situación actual	3
1. Situación del cacao a nivel mundial	3
1.1. Boom de <i>commodities</i>	3
1.2. Producción.	5
1.3. Oferta y demanda.....	6
2. Situación del cacao a nivel nacional.....	8
3. Cooperativa Norandino	12
Capítulo 2. Marco teórico	13
1. Historia del cacao	13
2. Caracterización del cacao	14
2.1. Descripción física.	14
2.2. Clasificación botánica.....	15
2.3. Clasificación comercial.....	17
3. Siembra y cosecha	18
3.1. Siembra.	18
3.2. Cosecha.	19
4. Procesamiento.....	19
4.1. Fermentación.....	20
4.2. Secado.....	21
4.3. Almacenamiento.....	21
4.4. Control de calidad.....	22
4.5. Limpieza.	22
4.6. Tostado.....	23
4.7. Descascarillado o trillado.....	23
4.8. Molienda.	24
5. Calidad.....	24
5.1. Aspectos de la calidad en el cacao en grano.....	24
5.2. Normas de la calidad.....	28
5.3. Aspecto químico de la calidad del licor de cacao.....	32
6. Aplicaciones y beneficios.....	34
6.1. Usos en la industria.....	34
6.2. Impacto en la salud.	35
Capítulo 3. Metodología	37
1. Preparación del licor de cacao.....	37

1.1. Pre-tostado	37
1.2. Tostado.....	41
1.3. Enfriamiento y almacenamiento.	45
1.4. Descascarillado.	46
1.5. Molienda y conchado.....	46
1.6. Almacenado final.....	48
2. Análisis sensorial.....	49
2.1. Aroma.	51
2.2. Acidez.	51
2.3. Amargura.	52
2.4. Astringencia.	52
2.5. Defectos.	53
2.6. Sabor.	53
2.7. Posgusto.	55
2.8. Puntos del catador.....	55
3. Procesamiento de datos	56
3.1. Diseño Experimental.....	56
3.2. Perfil sensorial.....	58
Capítulo 4. Resultados	61
1. Valle Singucate.....	61
1.1. Cata de muestras.....	62
1.2. Diseño factorial 3^k y Análisis de Varianza.	71
2. Charanal.....	74
2.1. Cata de Muestras.....	75
2.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza.	83
3. Paimas.....	86
3.1. Cata de Muestras.....	87
3.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza.	95
4. Quemazón.....	98
4.1. Cata de Muestras.....	99
4.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza.	107
Capítulo 5. Análisis de resultados	113
1. Perfil sensorial	113
1.1. Valle Singucate	113
1.2. Charanal	115
1.3. Paimas.....	116
1.4. Quemazón	118

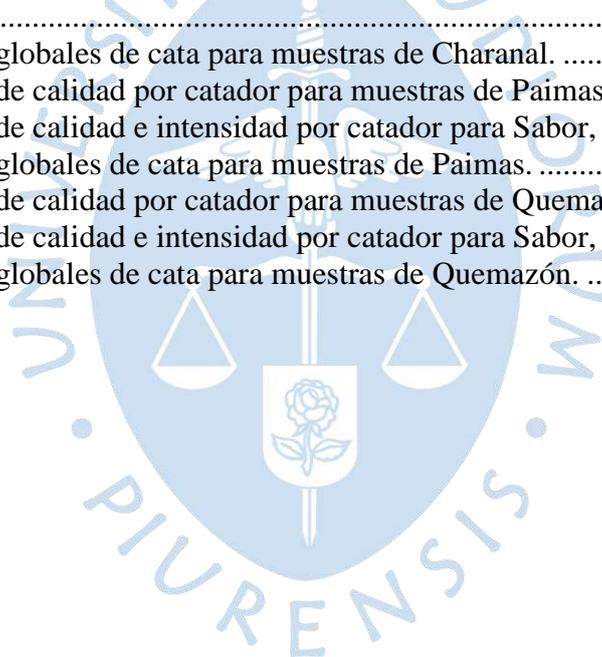
2. Diseño experimental.....	119
2.1. Valle Singucate.....	119
2.2. Charanal.....	120
2.3. Paimas.....	121
2.4. Quemazón.....	122
Conclusiones	127
Recomendaciones	131
Referencias Bibliográficas	133
Anexos	135
Anexo A. Requisitos de calidad en la industria.....	136
Anexo B. Recomendaciones para la evaluación de atributos sensoriales	137
Anexo C-1. Ficha de calidad Valle Singucate 1529.....	138
Anexo C-2. Ficha de calidad Charanal 1496.....	139
Anexo C-3. Ficha de calidad Paimas 1511.....	140
Anexo C-4. Ficha de calidad Quemazón 1554.....	141
Anexo D. Ejemplos fichas de degustación de muestras	142
Anexo E. Fotografías del proceso general.....	143
Apéndices	145
Apéndice A. Resultados generales condensados.....	146





Lista de Tablas

Tabla 1. Exportaciones del Perú por grupos de productos (porcentaje) del 2003-2012	8
Tabla 2. Producción de principales productos agrícolas en Perú (2005-2012) en miles de Tm.....	9
Tabla 3. Demanda interna aparente del cacao crudo en Perú (2000-2016) en T.	10
Tabla 4. Producción y exportación de cacao en el Perú (2000-2015).....	11
Tabla 5. Porcentaje máximo de granos defectuosos (ISO).	30
Tabla 6. Porcentaje máximo de granos defectuosos según calidad (FCC).	31
Tabla 7. Usos y derivados de los subproductos del cacao.	34
Tabla 8. Tostadora utilizada para los granos de cacao.	41
Tabla 9. Distribución del diseño factorial completo 3^2	57
Tabla 10. Puntajes de calidad por catador para muestras de Valle Singucate.	63
Tabla 11. Puntajes de calidad e intensidad por catador para sabor, en Valle Singucate.....	67
Tabla 12. Puntajes globales de cata para muestras de Valle Singucate.	70
Tabla 13. Puntajes de calidad por catador para muestras de Charanal.	75
Tabla 14. Puntajes condensados de calidad e intensidad por catador para sabor, en Charanal.	79
Tabla 15. Puntajes globales de cata para muestras de Charanal.	82
Tabla 16. Puntajes de calidad por catador para muestras de Paimas.	87
Tabla 17. Puntajes de calidad e intensidad por catador para Sabor, en Paimas.....	91
Tabla 18. Puntajes globales de cata para muestras de Paimas.	94
Tabla 19. Puntajes de calidad por catador para muestras de Quemazón.	99
Tabla 20. Puntajes de calidad e intensidad por catador para Sabor, en Quemazón.	103
Tabla 21. Puntajes globales de cata para muestras de Quemazón.	107





Lista de Figuras

Figura 1. Impacto del Boom de Commodities sobre el PBI del año 2000.....	4
Figura 2. Evolución de la producción mundial de cacao en grano	5
Figura 3. Producción mundial de cacao por países (2016)	6
Figura 4. Pronóstico de la oferta y demanda mundial del cacao (2013/14-2022/23).....	6
Figura 5. Principales países exportadores de cacao en grano en el mundo.....	7
Figura 6. Principales países importadores de cacao en grano en el mundo	8
Figura 7. Producción, balances y DIA de cacao en el Perú (2000-2016)	10
Figura 8. Producción y exportación de cacao en el Perú (2000-2015)	11
Figura 9. Árbol del cacao o cacaotero.....	15
Figura 10. Mazorca de cacao y granos extraídos.	15
Figura 11. Cacao forastero, criollo y trinitario.....	17
Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pasta o licor de cacao.	20
Figura 13. Pluma para extracción de muestras en almacén.	37
Figura 14. Prueba de corte del grano.	38
Figura 15. Tipificación del grano de cacao en la prueba de corte.....	39
Figura 16. Higrómetro.....	40
Figura 17. Muestras plumeadas de cacao en grano.....	40
Figura 18. Selección manual de granos para el tostado.	42
Figura 19. Separación de muestras en bandejas de 100g.	42
Figura 20. Mecanismos de control de temperatura durante el tostado.....	43
Figura 21. Colocación de los granos en los cilindros tostadores.	44
Figura 22. Control de tiempo de tostado y retiro de las muestras del cilindro tostador.....	45
Figura 23. Almacenamiento de muestras tostadas.	45
Figura 24. Separación de grano y cáscara en el descascarillado.....	46
Figura 25. Molienda de granos previa al conchado de muestras.	47
Figura 26. Máquina utilizada para el conchado de muestras.	47
Figura 27. Máquina conchadora en funcionamiento.	48
Figura 28. Ejemplo de muestra envasada y etiquetada.	48
Figura 29. Ficha sensorial de degustación de licor de cacao.	50
Figura 30 Tipos de sustancias ácidas contenidas en el licor de cacao.	51
Figura 31. Tipos de sabores amargos presentes en el licor de cacao.	52
Figura 32. Tipos de sabores astringentes presentes en el licor de cacao.....	52
Figura 33. Tipos de sabores defectuosos presentes en el licor de cacao.	53
Figura 34. Categorías de sabores positivos o neutros presentes en el licor de cacao.	54
Figura 35. Gráfico araña del perfil sensorial de la muestra XYZ.	54
Figura 36. Hoja de puntuación para distintos catadores.	56
Figura 37. Mapa de sabores del cacao.	59
Figura 38. Mapa sensorial del cacao.	59
Figura 39. Muestras etiquetadas del lote de Valle Singucate.....	62
Figura 40. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Valle Singucate.	64
Figura 41. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Valle Singucate.....	64
Figura 42. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Valle Singucate.....	65
Figura 43. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Valle Singucate.....	65
Figura 44. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Valle Singucate.....	65
Figura 45. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Valle Singucate.....	66
Figura 46. Puntaje por catador para Sabor en muestras de Valle Singucate.....	68
Figura 47. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Valle Singucate.....	68

Figura 48. Perfiles sensoriales por muestra en Valle Singucate.	69
Figura 49. Perfil sensorial de cacao en Valle Singucate.	69
Figura 50. Puntaje personal por catador en muestras de Valle Singucate.	70
Figura 51. ANOVA para diseño cuadrático inicial de Valle Singucate.	71
Figura 52. Gráficas de residuos del diseño cuadrático de Valle Singucate.	72
Figura 53. ANOVA para el diseño cuadrático final de Valle Singucate.	72
Figura 54. Diagrama de Pareto del diseño cuadrático final de Valle Singucate.	73
Figura 55. Gráfica de interacción de tiempo y temperatura para Valle Singucate.	73
Figura 56. Ecuación de regresión para Valle Singucate.	74
Figura 57. Superficie de respuesta para Valle Singucate.	74
Figura 58. Muestras etiquetadas del lote de Charanal.	75
Figura 59. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Charanal.	76
Figura 60. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Charanal.	77
Figura 61. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Charanal.	77
Figura 62. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Charanal.	77
Figura 63. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Charanal.	78
Figura 64. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Charanal.	78
Figura 65. Puntaje por catador para Sabor en muestras de Charanal.	80
Figura 66. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Charanal.	80
Figura 67. Perfiles sensoriales por muestra en Charanal.	81
Figura 68. Perfil sensorial de cacao de Charanal.	82
Figura 69. Puntaje personal por catador en muestras de Charanal.	82
Figura 70. ANOVA para diseño (lineal + cuadrados) inicial de Charanal.	83
Figura 71. Gráficas de residuos del (diseño lineal + cuadrados) de Charanal.	84
Figura 72. ANOVA para diseño (lineal + cuadrados) final de Charanal.	84
Figura 73. Diagrama de Pareto obtenido para diseño (lineal + cuadrados) final de Charanal.	85
Figura 74. Gráfica de efecto principal de la temperatura para Charanal.	85
Figura 75. Ecuación de regresión para Charanal.	86
Figura 76. Superficie de respuesta para Charanal.	86
Figura 77. Muestras etiquetadas del lote de Paimas.	87
Figura 78. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Paimas.	88
Figura 79. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Paimas.	89
Figura 80. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Paimas.	89
Figura 81. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Paimas.	89
Figura 82. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Paimas.	90
Figura 83. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Paimas.	90
Figura 84. Puntaje de calidad por catador para Sabor en muestras de Paimas.	92
Figura 85. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Paimas.	92
Figura 86. Perfiles sensoriales por muestra en Paimas.	93
Figura 87. Perfil sensorial de cacao de Paimas.	93
Figura 88. Puntaje personal por catador para muestras de Paimas.	94
Figura 89. ANOVA para diseño (lineal + interacción) de Paimas.	95
Figura 90. Gráficas de residuos del diseño (lineal + interacción) de Paimas.	96
Figura 91. Diagrama de Pareto obtenido para diseño (lineal + cuadrados) de Paimas.	96
Figura 92. Gráfica de interacción de tiempo y temperatura para Paimas.	97
Figura 93. Gráfica de efecto principal del tiempo para Paimas.	97
Figura 94. Ecuación de regresión para Paimas.	98
Figura 95. Superficie de respuesta para Paimas.	98
Figura 96. Muestras etiquetadas del lote de Quemazón.	99

Figura 97. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Quemazón.	100
Figura 98. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Quemazón.	101
Figura 99. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Quemazón.	101
Figura 100. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Quemazón.	102
Figura 101. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Quemazón.	102
Figura 102. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Quemazón.	103
Figura 103. Puntaje de calidad por catador para Sabor en muestras de Quemazón.	104
Figura 104. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Quemazón.	105
Figura 105. Perfil sensorial de cacao de Quemazón.	105
Figura 106. Perfiles sensoriales por muestra en Quemazón.	106
Figura 107. Puntaje personal de catador en muestras de Quemazón.	106
Figura 108. ANOVA para diseño lineal inicial de Quemazón.	108
Figura 109. ANOVA para diseño lineal final de Quemazón.	108
Figura 110. Gráficas de residuos del diseño lineal final de Quemazón.	109
Figura 111. ANOVA para diseño lineal final ajustado de Quemazón.	109
Figura 112. Diagrama de Pareto obtenido para diseño lineal final de Quemazón.	110
Figura 113. Gráfica de efecto principal del tiempo para Quemazón.	110
Figura 114. Ecuación de regresión para Quemazón.	111
Figura 115. Superficie de respuesta para Quemazón.	111





Introducción

Actualmente en Piura-Perú, no existen empresas que comercialicen algún subproducto del cacao en grano, únicamente su versión natural orgánica, por lo que no existe información histórica de la caracterización sensorial de los cacaos piuranos, ni mucho menos de los estándares utilizados para las etapas de procesamiento. La Cooperativa Norandino pretende ser una de las primeras en producir licor de cacao, para lo cual deberán definir sus propios parámetros en función de su materia prima.

Por ello, en la presente investigación se evaluarán los principales cuatro tipos de cacao con los que cuenta la empresa, todos pertenecientes a la región Piura, pero cuya ubicación geográfica (características de suelo y clima, y alrededores), y técnicas de procesamiento (siembra, cosecha, fermentación, secado, almacenamiento y tostado) hacen que estos sean muy diferentes entre sí, tanto en los sabores y aromas, como en los defectos físicos recurrentes que puedan presentar. La investigación está centrada en la etapa de tostado, al ser esta calificada como una de las más importantes, junto con la fermentación, para desarrollar el sabor y aroma del chocolate.

El desarrollo de la evaluación de los cuatro tipos de grano se desarrollará a lo largo de cinco capítulos. En el primer capítulo, se pretende informar acerca de la importancia histórica del cacao en la economía, y cuál es su posición dentro de ella actualmente, de forma global, nacional, y local. En el segundo capítulo, se presentan las bases para un conocimiento profundo del fruto, tanto de sus características físico-químicas, procesamiento, normas de calidad, y beneficios para la salud. En el tercer capítulo, se explica la metodología utilizada para realizar la evaluación, consistente en un diseño factorial completo 3^2 de licor de cacao para cada uno de los tipos de grano, seguido de una evaluación sensorial realizada mediante la cata de 3 expertos. Los resultados de ello serán presentados en el cuarto capítulo, mediante diagramas de línea y araña, y tablas. En el quinto y último capítulo, se realizará el análisis de los resultados, y se explicará cómo se relacionan unos con otros, definiendo el perfil sensorial de cada tipo, y el nivel más alto de calidad encontrado entre las 9 combinaciones para cada uno de ellos.



Capítulo 1

Antecedentes y situación actual

1. Situación del cacao a nivel mundial

El cacao forma parte del grupo de los denominados *commodities*, que son aquellas materias primas básicas extraídas de la naturaleza, cuyo valor agregado es bajo, pues este se adquiere tras la transformación respectiva de la materia. Pueden ser clasificados en los de carácter energético, metalúrgico y alimentario. Naturalmente, el cacao pertenece a estos últimos.

Si bien este tipo de productos llevan años cultivándose y comercializándose entre continentes, su importante participación en el valor de las exportaciones de ciertos países surgió a partir de la década pasada, tras un acontecimiento denominado el Boom de los *commodities*, que causó una revalorización mundial.

1.1. Boom de *commodities*. Desde la primera década de los años 2000, los *commodities* juegan un papel muy importante en Latinoamérica, pues un inesperado boom causó que los precios se alcen en un gran porcentaje: las categorías de petróleo y metales incrementaron hasta en un 150% y 180% respectivamente, mientras que la categoría agrícola tuvo un crecimiento de mucho menor impacto debido a la naturaleza de su mercado, que cuenta con una oferta más elástica y abundante. Sin embargo, su crecimiento comenzó a ir en aumento ya que la ayuda de los avances tecnológicos “permitió reducir la sensibilidad de los precios a shocks de oferta producidos por factores geopolíticos o climáticos” (Kosacoff & Campanario, 2007, p.11).

De esta manera, los países emergentes, como lo son la mayoría en América Latina, comenzaron a ser altamente dependientes de estos productos para generar ingresos en sus exportaciones. Todo esto fue directamente causado porque entre los años 2002 y 2008, China pasó a ser una potencia en el consumo y demanda de metales debido a su incremento de producción industrial, y así los países latinoamericanos, para satisfacer la demanda, aumentaron mucho su producción y oferta de *commodities* en el mercado internacional. Este hecho ha favorecido hasta la actualidad a muchos países latinoamericanos, y especialmente a Perú, porque independientemente de los ingresos del momento, permitió que su relación comercial con China se afianzara.

Teniendo en cuenta que para el año 1975, la relación entre China y América Latina representaba únicamente 200 millones de dólares, se puede decir que literalmente explotó

durante estas épocas de auge, llegando a sumar 100,000 millones de dólares en el 2010, 35 años después. Y, si bien esta situación favoreció a todos los países latinos exportadores de materias prima, los países de América del Sur fueron sin duda los más favorecidos. En la figura 1 se pueden observar los impactos generados sobre el PBI en millones de dólares, durante los años clave del boom.

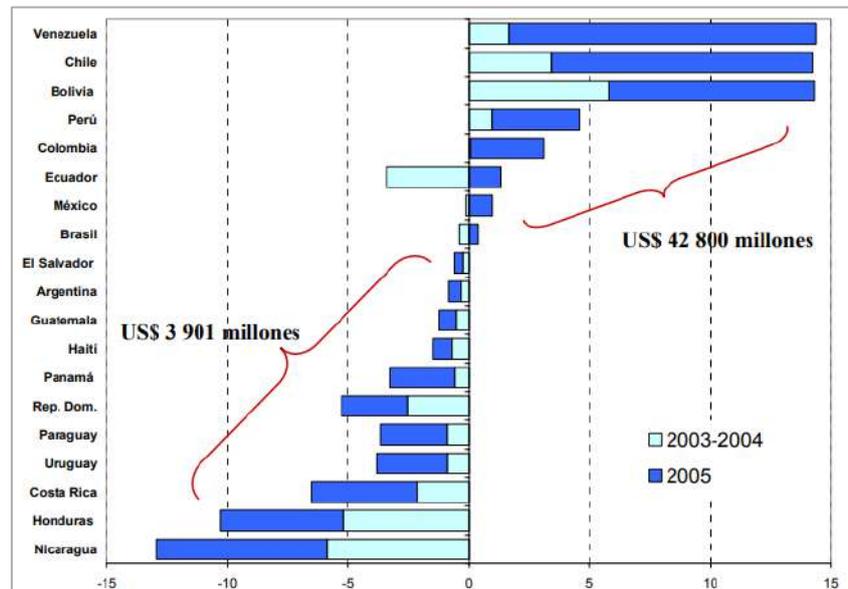


Figura 1. Impacto del Boom de Commodities sobre el PBI del año 2000
Fuente: Kosacoff & Campanario (2007).

Como se puede ver, Perú no sufrió tal aumento como Venezuela, Chile y Bolivia en cuanto a millones de dólares, pero sí si es que lo comparamos a su PBI de los años inmediatamente anteriores al boom.

En cuanto a los commodities, podemos decir que este y otros acontecimientos han logrado un notable desenvolvimiento del mercado mundial de productos alimentarios, pues lograron la “apertura comercial y liberación de mercados, la consolidación de bloques económicos, el fortalecimiento de instituciones que rigen el comercio internacional, el desarrollo de nuevas tecnologías en el ámbito de la producción y comercio de mercancías, entre otros” (Quintero & Díaz, 2004, p. 49).

La revalorización de estos productos se dio de forma distinta en cada uno de los países, según sus productos típicos de cultivo; sin embargo, un rubro fue de común interés a muchos: los bienes de lujo, que son aquellos que no son de primera necesidad en la alimentación, pero son altamente demandados. Buenos ejemplos de ellos son el cacao y el café.

Ya centrándonos en el objeto de estudio; es decir, el cacao, y habiendo entendido los antecedentes del crecimiento de producción, podemos desglosar a detalle los aspectos comerciales.

1.2. Producción. Tal como podemos ver en la figura 2, entre los años 2000 a 2014, el crecimiento de producción mundial es de aproximadamente 2.2% anual. Adicionalmente, se presentan las productividades de Costa de Marfil y Ghana, pues debido a sus muy bajos precios se han consolidado como unas de las más elevadas en los últimos años.

A pesar de que se puede observar una leve caída en los valores para el último año presentado (2014) esto no llegó a ser una tendencia, puesto que según los datos de la Organización Internacional del Cacao (ICCO), los valores estimados de producción mundial para el periodo 2017/18 llegaron a ser de 4645 millones de toneladas (ICCO Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics-Vol. XLIV, N° 3, 2017/18).

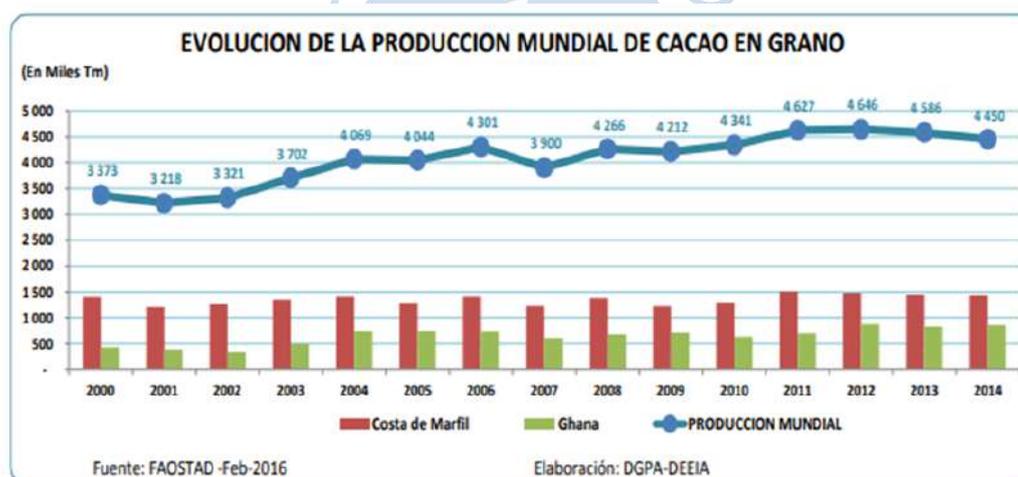


Figura 2. Evolución de la producción mundial de cacao en grano
Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA).

En cuanto a la distribución de dicha producción, el continente africano siempre ha liderado ventajosamente el mercado, debido a sus variedades de cacao de producción fácil y económica. En el último periodo se estimó una participación de aproximadamente el 75.9%, seguido por muy lejos por América, con un 17%, y finalmente Asia & Oceanía, con una participación del 7.1%.

La figura 3 presenta la distribución entre los principales países productores, del 2016.

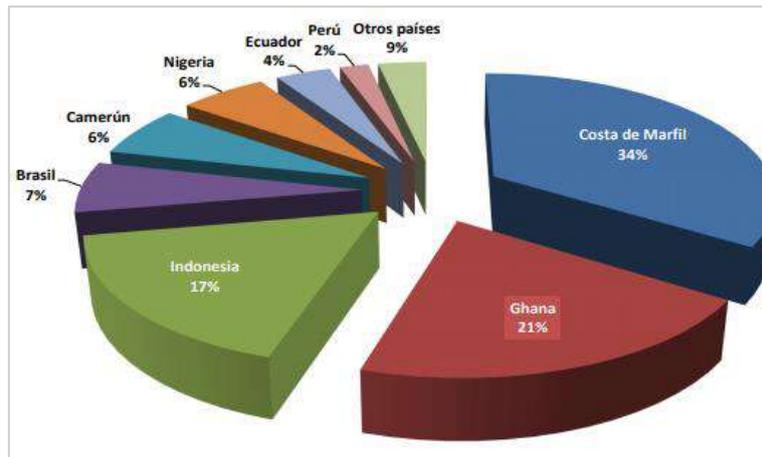


Figura 3. Producción mundial de cacao por países (2016)
Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

1.3. Oferta y demanda. El saldo de cacao (superávit/déficit) al final de cada periodo ha sido siempre muy inestable: Por un lado, la oferta ha sufrido eventualidades que han causado su caída en varias ocasiones (aquí tenemos, por ejemplo, problemas políticos en Costa de Marfil, enfermedades y envejecimiento de plantas en Ghana, Indonesia y Brasil, y los bajos precios). Por otro lado, la demanda (que según la ICCO se mide en “moliendas”), ha sido relativamente estable y creciente, impulsada por el mercado mundial de confitería de chocolates (continente europeo y países emergentes).

Igualmente, este impulso del mercado de confitería ha causado cambios en los hábitos de consumo, incrementándose este en los mercados tradicionales, y aumentando el contenido de cacao (chocolate negro) en los productos (Romero, s/f). Un resumen ajustado de los valores de los últimos años y las proyecciones para los siguientes se muestra en la figura 4.



Figura 4. Pronóstico de la oferta y demanda mundial del cacao (2013/14-2022/23)
Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA).

Aparentemente, la ICCO considera que, en un futuro cercano, la oferta estaría, de manera consistente, por debajo de la demanda, debido principalmente al deterioro de las áreas productivas más importantes de África y Asia, y por problemas climáticos y/o políticos.

1.1.1. Oferta. En la figura 5 podemos ver con mayor detalle los principales países exportadores de cacao en las últimas décadas, así como sus cantidades.

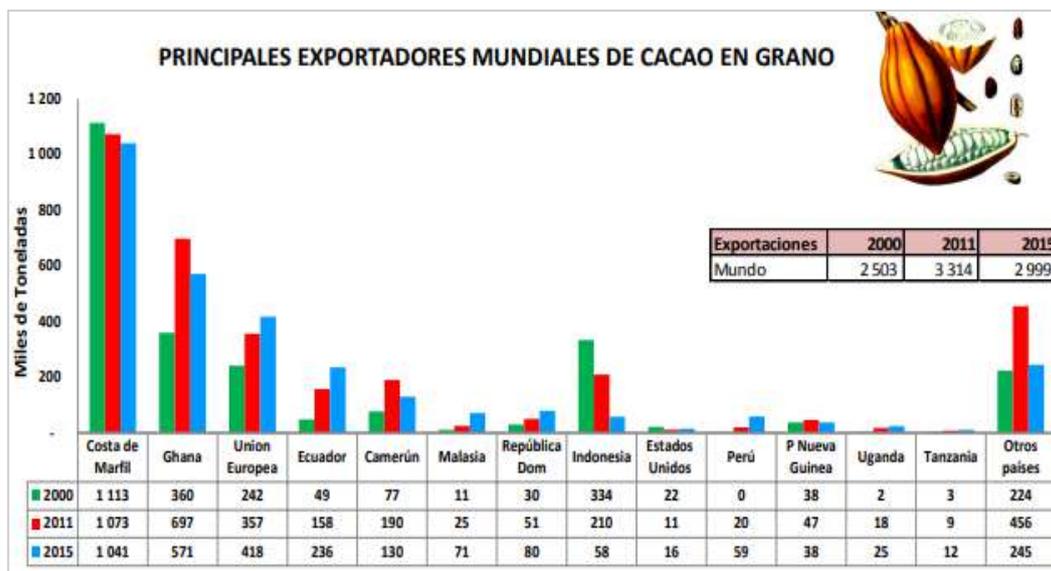


Figura 5. Principales países exportadores de cacao en grano en el mundo
Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

Costa de Marfil y Ghana tienen una participación conjunta del 59%; sin embargo, sus exportaciones, así como las de Asia y Brasil, suelen ser del cacao más básico (Forastero). Por otro lado, las exportaciones de América Latina y el Caribe suelen ser de cacao fino o de aroma (Criollo o Trinitario).

Las exportaciones pertenecientes a “otros países”, son de cacao Forastero también.

1.1.2. Demanda. El crecimiento anual promedio de los países importadores de cacao es de un 0.5%, siendo este bastante estable (periodo 2000-2015). Existió una fuerte caída del 14% en el 2015, explicada por los problemas económicos de Europa y los elevados precios internacionales. Es por ello que sus importaciones disminuyeron considerablemente en años posteriores.

Esto puede observarse en la figura 6.

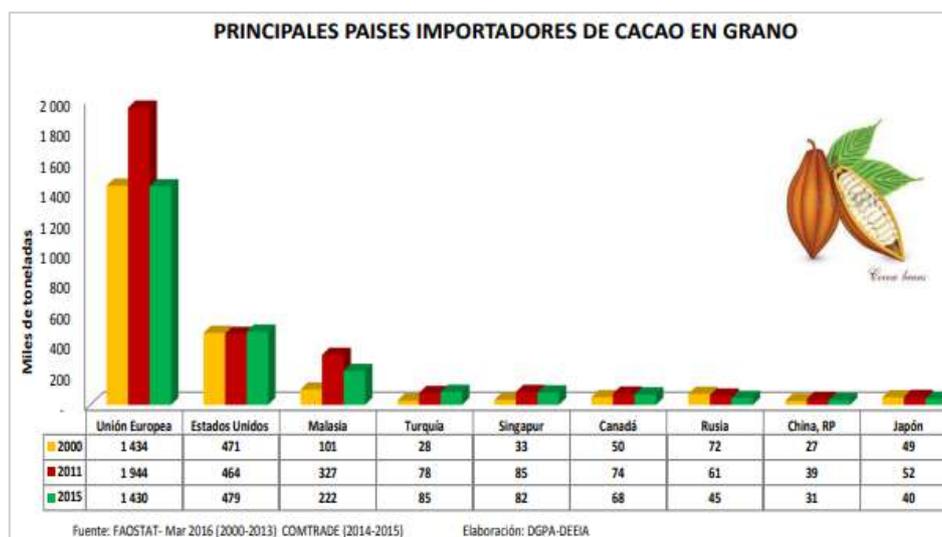


Figura 6. Principales países importadores de cacao en grano en el mundo
Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

Como se muestra, la Unión Europea representa el 56% del total importado del mundo, y dentro de ella los Países Bajos, Bélgica, Alemania, Francia y España ya representan el 82.5%.

2. Situación del cacao a nivel nacional

El Perú también se vio favorablemente afectado por el período del boom de *commodities* en cuanto a la venta internacional, elevando las exportaciones en casi todos los rubros existentes, como se puede ver en la tabla 1. El cacao se considera dentro del grupo de productos tradicionales, puesto que estamos hablando de la comercialización del cacao en grano, sin valor añadido.

Tabla 1. Exportaciones del Perú por grupos de productos (porcentaje) del 2003-2012

Sector	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Pesquero	9	8.6	7.5	5.6	5.2	5.8	6.2	5.3	4.5	5
Agrícola	2.5	2.5	1.9	2.4	1.6	2.2	2.4	2.7	3.6	2.4
Minero	51.6	55.6	56.4	61.8	62.1	58.4	60.8	61.1	59.1	56.8
Petróleo y gas natural	6.8	5	8.8	7.6	8.2	8.6	7.1	8.7	10.2	10.9
Tradicionales	69.9	71.7	74.6	77.4	77.1	75	76.5	77.8	77.5	75.1
No tradicionales	28.8	27.2	24.6	22.2	22.5	24.4	22.9	21.5	21.9	24.2
Otros	1.3	1.1	0.8	0.4	0.4	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Fuente: Barrientos (2015). Elaborado por: BCRP (Anexo 37, 2012)

De igual manera, la tabla 2 muestra de forma desglosada la producción nacional de los productos tradicionales de exportación en estos mismos años. Como se aprecia, el cacao, por volumen, no es uno de los productos más importantes, pero sí cabe destacar su importante crecimiento: aproximadamente un 50% en un período de 7 años.

Tabla 2. Producción de principales productos agrícolas en Perú (2005-2012) en miles de Tm.

Producto	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Café	188.6	273.2	226	273.8	243.5	279.2	327.9	304.1
Caña de azúcar	6304.1	7245.8	8228.6	9396	9936.9	9857.9	9884.9	10369.3
Maíz A. Duro	999.3	1019.8	1122.9	1231.5	1273.9	1283.6	1260.1	1395.7
Algodón Rama	207.3	213.4	215.4	167.4	96	63.8	122	111.3
Espárrago	206	260	284.1	328.4	313.9	335.2	392.3	415.9
Uva	169.5	191.6	196.6	223.3	264.4	280.5	296.9	359.6
Aceituna	54.6	52.5	52.4	114.4	7.2	75	73.1	92.5
Mango	235.4	320.3	294.4	322.6	167	454.3	351.9	167.5
Cacao	25.3	31.5	31.4	33.7	36.8	46.6	49.7	57.9
Palta	103.4	113.3	121.7	136.3	157.4	184.4	213.7	250.3
Palma Aceitera	199.9	236.4	238.4	246.4	268.3	291.8	359.8	519.3
Marigold	122.7	53.7	21.6	9.6	6.8	7.3	23.6	41.9
Orégano	5.7	6.1	7.2	9.6	11.2	11.4	12.1	11.5
Té	4.2	4.8	3.6	4	3.2	3.2	3.2	3.4

Fuente: Barrientos (2015). Elaborado por: BCRP (Anexo 13, 2012)

Si bien entre los años 2000 y 2007, la variación porcentual en la superficie cosechada era leve (únicamente 3.4%), los siguientes años, hasta el 2016, registraron una variación del 15.6%. Esta acelerada ampliación se explica debido a la decisión del gobierno de impulsar el cultivo de cacao como producto alternativo a la hoja de coca.

En la tabla 3 podemos apreciar la evolución de los valores en cuanto a producción, exportación, importación y DIA (Demanda interna aparente) del cacao entre los años 2000 y 2016. De forma más visual lo apreciaremos en la figura 7.

Claramente, la producción total ha aumentado en gran cantidad, así como las exportaciones. Sin embargo, lo que es resaltante de este análisis es que la Demanda Interna Aparente (DIA), se ha mantenido casi igual o con muy poco crecimiento a pesar del alza de los otros dos valores, lo que se explica de la siguiente manera: Hasta el año 2013, la producción nacional estaba mayormente orientada a su transformación en el mercado interno. Es decir, se producía, se transformaba en subproductos, y luego recién se exportaba. Pero a partir del 2014 empezó a predominar la exportación de granos crudos sin mayor transformación o agregación de valor.

Tabla 3. Demanda interna aparente del cacao crudo en Perú (2000-2016) en T.

Años	Producción	Exportación	Importación	DIA	DIA/Prod
2000	24786	40	773	25519	103%
2001	23671	216	-	23455	99%
2002	24353	634	281	23999	99%
2003	24214	784	150	23580	97%
2004	25921	1009	61	24972	96%
2005	25257	1141	-	24116	95%
2006	31676	2649	-	28784	91%
2007	31387	4004	937	28320	90%
2008	34003	5514	232	28721	84%
2009	36803	7533	100	29371	80%
2010	46613	11084	225	35753	77%
2011	56499	19727	75	36847	65%
2012	62492	25132	25	37578	60%
2013	71838	30211	624	42251	59%
2014	81651	46911	448	35108	43%
2015	92592	56529	271	31060	34%
2016	108677	57324	1374	52727	49%

Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

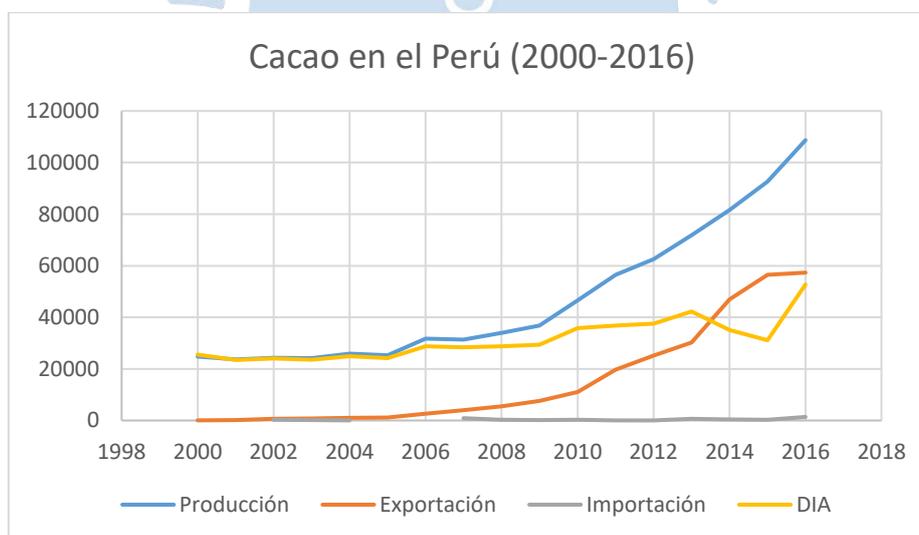


Figura 7. Producción, balances y DIA de cacao en el Perú (2000-2016)

Fuente: DGPA-DEEIA. Elaboración propia.

Este cambio podemos observarlo mejor en la tabla 4: Con el paso de los años, las exportaciones de derivados del cacao han dejado de crecer y se han estabilizado un poco, mientras que la exportación de cacao en grano ha ido creciendo de forma exponencial, especialmente desde el 2011, año en el que vemos que los valores empiezan a incrementar de forma más agresiva.

La representación visual se aprecia en la figura 8.

Tabla 4. Producción y exportación de cacao en el Perú (2000-2015)

Años	Producción	Exportación cacao en grano	Exportación derivados equivalente en cacao en grano	Total exportado cacao grano
2000	24786	40	19656	19696
2001	23671	216	14469	14685
2002	24353	634	18072	18706
2003	24214	784	18931	19715
2004	25921	1009	27006	28015
2005	25257	1141	26098	27239
2006	31676	2892	30050	32942
2007	31387	4004	23073	27077
2008	34003	5514	26512	32026
2009	36803	7533	31649	39182
2010	46613	11084	24029	35113
2011	56499	19727	24626	44353
2012	62492	24939	30519	55458
2013	71838	30212	30270	60482
2014	81651	46991	31393	78383
2015	87317	56529	29784	86313

Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

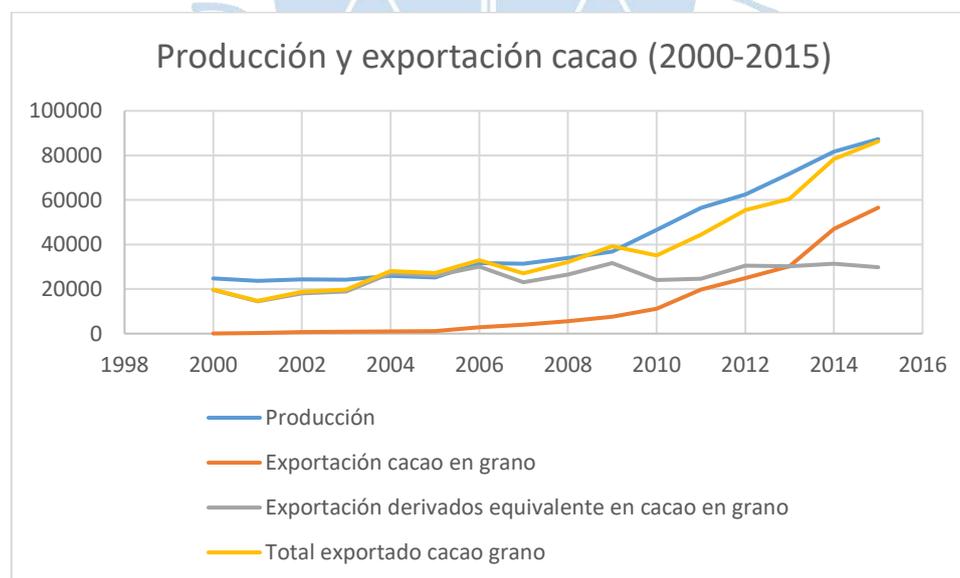


Figura 8. Producción y exportación de cacao en el Perú (2000-2015)

Fuente: DGPA-DEEIA. Elaboración propia

3. Cooperativa Norandino

La Cooperativa Norandino es una Cooperativa Agraria que nació a finales del 2015, y está constituida por más de 7000 familias de pequeños productores, distribuidos en las zonas de Piura, Tumbes, Amazonas, Cajamarca y San Martín, sembrando y cosechando café, cacao y panela. Ellos cuentan con servicios de almacenamiento, procesamiento y transformación, pero también de logística, asesoría, exportación y promoción de productos.

Actualmente, poseen en la zona industrial de Piura una planta de Procesamiento de Cafés Especiales, con una capacidad máxima de procesamiento de hasta 8 toneladas por hora. Los productos obtenidos se distinguen en 2 tipos: El Café Oro Exportable, con granos provenientes de la Sierra de Piura, Cajamarca y Amazonas, y el Café Natural, con granos provenientes de la provincia de Huancabamba en Piura.

Así mismo, tienen también una Planta Procesadora de Panela Orgánica al lado de la de Café, que es elaborada en tres provincias de la sierra de Piura: Ayabaca, Morropón y Huancabamba. El proceso cuenta con 2 fases: la primera se da en la provincia respectiva, en la que se realiza una primera tamización, y la segunda se lleva a cabo ya en la ciudad de Piura, con un procesamiento complejo y un segundo tamizado que la prepara ya para el embarque.

La Cooperativa Norandino también es productora de cacao, ganando en competencias nacionales e internacionales desde el año 2009; algunas de ellas son el Concurso Nacional del Cacao (Perú), los International Chocolate Awards y los Great Taste Awards del Reino Unido.

Sin embargo, ellos únicamente exportan los granos de cacao fermentados y secos. En el mes de mayo del pasado año 2019, inauguraron su planta procesadora de cacao para la elaboración de pasta o licor, con una capacidad de procesamiento de 500kg/h, y de hasta 4000 toneladas al año de producto terminado.

Capítulo 2

Marco teórico

1. Historia del cacao

El cacaotero, árbol de nombre científico *Theobroma cacao* L., es una planta originaria de la cuenca del Amazonas. Dentro de la clasificación botánica, pertenece a la familia *Malvaceae*, género *Theobroma*, especie *T. cacao*. Su denominación en griego (*Theobroma*) significa literalmente “Alimento de los Dioses”.

Es un árbol pequeño, que cuenta con evidencia de cultivo y consumo desde hace 5500 años. Generalmente mide entre cuatro y ocho metros de altura, pero puede llegar a medir hasta diez metros de alto si es que crece bajo la sombra de árboles más grandes (Quintero & Díaz, 2004). Su fruto es el denominado cacao.

Históricamente, se cree que el cultivo se extendió hasta Mesoamérica por las antiguas rutas comerciales de las civilizaciones (ya que la cordillera de los Andes y el golfo de Urabá rechazan la posibilidad de que se haya dado naturalmente), encontrándose evidencia de uso y domesticación en la cultura Olmeca (México) hace unos 3500 años. Incluso se considera que la palabra “cacao” pertenece originalmente a la lengua mixezoque, que era hablada por sus pobladores.

Según el Instituto Nacional de Antropología e Historia de México (INAH), los análisis de carbono catorce aplicados a una vasija encontrada en Cerro Manatí (Veracruz, México), evidencian que por en el periodo formativo (1900-900 a.C.) se inició el consumo de chocolate en la región, siendo los olmecas los descubridores del proceso de preparación. Sin embargo, el primer registro escrito que se tiene de dicha palabra es encontrada en los mayas alrededor del año 450 d.C., pues ellos solían etiquetar los recipientes en los que servían infusiones de cacao a sus gobernantes.

Así, fueron los mayas quienes realmente le dieron valor al cacao, cuyo árbol era llamado *ka'kaw*, frase relacionada con los términos: fuego (*kakh*) y Chocolate (*Chocolhaa*) o agua (*haa*) amarga (*Chocol*). En síntesis, el cacao simbolizaba para los mayas vigor físico y longevidad. Y así lo demostraba el hecho de la utilización de las semillas de cacao para consumo exclusivo de los reyes y nobles mediante brebajes amargos, y para la realización de rituales sagrados (Yubero, 2009).

En sus anotaciones también se evidencia que tenían distintas formas de preparar la bebida, y en ocasiones combinada con otros aditivos, como miel, maíz o chile. Este tipo de chocolate era utilizado por los guerreros como una bebida reconstituyente. Por otro lado, la manteca de cacao era usada como ungüento para curar heridas. También se ha demostrado que los granos de cacao eran utilizados como moneda en su incipiente sistema económico.

Tras el dominio azteca de todas las demás civilizaciones mexicanas, las costumbres perduraron y el cacao siguió siendo utilizado con diversos fines. Ellos creían que el fruto era un regalo divino de Quetzalcóatl para aliviar su cansancio y deleitar el reposo.

Al ver las propiedades reconstituyentes y afrodisíacas que se le atribuían al cacao, y considerando además que era utilizado como moneda, Hernán Cortés, tras la conquista, decidió explotarlo comercialmente creando plantaciones en México, y posteriormente, en 1585, llegó a España el primer cargamento comercial de Cacao.

2. Caracterización del cacao

2.1. Descripción física. El cacaotero es un árbol que debe crecer a la sombra, y en condiciones de humedad y calor (20-30°C). Al ser de hoja perenne, se encuentra en floración en todas las temporadas. Inicia su producción aproximadamente a partir del tercero al quinto año sembrado, alcanzando el máximo rendimiento entre el octavo y décimo (Quintero & Díaz, 2004). Crece idealmente a una altura aproximada de 900 msnm.

Su fruto es comúnmente llamado “mazorca”, al ser grande y alargado (15-30 cm de largo) y cáscara dura y gruesa, que presenta 10 surcos. Se forma en un periodo aproximado de 150 días. En su interior contiene entre 30 y 40 semillas de color marrón-rojizo por el exterior, cubiertas por una pulpa blanca dulce y comestible (Agrotendencia, 2018).

Estos granos de cacao están compuestos en aproximadamente 52% por grasa, *“lo que provoca que absorba fácilmente los olores y aromas que tenga alrededor”*, definiendo esto el posterior sabor y olor que tendrá el cacao obtenido de dichas semillas. Por esta razón, *“el chocolate como producto final estará muy influenciado por la zona donde este se cultiva”* (Agrotendencia, 2018).

También es un árbol que genera una gran cantidad de flores, llegando a ser entre 2000 y 20.000 dependiendo del tamaño de la planta. Sin embargo, de ellas únicamente un 0.15-0.2%

serán fecundadas y un porcentaje aún menor llegará a formar el fruto, por lo que generalmente cada planta obtiene entre 20 y 35 frutos (Agrotendencia, 2018).

En las figuras 9 y 10 podemos ver la estructura general del cacaotero y sus partes, así como la pulpa de la mazorca; es decir, los granos de cacao propiamente dichos.



Figura 9. Árbol del cacao o cacaotero.
Fuente: Agrotendencia



Figura 10. Mazorca de cacao y granos extraídos.
Fuente: Agrotendencia

2.2. Clasificación botánica. Esto hace referencia a la clasificación de la especie *Theobroma cacao* L. que, según el Centro de Comercio Internacional UNCTAD¹/GATT de 1991, puede clasificarse en 3 categorías:

¹ United Nations Conference on Trade and Development.

2.2.1. Cacao Forastero. Es la variedad más común que existe, representando aproximadamente un 70% de la producción mundial. La causa de esto es que presenta una mayor tolerancia a las enfermedades con respecto al cacao Criollo, y además es la variedad que da más cantidad de frutos.

Es cultivado principalmente en Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Guayanas, Venezuela y algunos países de África. También existen plantaciones en el sudeste asiático.

El sabor de este tipo de cacao es fuerte y amargo, con una ligera acidez, debido a sus altos niveles de tanino y astringencia. Su aroma es fuerte, pero sin finura ni diversidad de sabores (Vera, s/f).

2.2.2. Cacao Criollo. Es la variedad de menor vigor y rendimiento, pero cuyas semillas poseen la mejor calidad. Representa únicamente el 10% del total mundial.

Se cultiva principalmente en México, Guatemala y Nicaragua. También en algunos países africanos y en Sudamérica.

Su aroma es de intensidad media, afrutado, ligeramente amargo y con notas de frutos secos. Sin embargo, es muy refinado y, por ello, muy apreciado para la fabricación de chocolates de la más alta calidad (Vera, s/f).

2.2.3. Cacao Trinitario. Es uno de los híbridos generados entre las dos variedades anteriores, aunque su calidad es más parecida a la variedad Forastero. Tal como su nombre lo indica, es originario de Trinidad y Tobago, aunque ahora se produce también en Granada, Jamaica, Colombia, Venezuela y América Central. Representa aproximadamente el 20% de la producción mundial.

Tiene la robustez del cacao forastero y el sabor delicado del cacao criollo. Posee un amplio rango de sabores, aromáticos y persistentes, tales como heno, roble, miel, manzana y melón (Vera, s/f).

En la figura 11 podemos ver las tres clasificaciones botánicas del cacao.



Figura 11. Cacao forastero, criollo y trinitario.
Fuente: Vera (s/f).

2.3. Clasificación comercial. Igualmente, el Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT clasifica al cacao en 2 variedades según sus características comerciales; es decir, en función de los consumidores finales, quienes pueden buscar cantidad o calidad, y cuyos proveedores deben ajustarse a su demanda, sin descuidar también sus propios beneficios.

2.3.1. Cacao ordinario. Hace referencia a los granos provenientes del cacao Forastero, los cuales se utilizan en la fabricación de manteca de cacao y productos con elevada proporción de chocolate, debido a la facilidad de la obtención del cacao y, por tanto, su menor costo (Quintero & Díaz, 2004, p. 50).

2.3.2. Cacao fino o de aroma. En esta categoría pueden entrar los granos de los tipos Criollo y Trinitario, aunque generalmente también pueden mezclarse con granos ordinarios como el Forastero para producir ciertos sabores.

Las combinaciones permiten obtener características específicas de aroma o color en chocolates finos (gourmet) o coberturas. También se utilizan, en menor proporción, para producir cacao en polvo.

Al ser este tipo de cacao más costoso y difícil de obtener, su oferta en el mercado mundial es reducida y representa únicamente un aproximado del 5% del cacao producido en el mundo (Quintero & Díaz, 2004, p. 50).

Sin embargo, no existe un criterio único para determinar que cierto cacao sea considerado “fino de aroma”, sino que generalmente es evaluado según los propios criterios de los responsables; es decir, de manera subjetiva. Por otro lado, los compradores de este tipo de cacao

suelen basar sus decisiones en el grado de fermentación y el origen genético del grano (Barrientos, 2015, p. 140).

3. Siembra y cosecha

3.1. Siembra. Como se mencionó anteriormente, la floración del árbol del cacao puede darse durante todo el año por ser de hoja perenne, y depende únicamente de las condiciones medioambientales de la zona donde se cultiva. Sin embargo, dichas condiciones y su grado de afectación pueden variar en ciertas zonas según la estación, o según el estado vegetativo de la planta, por lo que es importante establecer un calendario agroclimático de producción y cosecha.

El cacaotero es de un clima de tipo tropical húmedo, que requiere suelos profundos de buen drenaje y alto contenido de nutrientes y materia orgánica. Para la reproducción de la planta se puede hacer de dos maneras (Agrotendencia, 2018):

- **Propagación vegetativa:** Se realiza un corte en la hoja-brote, o varios cortes en los brotes de las ramas para obligar a que las ramas dobladas produzcan raíces y generen un acodo.
- **Propagación sexual:** Se realiza de forma tradicional utilizando la semilla de la mazorca. Se recomienda que esta sea sembrada inmediatamente después de extraída, puesto que esta no resiste más de 7 días en condición viable una vez que se encuentra fuera de la mazorca.

Independientemente del tipo de reproducción, que se determina por asesoría técnica especializada según las zonas donde se cultiva, existen 2 etapas de siembra bien definidas.

3.1.1. Vivero. Esta etapa constituye aproximadamente un periodo de 6 meses, en los que la planta se desarrolla fuerte y sin plagas ni enfermedades, para que pueda ser trasplantada de forma adecuada al campo.

Se requiere que exista al menos un 50% de sombra en su cultivo, y que exista una humedad relativa de 80% o más, conservando una temperatura de alrededor de 23°C. Es decir, se debe procurar que las condiciones de luz y humedad sean lo más parecidas posible al lugar donde se las trasplantará luego (Agrotendencia, 2018).

En esta etapa también es posible realizar diversos tipos de injerto con buenos resultados.

3.1.2. Campo Abierto. Existen 2 tipos:

- **Plantación de sombra:** Como se mencionó anteriormente, el árbol del cacao crece a la sombra de otras plantas, por lo que antes de su trasplante desde el invernadero, es necesario establecer las condiciones óptimas en 2 pasos simultáneos (Agrotendencia, 2018).
 - **Sombra temporal:** Se plantan árboles como cambur, topocho o plátano, que protegerán al cacaotero durante los primeros años.
 - **Sombra permanente:** Se plantan árboles muy altos de buena cobertura para que protejan a la planta durante varias décadas. Aquí suelen entrar el bucare, samán, caoba, etc.
- **Plantación de cacao:** Se traslada y acomoda las plantas según la distribución de la sombra ya establecida, pero en promedio se da en hileras, a 3x3 metros. A medida que la planta crece, se debe ir podando, principalmente para lograr que la luz realmente entre a la planta y esta pueda desarrollarse. Una vez crecida, la poda se realiza en la copa, para que el árbol no crezca demasiado alto, y la extracción de los frutos sea un proceso sencillo. Si la poda no se realizara, las pérdidas aumentarían significativamente, pues las mazorcas simplemente no se cosecharían (Agrotendencia, 2018).

3.2. Cosecha. La cosecha se realiza aproximadamente 150 días después de la floración, cuando las mazorcas presentan un color amarillo o anaranjado. Estas se extraen de forma manual utilizando ganchos, tijeras o cuchillos para facilitar el trabajo (Agrotendencia, 2018). Posteriormente son amontonadas para luego abrirlas y sacar los granos, con los que ya se inicia el procesamiento en sí.

4. Procesamiento

Sin importar el producto final que se quiera lograr con el cacao (manteca líquida o sólida, torta de cacao, cacao en polvo, etc.), primero se debe lograr la obtención de la pasta de cacao, con una serie de pasos definidos.

En el diagrama de flujo de la figura 12 se muestran los pasos principales genéricos a seguir para la producción de la pasta o licor de cacao. Cabe resaltar que algunas industrias podrían contar con pasos agregados, pero eso ya depende de las variaciones que se deseen realizar de forma personal.

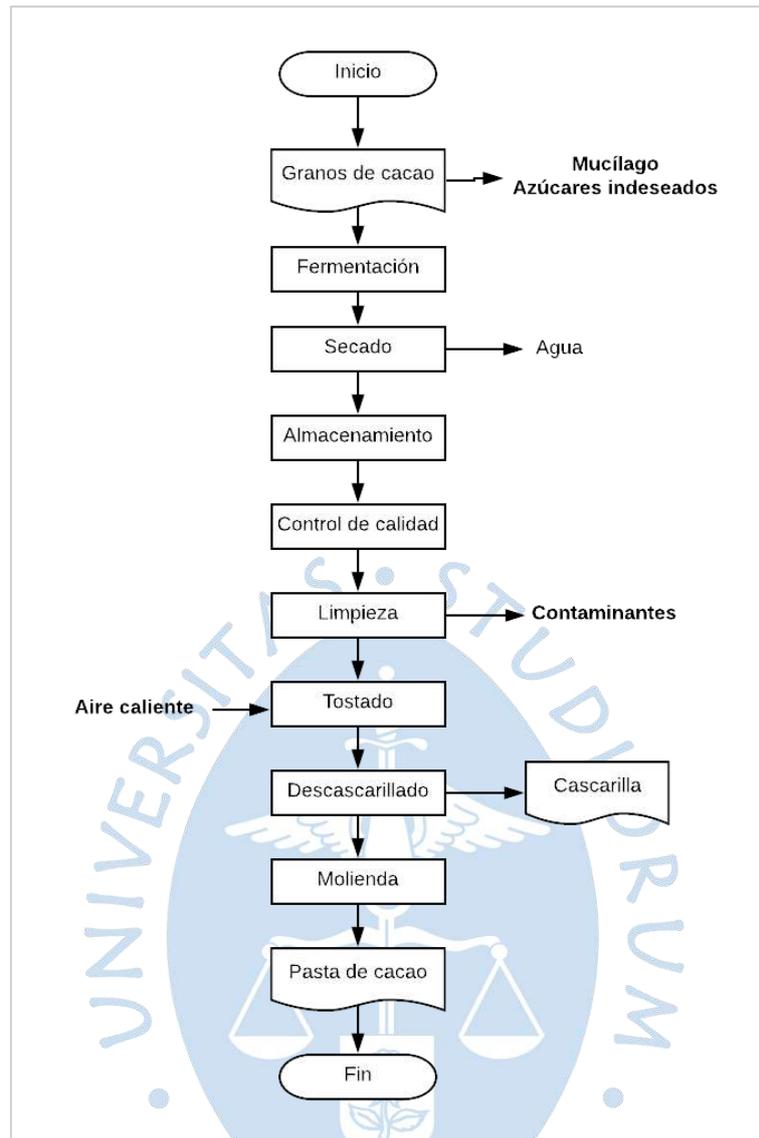


Figura 12. Diagrama de flujo del proceso de obtención de pasta o licor de cacao.
Fuente: Elaboración propia.

4.1. Fermentación. La fermentación es un proceso cuyo fin es eliminar la cubierta mucilaginosa de los granos, y los azúcares no deseados. Para ello, se colocan en cajones de madera *“de saque o apelmate, que son resistentes y no generan mal olor ni sabor”* (Agrotendencia, 2018) por entre 3 a 7 días, dependiendo del cacao y las condiciones a las que está expuesto.

En plantaciones pequeñas, los agricultores suelen cortar algunos granos cada ciertos intervalos para que, con el cambio de aspecto externo y aparición de estrías internas, puedan determinar si ya es idóneo detener la fermentación (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 59), puesto que una sobre fermentación causa la pérdida de sabor del posterior chocolate, y desarrolla sabores putrefactos indeseables.

Para realizar una buena fermentación, deben mantenerse en todo momento las condiciones de higiene de limpieza y sequedad, tanto entre las bandejas y herramientas, como entre los granos en fermentación, y el espacio en que se desarrolla el proceso debe tener aseguradas protecciones contra lluvia, vientos y luz solar directa. Además, antes de empezar el proceso, es necesario hacer una evaluación rápida y eliminar los granos negros y germinados.

Además, este periodo las bacterias producen ácidos acéticos, lácticos y cítricos, que posteriormente pueden contribuir a evitar la formación de hongos indeseables y OTA (Ocratoxina A). Por esto y lo anteriormente mencionado, la fermentación es una etapa crucial para el desarrollo adecuado del aroma del chocolate (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 59).

4.2. Secado. Una vez fermentados, los granos contienen mucha humedad, lo que puede traer como principal consecuencia desfavorable el crecimiento de hongos. Para evitar esto hay que secarlos: Existen varias formas de hacerlo, pero la más común y sencilla es simplemente (Agrotendencia, 2018) colocar los granos al sol, de forma extendida sobre una superficie plana y seca, y remover dichos granos durante 3 o 4 días para garantizar que se sequen de manera completa.

Si es que las condiciones solares no son muy favorables, se puede utilizar secadores artificiales. De cualquier modo, se deben controlar muy bien los tiempos de secado, pues si el secado es muy brusco, *“el agua se evapora y se pierde, siendo sustituida por ácidos que dan lugar a un sabor excesivamente ácido y además inhiben las reacciones que forman el sabor del cacao durante el secado y tostado posterior”* (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 61).

Igualmente, cabe recalcar que el diseño de cualquier tipo de secador artificial debe garantizar que sus residuos, tales como gases y humos de combustión, no entren en contacto con los granos, para evitar la absorción de malos olores, además de la contaminación con HAP (Hidrocarburo aromático policíclico). Aun cuando el olor no sea tan evidente, como en los quemadores directos de combustible, los granos pueden estar contaminados con HAP, por lo que hay que tener especial cuidado.

4.3. Almacenamiento. El momento en que los granos de cacao pasan del secado a ser almacenados, es el lapso ideal para realizar una inspección visual y eliminar todos los granos defectuosos: planos, arrugados, negros, mohosos, germinados, carcomidos, pequeños y/o aglomerados (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 63).

Posteriormente, deben agruparse y etiquetarse en lotes para que no se confundan en el almacén. Los sacos en que se introducen deben estar siempre nuevos, limpios, y de un material resistente al movimiento (durante el transporte) y a la intromisión de plagas.

Debido a que el cacao suele cultivarse en zonas de alta temperatura y humedad, no es recomendable que se almacene por más de tres meses, pues podrían desarrollarse mohos: hay que garantizar en todo momento que la humedad no supere el 8%. Sin embargo, a pesar de que no hubiese aparición de mohos a simple vista, un cacao almacenado por más de ese tiempo tiene alta probabilidad de haber aumentado sus concentraciones de AGL (Ácidos Grasos Libres), pudiendo ser esto un impedimento para las ventas y/o exportaciones (por ejemplo, el AGL de un cacao bien conservado es <1%, por lo que el límite en la Unión Europea está fijado para 1.75%) (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 64).

Finalmente, cabe mencionar que el almacén debe ser un lugar bien mantenido, ventilado, y protegido de la intemperie, pero que a su vez permita el paso de luz y ventilación adecuadas. Es recomendable mantener los sacos en pallets de madera con protección plástica. Todo esto sirve principalmente para el control de las plagas.

4.4. Control de calidad. Mediante muestreo de los sacos, se debe realizar un control de calidad de todos los lotes, para comprobar lo siguiente respecto a los granos (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 66):

- Que estén bien fermentados y secos.
- Que estén libres de olores extraños.
- Que cumplan con los límites respecto al porcentaje de granos no “adecuados” (pizarrosos, planos, aglomerados, rotos, etc.)
- Que estén libres de materia extraña.
- Que cumplan con el porcentaje de humedad límite.
- Que haya la adecuada cantidad de granos por peso unitario (según las normas estándares).

Esta etapa es muy importante, tanto para garantizar la calidad final del producto y aceptación de los compradores, como para verificar que no hay anomalías en cualquiera de las etapas del proceso que deban corregirse.

4.5. Limpieza. Posteriormente, mediante un sistema de cangilones (generalmente), se llevan los granos a la máquina limpiadora, para retirar todos aquellos contaminantes que puedan

presentar una amenaza a la salud del consumidor, la calidad del producto y los equipos del proceso. Estos elementos pueden ser piedras, polvos, tornillos, cuerdas, restos de excrementos de animales, y residuos de sustancias como herbicidas, plaguicidas, etc. (CENSALUD, p.2).

Este tipo de máquinas actúan mediante la aspiración y el tamizado, y también suelen clasificar los granos en peso y tamaño.

4.6. Tostado. El tostado es la principal operación contribuyente al desarrollo del aroma y sabor característicos del chocolate. Lo que se busca es *“oscurecer el color, facilitar el desprendimiento de la cascarilla y alcanzar una textura ideal para el quebrantamiento del grano”* (CENSALUD, p.2).

Esto se explica mediante las reacciones de Maillard, que son un conjunto de reacciones químicas producidas entre las proteínas y azúcares de los alimentos cuando estos se calientan, y que conducen a la formación de aromas y sabores.

La máquina de tostar, más conocida como torrefactor, está compuesto por 4 partes principales: una tolva de carga, un cilindro de cocción rodante incorporado a un tambor fijado al horno, una tina de enfriamiento y un ciclón. Es decir, funciona como un intercambiador de calor, utilizando el aire como medio portador de calor.

Claramente, no todos los tostadores tienen la misma eficiencia ni las mismas características (tamaño, humedad inicial y otras características internas), por lo que los tiempos y temperaturas óptimas de tostado variarán según sea el caso.

Como para determinar el estado del proceso habría que quebrar el grano, frotarlo y olerlo (lo que no es posible a medio tostado), se deberán instalar instrumentos de precisión tales como termómetros para el producto y el aire, y un sistema que mida la humedad (CENSALUD, p.3).

4.7. Descascarillado o trillado. Cuando los granos salen del tostador, pasan primero por un tamiz para separar aquellos que están quebrados de los que están enteros, para reducir la cantidad de pedazos finos. Es entonces que ingresan al quebrantador de impacto o trituración, y luego se separan mediante un segundo tamiz de acuerdo a su tamaño. Los granos no quebrantados vuelven a pasar por el mismo proceso. Mientras tanto, las cascarillas son absorbidas a través de varios canales de succión, y son colectadas en otro depósito.

Después, los granos quebrados salen de la máquina por un canal colector. En total, se logra eliminar alrededor de 7-8% de lo cargado inicialmente con la remoción de la cascarilla. Este proceso se realiza basado en la diferencia de densidades (CENSALUD).

4.8. Molienda. Los molinos utilizados pueden ser de discos, rodillos o bolas. Generalmente existen 2 fases dentro de la molienda: la fase de trituración (molino de percusión), y la fase de refinación (molino de rodillos).

Lo que se busca es reducir el tamaño de los granos a partículas $<0.04\text{mm}$ al menos en un 60% (CENSALUD).

5. Calidad

Dado que el presente trabajo de investigación se centra en el tostado de los granos del cacao (es decir, antes de que estos se conviertan en algún subproducto), nos centraremos en los aspectos de calidad que se evalúan para el cacao en grano. Algunos de ellos toman como referencia ciertos aspectos de calidad de los subproductos posteriores; sin embargo, estos están regulados además por normas más complejas que definen su composición y etiquetado, y que no se incluirán en este apartado.

A pesar de ello, sí se detallará un poco el aspecto químico del licor de cacao pues, si bien ya es un subproducto del cacao, su calidad hace referencia a la buena ejecución del procesamiento de los granos y a los cambios que se puedan haber presentado en ellos, y servirá para comprender un poco mejor las variaciones que se encuentren en la posterior cata de muestras de licor.

5.1. Aspectos de la calidad en el cacao en grano. El listado resumen de los aspectos aquí presentados se encuentra en el Anexo A.

5.1.1. Sabor. Para análisis rápidos y de menor importancia el método de evaluación más utilizado es la Prueba de Corte, en la que se realiza una inspección visual de las superficies cortadas de una muestra de granos y un análisis y recuento de los defectuosos (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p.75).

Sin embargo, para un análisis completo de las características organolépticas de las muestras, (CAOBISCO/ECA/FCC, Apéndice B) presenta desde el 2015 un protocolo ideal para el análisis de pequeñas muestras en grano (3 kg), y que puede ser adaptado a cualquier tipo de investigación y organización.

Dicho protocolo ha sido adoptado ya por algunas iniciativas internacionales (CoEx y HCP), e incluye una serie de directrices sobre las técnicas de elaboración postcosecha para cantidades

limitadas de grano. Sin embargo, los pasos para la evaluación del sabor posterior también pueden aplicarse a las muestras producidas de forma comercial.

Para esto se utiliza el método científico denominado Comprobación del aroma, que se emplea para evocar, medir, analizar e interpretar todas las respuestas que se perciben a través de los cinco sentidos (vista, olfato, tacto, gusto y oído). Esto se desplegará con mayor detalle en el capítulo de Metodología, siendo este el método a utilizar para la evaluación de muestras en la investigación.

5.1.2. Seguridad Alimentaria y Salubridad. Existen varias organizaciones que han sido creadas para identificar y controlar los riesgos en todas las etapas de la cadena de suministro del cacao, y entre ellas destacan 2 principales: la Comisión del Códex Alimentarius y la Organización Internacional de Normalización (ISO). Ambas poseen una serie de normas de regulación que buscan controlar principalmente las siguientes fuentes de preocupación:

- Alérgenos: En cuanto estos estén claramente etiquetados en el producto, ya sea en su presencia como ingredientes o a través de contacto cruzado.
- Dioxinas y PBCs: Hace referencia al control de la cantidad de estos contaminantes (según los reglamentos internacionales), que se forman como subproductos de procesos industriales.
- Bacterias: Hace referencia a la minimización de la contaminación de origen, así como a la aseguración de barreras higiénicas eficaces para la materia prima entrante y los productos acabados.
- Materia Extraña: Mantener la limpieza y clasificación para evitar este tipo de contaminación, que además de afectar la salubridad del producto, afecta el sabor, las instalaciones, la maquinaria y el rendimiento del proceso.
- Metales pesados: Respetar las distintas regulaciones de cantidades presentes en la MP cacao (basadas en el indicador IST² y la exposición diaria media a grupos) para proteger la salud de los consumidores. Los metales más comunes son Cadmio y Plomo.
- Infestaciones: Fumigaciones en el origen y control en puertos de entrada para evitar insectos y plagas que estropean el producto.

² Ingesta semanal tolerable.

- Hidrocarburos de Aceites Minerales: Llevar un control preventivo y recurrente en el secado, transporte y almacenamiento, que son las etapas en las que pueden exponerse a combustibles y lubricantes.
- Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP): Diseño y mantenimiento adecuados de los secadores artificiales, y control de la exposición a dichas sustancias durante los procesos al aire libre.
- Micotoxinas (Incluida la Ocratoxina A-OTA): Aunque no existen límites regulatorios específicos, se debe prevenir este tipo de hongo de forma especial por ser de naturaleza carcinógena.
- Residuos de Plaguicidas: Cumplir con los límites regulatorios de los residuos provenientes de las mazorcas y cáscaras del cacao.

5.1.3. Características físicas

- Uniformidad: Se debe asegurar la uniformidad tanto dentro del mismo lote como dentro de los lotes de la misma marca en general, pues aumenta su confiabilidad. Esta hace referencia a 3 características: la proporción de granos defectuosos, el tamaño de los granos y el grado de fermentación.
- Rendimiento de material comestible: Esta característica influye en el valor para el fabricante, y por tanto en el precio al que se le vende. Existen factores determinados en su mayor parte por el clima y la genética, tales como el tamaño de grano, el contenido de cáscara y proporción de grasa. Sin embargo, algunos factores sí son modificables; uno de los más importantes es el contenido de materia extraña.
 - ❖ Tamaño y uniformidad de los granos: El tamaño uniforme facilita la limpieza eficaz de los granos. Como recomendación general, no más del 12% de los granos deben pesar menos o más del 33% del peso medio.
 - ❖ Porcentaje de cáscara: El grosor de la cáscara debe ser lo suficiente para mantenerse sin romper durante la manipulación normal, pero que a la vez sea fácil de retirar durante la elaboración. Como estándar suele utilizarse la referencia de las cosechas principales de África (11-12% del peso total del grano).
 - ❖ En cuanto al Cacao en Pasta y Torta de Cacao, el Codex Alimentarius presenta regulaciones en porcentaje en cuanto a la cáscara y el germen.

- ❖ **Porcentaje de grasa:** No existe un porcentaje de grasa objetivo, al variar este según la zona y características de cosecha, pero dado que la manteca de cacao es la parte más valiosa del grano, la cantidad de grasa afectará el precio pagado por el grano.
- ❖ **Contenido de humedad:** Una humedad superior al 8% implica pérdida de material comestible y mayor crecimiento de mohos y bacterias, mientras que una inferior al 6.5% implica una cáscara demasiado frágil y mayor proporción de granos rotos. Por ello, se busca que la humedad esté alrededor del 7%.
- ❖ **Materia extraña:** Existen 2 tipos de materia extraña. La primera es la que no tiene valor comercial, que pueden perjudicar la maquinaria, el sabor y el rendimiento. La segunda abarca los residuos de cacao, que pueden aumentar los ácidos grasos libres, y una mayor dificultad en la transformación.
- ❖ **Granos dañados por insectos:** Disminuyen la salubridad y causan la pérdida de granos descortezados utilizables.
- ❖ **Granos aglomerados y granos dobles:** Estos se eliminan junto con la materia extraña en la limpieza, y pueden implicar graves pérdidas. Es necesario inspeccionar el contenido entero de los sacos durante la clasificación posterior del cacao.

5.1.4. Características de la manteca de cacao

- **Ácidos grasos libres (AGL):** Una cantidad elevada de AGL genera una manteca más blanda y, por tanto, con menos propiedades de cristalización. El contenido normal de los granos suele ser menor al 1.3%, pero puede aumentar con el uso de mazorcas enfermas, secados demasiado lentos, elevado porcentaje de granos rotos, almacenamiento prolongado en condiciones húmedas o temperaturas tropicales., humedad superior al 8% e infestación de insectos en el almacenamiento.

El límite máximo legal para la manteca de cacao es de 1.75% dentro de la UE (Directiva 2000/36/CE) (UE/2000) y en la Norma de Códex Alimentarius (86-1981, Rev.1-2001) (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015).

- **Dureza:** Una manteca más dura significa una mezcla óptima de proporciones de las distintas grasas, que permiten que desarrollen propiedades para un mejor comportamiento del chocolate en la fabricación. Se cree que los factores que afectan

la dureza son las temperaturas durante el desarrollo de los granos, y los elevados niveles de AGL.

5.1.5. Potencial de color (colorabilidad). El color es un atributo importante debido a las utilidades del cacao como colorante y aromatizante en varios alimentos. Algunas características influyentes no pueden ser muy controladas, como los antecedentes genéticos del cacao y las condiciones climáticas y edafológicas³, pero hay otras que sí, como los procesos post-cosecha, entre los que destaca la fermentación: esta debe detenerse en el momento oportuno, pues a mayor fermentación, más oscuro el color.

5.1.6. Trazabilidad, Indicadores Geográficos y Certificación. Según la legislación de la UE (Reglamento (CE) N°178/2002) (UE, 2002), la “trazabilidad” se refiere a la “*posibilidad de encontrar y seguir el rastro, a través de todas las etapas de producción, transformación y distribución, de todo alimento o sustancia destinado al consumo*”.

Por tanto, idealmente, debería poderse trazar un determinado lote de cacao en grano desde el usuario final hasta el producto. Sin embargo, esto es muy difícil en la práctica, por lo que se desarrolló el proyecto de Calidad Total de la ICCO para lograr un alto nivel de trazabilidad en las exportaciones. Además, desde el año 2016 ya se cuenta también con la (ISO 19381), norma que proporciona una definición común de sostenibilidad y trazabilidad de cacao, y que fue elaborada por el Comité Europeo de Normalización (CEN) y la ISO.

5.2. Normas de la calidad. Cada país productor y cada mercado comercializador tienen sus propios criterios de admisión, en su mayoría basados en el tamaño de los granos y otros criterios de distribución. Sin embargo, existen algunas normas cuya aplicación se da de forma generalizada en casi todas las partes del mundo, a modo de estandarizar un poco el variable mercado del cacao. A continuación, presentaremos las más comunes.

5.2.1. Normas Internacionales. Son aquellas normas publicadas por la Oficina Internacional de Normalización (ISO) y que constituyen la norma de clasificación de muchos países productores. Se distinguen 4 divisiones, que están en constante actualización y modificación anual, y pueden comprarse a través de la página web de la ISO:

- ISO 2451 “Granos de cacao-especificaciones”
- ISO 1114: Granos de cacao-prueba de corte
- ISO 2291: Determinación del contenido de humedad, método rutinario

³ Condiciones del suelo en el que se cultivan las plantas.

- ISO 2292-Muestreo

Esta Norma Internacional estipula de forma general que los granos deben cumplir con los siguientes criterios, algunos de los cuales tienen límites tras los cuales el lote puede sufrir descuentos:

- Ser fermentados, y luego secados, hasta que el contenido de humedad deje de superar el 7.5%, fracción de masa.
- Estar libres de toda evidencia de adulteración⁴.
- Estar prácticamente libres de insectos vivos y otras infestaciones.
- Estar libres de contaminación con olores indeseados.
- Estar prácticamente libres de materia extraña⁵.
- Estar razonablemente libres de granos aglomerados⁶, granos rotos⁷, fragmentos y trozos de cáscara.
- Estar conformes a las especificaciones para granos violáceos⁸, típicas para el grado u origen especificado.
- Ser de un tamaño razonablemente uniforme, aptos para la producción de un alimento.
- Estar libres de granos aplanados⁹, granos germinados¹⁰, residuos y desechos del cribado.

Para determinar la calidad de los granos y evaluar el número de defectuosos, la ISO plantea la realización de una Prueba de Corte, en la que se inspecciona visualmente las superficies cortadas de una muestra de granos. La muestra será de 300 granos.

Para la evaluación de defectos la ISO cuenta con nueve categorías, pero solo cinco de ellas se emplean en las normas de clasificación (ISO 2451 Especificaciones para el cacao en grano, 2014): mohosos, pizarrosos, dañados por insectos, germinados y planos. Las tres últimas categorías se agrupan en una sola. Los máximos niveles admitidos por esta norma se muestran en la tabla 5.

⁴ Alteración, por cualquier medio, de la composición de un lote de granos de cacao (FCC, 2015).

⁵ Cualquier sustancia que no sea granos de cacao, residuos de cacao, granos planos y desechos de cribado (FCC, 2015).

⁶ Hace referencia a la aglomeración de dos o más granos que no se pueden separar fácilmente utilizando los dedos índices y pulgares de ambas manos (FCC, 2015).

⁷ Se considera roto cuando la parte faltante es mayor que la mitad del grano entero (FCC, 2015).

⁸ Cuando presenta un color violeta o morado en al menos la mitad de la superficie expuesta en la Prueba de Corte (FCC, 2015).

⁹ Granos demasiado delgados como para obtener una superficie transversal completa al cortarlo (FCC, 2015).

¹⁰ Granos en los que el germen ha perforado la cáscara (FCC, 2015).

Tabla 5. Porcentaje máximo de granos defectuosos (ISO).

	Mohosos	Pizarrosos	Dañados por insectos, germinados o planos
Grado 1	3%	3%	3%
Grado 2	4%	8%	6%

Fuente: CAOBISCO/ECA/FCC (2015).

La ISO, además, plantea una clasificación del tamaño de granos por recuento. La prueba de calidad que se realiza se conoce como Recuento de granos, y determina el número medio de granos intactos de cacao que juntos pesan 100g. La (ISO 2451 Especificaciones para el cacao en grano, 2014) establece una submuestra de al menos 600g, preparada de acuerdo a la (ISO 2292 Cacao en grano: muestreo, 1973).

El recuento es el resultado de dividir el (número de granos enteros * 100) entre la (masa total de los granos enteros, en gramos). Si el recuento es de 100 granos o menos, se consideran granos grandes; si está entre 101 y 120 granos, se consideran tamaño medio; y si el recuento supera los 120 granos, serán de tamaño pequeño.

5.2.2. Otras Normas. Algunas normas un poco distintas, pero que rigen la mayor parte del comercio mundial del cacao, son las de los contratos de la FCC (*Federation of Cocoa Commerce*) y la CMA (*Cocoa Merchants Association of America, Inc.*). Sin embargo, estas normas únicamente establecen los niveles a los que procede la aplicación de descuentos según los procedimientos de arbitraje (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015, p. 48), mas no la aceptabilidad del chocolate como producto.

De forma general, la FCC requiere que los granos de un mismo lote deben:

- Ser uniformes en cuanto a tamaño
- Ser uniformes en cuanto a fermentación
- Estar secos
- Ser homogéneos en todos los demás aspectos

Y el lote debe:

- Estar libre de adulteración, contaminación y roedores
- Estar prácticamente libre de insectos vivos (incluidos ácaros) y otras infestaciones.
- Estar prácticamente libre de granos germinados

- Estar dentro del rango habitual de grado/origen especificado en cuanto a proporción de granos violáceos.

Para las mediciones de tamaño del grano, la FCC emplea el término “Cosecha Principal”, que describe que el tamaño de granos (expresado como recuento) debe ajustarse al tamaño de los granos habitualmente producidos durante la cosecha principal del país productor en cuestión. Según esto, un recuento medio es ≤ 100 , con un tamaño estándar; un recuento entre 101 y 110 implica tamaño medio; un recuento entre 111 y 120 implica tamaño pequeño; y si el recuento supera los 120, el tamaño es clasificado como muy pequeño.

En cuanto a los descuentos, si el recuento se encuentra entre 101 y 120, al lote se le aplicará un descuento. Si ya supera los 120, se le aplicará un descuento o podrá ser rechazado. Otras razones de descuento podrían ser las siguientes, en cuanto a superación del peso de la muestra total de arbitraje:

- Peso combinado de los residuos $> 3.5\%$ de la muestra.
- Peso granos planos $> 1.5\%$ muestra.
- Peso materia extraña $> 0.75\%$ muestra.
- Peso desechos cribado $> 1.5\%$ muestra.

Los contratos de la FCC, además, definen dos grados de cacao: el Bueno Fermentado, y el Regular Fermentado, ambos admisibles pero registrados con distintas calidades según sus características, como podemos ver en la tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje máximo de granos defectuosos según calidad (FCC).

	Bueno fermentado	Regular fermentado
Pizarrosos ¹¹	5%	10%
Defectuosos ¹²	5%	10%

Fuente: CAOBISCO/ECA/FCC (2015)

Por otro lado, el contrato de la CMA exige el cumplimiento de la Norma de la Agencia de Alimentos y Medicamentos de Estados Unidos (FDA), que estipula un máximo de granos mohosos del 4% y un máximo de granos infestados o dañados del 4%, siempre que el total de ambos no supere el 6%.

¹¹ Granos de cacao que muestran un color pizarroso en al menos la mitad de la superficie de los cotiledones en la Prueba de Corte.

¹² Para la FCC se definen como granos con moho interno, y granos infestados o dañados por insectos.

5.3. Aspecto químico de la calidad del licor de cacao. Es evidente que todas las actividades que se llevan a cabo para convertir una mazorca de cacao en licor de cacao, generan ciertos cambios químicos en las sustancias que componen los granos. Estas actividades, según la forma en la que sean llevadas, pueden generar desde un mínimo hasta un muy alto impacto en el desarrollo del aroma y sabor deseados del licor.

En base a un estudio reciente (Aldave, 2016), se ha comprobado que los sabores y aromas característicos de un buen chocolate se forman mediante la combinación de varias sustancias tales como pirazinas, aldehídos, éteres, tiazones, fenoles, cetonas, alcoholes, furanos y esterres.

Las reacciones de Maillard, mayormente producidas por incrementos de temperatura, son las causantes de la interacción entre estos compuestos (Farah et al., 2012), produciendo principalmente las pirazinas. De esta manera, son las pirazinas los compuestos más importantes en el sabor y aroma.

5.3.1. Pirazinas. Existen muchos tipos de pirazinas, pero (Vega et al., 2016) encontraron que la trimetilpirazina y tetrametilpirazina eran las más abundantes y significativas, y que presentaban mayores cambios ante diferentes tratamientos de tostado.

De los estudios de (Portillo et al., 2009), Farah et. Al y Vega et al., se llegó a las siguientes conclusiones:

- En el tostado, el aumento de temperatura por sí sola no genera cambios significativos en la concentración de trimetilpirazinas. El aumento de tiempo por sí solo genera un cambio muy pequeño. Pero la combinación del aumento de ambos genera gran cambio en el aumento de la concentración.
- Ni el tiempo ni la temperatura afectan significativamente a la tetrametilpirazina.
- Los tostados más drásticos (alto t, alta T), generan la aparición e incremento de otros compuestos interesantes para el análisis sensorial: 2-acetilpirrol, 2-formilpirrol, 2-pirrolidinona, furaneol (aletona), solerona, etc., que enriquecen la calidad aromática.
- Estos tostados también generaron la aparición de las pirazinas mono sustituidas (metil y etilpirazina).
- Las pirazinas también aumentaron durante la fermentación.
- Mientras menor pH se encuentre, mayor concentración de pirazinas habrá.

Cabe mencionar que la formación de pirazinas, si bien es mayormente de origen térmico, también está influenciado por otros factores como el pH, que depende del origen del cacao (tipo

de cacao y condiciones de siembra y cosecha) y no puede ser regulado significativamente por ninguna operación térmica.

5.3.2. Otros compuestos. Si bien las pirazinas son los más abundantes y significativos, existen algunos otros compuestos o características importantes que se desarrollan durante los tratamientos. Por ejemplo, el linalol (familia de los terpenos) que se asocia al sabor del chocolate, o los aldehídos y ésteres, que se relacionan con los sabores afrutados y florales.

Las conclusiones obtenidas se extrajeron de los mismos estudios, incluyendo el de Aldave.

5.3.2.1. Influencia de la cosecha. La cosecha de frutos pintones (no maduros) causa la formación de compuestos no volátiles como alcaloides, polifenoles, entre otros, que generan características desfavorables como amargor, astringencia, acidez y azucarado.

5.3.2.2. Influencia de la fermentación.

- Reduce el amargor de los granos, pues durante ella se reduce entre un 15 y un 30% el contenido de teobromina y cafeína.
- La falta de fermentación contribuye al sabor crudo o verde del licor.
- Favorece la generación de compuestos tanto térmicos como bioquímicos: aldehídos, terpenos, pirazinas, ésteres, pirroles, fenoles, cetonas y compuestos azufrados.

5.3.2.3. Influencia del secado

- Los sabores ahumados pueden ser causados por los secados artificiales poco controlados.
- Los aldehídos, cetonas, ésteres, pirazinas, pirroles y compuestos azufrados aumentan durante el secado.
- Disminuye el contenido de alcoholes y ácidos.

5.3.2.4. Influencia del tostado

- Las altas T y t prolongados eliminan las especificidades aromáticas de los cacaos finos de aroma, pero favorecen el desarrollo de aromas de naturaleza térmica.
- El sabor a quemado ocurre cuando ya no existe fructosa en el grano. Esto ocurre a altas temperaturas.
- Un tostado incompleto contribuye al sabor crudo o verde del licor.
- Temperaturas muy altas pueden hacer que la manteca migre hacia la cáscara.

Además, durante los estudios se evaluó el sabor metálico, pero no se encontró influencia de ninguna sustancia química propia del cacao, o desarrollada por el procesamiento, por lo que se cree que puede tener causas genéticas.

6. Aplicaciones y beneficios

6.1. Usos en la industria. Tal como se vio en el procesamiento, la pasta o licor de cacao es el insumo más básico que proporcionan los granos del fruto, Y está constituido básicamente por 2 partes: la parte sólida (torta de cacao) y la parte líquida (manteca).

Se separan ambas mediante un prensado. Por un lado, la torta de cacao puede servir para obtener el cacao en polvo mediante quebrantado y pulverización, mientras que la manteca líquida generalmente se filtra y atempera para convertirla así en manteca sólida para su comercialización.

Incluso se puede aprovechar las propiedades de las cascarillas de cacao obtenidas en el descascarillado. En la tabla 7, podemos visualizar de forma resumida los diversos usos de cada uno de estos subproductos.

Tabla 7. Usos y derivados de los subproductos del cacao.

Subproducto	Usos y derivados
Pasta o licor de cacao	Se utiliza para la elaboración del chocolate.
Manteca de cacao	Elaboración de chocolate y confitería. También se utiliza en la industria cosmética (cremas, aceites, y jabones) y en la industria farmacéutica.
Pulpa de cacao	Producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas
Jugo de cacao	Elaboración de jaleas y mermeladas
Polvo de cacao	Utilizado como ingrediente en casi cualquier alimento procesado como: bebidas chocolatadas, helados, mousse, salsas, tortas y galletas.
Cáscara	Utilizado para elaborar infusiones y como comida para animales.
Cenizas de cáscara	Utilizado para elaborar jabones, y también como fertilizante del cacao, vegetales y otros cultivos.

Fuente: Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA)

6.2. Impacto en la salud. El cacao es un fruto rico en muchas sustancias, destacando principalmente (EcoAgricultor, 2019) los antioxidantes específicos tales como polifenoles (específicamente flavonoides), muy similares a los que encontramos en frutas y verduras, y estos presentan beneficios principalmente en cuatro ámbitos:

6.2.1. Propiedad antioxidante. Los flavonoides presentes combaten de manera muy efectiva el estrés oxidativo, mientras que la procianidina disminuye los productos de oxidación plasmáticos, mejorando así la acción antioxidante del plasma (EcoAgricultor, s/f.). La efectividad de esta propiedad sobre la piel es 2 veces mayor que cualquier cosmético.

6.2.2. Propiedad antiinflamatoria. Se ha demostrado (Chávez, 2015) que los extractos de grano seco y cáscara del cacao disminuyen los marcadores pro inflamatorios y el daño celular. Por ello actualmente son muy utilizados en los tratamientos contra el cáncer.

La inflamación proviene generalmente de la obesidad, y algunas de sus causas desfavorables son el síndrome metabólico, la resistencia a la insulina y el riesgo cardiovascular.

6.2.3. Acción sobre el sistema cardiovascular. Debido a su contenido en ácidos grasos insaturados, el cacao actúa como protector vascular disminuyendo el Colesterol LDL y aumentando el HDL.

Además, disminuye la vasodilatación periférica y minimiza la formación de trombos, protegiéndonos así de las enfermedades cardiovasculares (EcoAgricultor, s/f.).

6.2.4. Acción sobre el sistema nervioso. Ciertas moléculas del cacao tienen la capacidad de activar el sistema nervioso y poseen propiedades tonificantes, diuréticas y antineurálgicas.

Así mismo, posee ciertas sustancias (como la anfenitilamina) que producen sensaciones de bienestar y placer en el cerebro, por lo que se le atribuyen propiedades antidepresivas. Y, por si fuera poco, ralentiza el proceso de envejecimiento y mejora los procesos cognitivos, siendo el más resaltante la memoria (Eco-Agricultor, 2019).



Capítulo 3

Metodología

Este capítulo tiene como finalidad explicar detalladamente los pasos a seguir en la parte práctica de la investigación; es decir, el protocolo de laboratorio para preparar las muestras de catación, los criterios y valoraciones sensoriales estándar de dichas muestras, y el análisis estadístico que se llevará a cabo acerca de sus características sensoriales mediante la variación del tiempo y temperatura de tostado.

Cabe recalcar que la Cooperativa Norandino se rige por las recopilaciones de protocolos de CAOBISCO (Chocolate, Biscuits & Confectionery of Europe), FCCI (Fine Cacao and Chocolate Institute) y otros protocolos internos desarrollados por las personas participantes en los ensayos de laboratorio de los colaboradores (USAID, Equal Exchange y TCHO).

1. Preparación del licor de cacao.

La preparación del licor o pasta de cacao se lleva a cabo con los pasos básicos detallados en “Procesamiento” (apartado 2.4.), con la adición de algunos pasos intermedios breves. A nivel de laboratorio se llevan a cabo los pasos del ‘Control de Calidad’ y, para esta investigación, todos los pasos posteriores a ellos.

1.1. Pre-tostado. Lo primero es extraer las muestras de granos crudos del almacén. En él, los granos se encuentran almacenados en sacos de 70 kg, apilados unos encima de otros.

Para extraer una muestra, primero se identifica el grupo de sacos que pertenecen al lote deseado, y se inicia el ‘Plumeo’, con el instrumento que se muestra en la figura 13.



Figura 13. Pluma para extracción de muestras en almacén.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia

El proceso consiste en ingresar una pluma a cada uno de los sacos (a través de un agujero) e ir extrayendo los granos. Para que la muestra sea representativa, se debe realizar el plumeo en todos los sacos del lote.

El protocolo normal para realizar los controles de calidad requiere que se obtenga una muestra de 10 a 15 kg de cacao, la cual es posteriormente esparcida en una mesa, y de ella se escoge aleatoriamente 1 kg. Lo demás se guarda en laboratorio para algún momento posterior en el que se necesite seguir realizando más pruebas al mismo lote.

Una vez que se tiene la muestra de 1kg se rellena un Formato de Identificación, que contiene lo siguiente:

- Certificación del lote
- Fecha de entrada
- Origen
- Tamaño del grano
- Características del grano
- Porcentaje de humedad

Para determinar el tamaño de grano se pasan estos por unas mallas y se zarandean. Algunas personas requieren un tamaño mínimo, especialmente en los casos de exportación (la regla estándar suele ser porcentaje de grano pequeño no mayor a 8%).

Para determinar las características del grano se realiza la prueba de corte, prueba visual en la que se ingresan 100 granos y se parten por la mitad, como se observa en la figura 14.



Figura 14. Prueba de corte del grano.
Fuente: Cooperativa Norandino.

En dicha prueba se examina de forma visual el color de los granos, que es un indicador del grado de fermentación que tienen los mismos. Como se explica en la figura 15, un grano violáceo indica falta de fermentación, mientras que uno de color marrón oscuro indica que se ha fermentado adecuadamente. También aquí pueden observarse otros defectos tales como los granos pizarrosos y mohosos.



Figura 15. Tipificación del grano de cacao en la prueba de corte.
Fuente: Universidad Tecnológica Equinoccial (2014, p. 126)

Óptimamente, el porcentaje de granos violetas no debería superar el 5%, o los granos fermentados totalmente deberían ser más del 70%. Sin embargo, esto es relativo pues depende mucho de las preferencias del cliente. Por ejemplo, algunos piensan que el porcentaje de granos totalmente fermentados podría ser únicamente superior al 50%, porque prefieren que el sabor del cacao sea más intenso (lo cual se tiende a perder un poco en la fermentación).

Otro dato importante que se debe verificar es el nivel de humedad, lo cual se realiza con un higrómetro como el de la figura 16. Primero se calibra el instrumento presionando repetidamente el botón rojo, hasta que la manecilla suba y se mantenga varias veces seguidas en el espacio rojo (ubicado cerca al 80%). Una vez calibrado, se introduce en la parte de arriba unos cuantos granos de la muestra y se cierra y ajusta. Luego se presiona el botón blanco y este subirá la manecilla al porcentaje de humedad en que se encuentra la muestra en contacto.

El rango óptimo de humedad es 7% (+/- 1). Un rango de 7+/-2 también es bastante seguro. Si estuviera por encima del límite será necesario realizar un pre-secado, mientras si por el contrario está por debajo de él, habrá que tomar consideraciones para disminuir el tiempo y la temperatura de tostado.



Figura 16. Higrómetro.
Fuente: Cooperativa Norandino.

En Norandino, sin embargo, debido a su dinámica de trabajo, los lotes de humedad excesiva no son secados previamente si no que suelen ser directamente rechazados, mientras que los que carecen de suficiente humedad tienen un poco más de tolerancia (hasta un poco por encima de 5) por un tema de relaciones con los proveedores.

Entonces, el lote será aceptado si cumple con los requerimientos de tamaño y otras características del grano, y el porcentaje de humedad.

Cabe recalcar que en esta investigación se trabajó con lotes ya aceptados, por lo que únicamente se analizó la Ficha de Identificación de cada uno, y se plumearon aproximadamente 5kg de cada uno de los 4 orígenes de cacao, directamente de los sacos en el almacén, en 4 recipientes distintos, como se ve en la figura 17.



Figura 17. Muestras plumeadas de cacao en grano.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia

1.2. Tostado. En este caso, Norandino utiliza provisionalmente su tostador de café también para el tostado del cacao. Esta es una tostadora de planta de la marca alemana Probat (Probat-Werke), cuyas características se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Tostadora utilizada para los granos de cacao.

	Tostadora Probat	
	Denominación	Kaffeeeroester
	Tipo	BRZ 4
	Año	2018
	Tipo de gas	Propano
	Presión de gas mínima	50 mbar
	Presión de gas máxima	5 kPa
	Calor nominal de entrada	4.2 kW
	Entrada eléctrica	220V/60Hz, 6A
	Carga eléctrica nominal	0.1 kVA

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia

Este tipo de máquina está diseñada para funcionar tanto a gas como con electricidad, pero en el laboratorio de café de Norandino está configurada para el uso con gas propano. Además, como se puede observar, al ser de tipo BRZ4 cuenta con 4 cilindros, cada uno con capacidad de 100 gramos, y la peculiaridad de ser configurado de forma independiente tanto en Temperatura como en encendido y apagado (tiempo).

Debido a que la máquina conchadora (apartado 3.1.5.) requiere un aproximado de 300 gramos de grano sin cáscara como mínimo para funcionar de forma adecuada, se hizo uso de los 4 cilindros para cada una de las muestras. Así, una vez que se retire la cáscara del grano, el peso no sería menor a 300g, ya que difícilmente la cáscara supera el 15% del peso total.

Para empezar el proceso, lo primero que debe hacerse es escoger los granos aptos de la bandeja que se trajo del almacén. Esto significa separar los granos que puedan interferir en la calidad de la muestra¹³. En la figura 18 se pueden apreciar 2 montones: el de la izquierda contiene la gran mayoría, que son los granos sanos aptos para el tostado, mientras que el de la derecha contiene la minoría de granos, que son los defectuosos.

¹³ Granos aglomerados, rotos, excesivamente planos o pequeños, o que presenten algún otro defecto, como señales de haber sido corroídos por insectos.



Figura 18. Selección manual de granos para el tostado.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Cabe recalcar que no todos los granos rechazados en este paso son inaceptables para el procesamiento industrial. Sin embargo, como se trata de un proceso manual y a pequeña escala, se ha aumentado la minuciosidad con el fin de estandarizar el tipo de grano y reducir la variabilidad.

Una vez escogidos los granos deben separarse en montones de 100g para que puedan entrar a cada cilindro. Para esto se utilizan unas bandejas plásticas y una balanza de laboratorio, tal como se muestra en la figura 19.



Figura 19. Separación de muestras en bandejas de 100g.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Ya teniendo las muestras listas para ser ingresadas se procede a encender la tostadora. Debe dejarse que caliente unos 10 minutos antes de ingresar la primera muestra. Y ya que esta tostadora se utiliza diariamente para realizar el tostado de café, debe primero realizarse un tostado de limpieza; es decir, la primera muestra que se tueste no cuenta para la investigación.

El funcionamiento de la máquina se da de la siguiente manera: Primero se gira la perilla roja al modo “encendido” para prender la máquina. Después de eso, se enciende cada cilindro individualmente: Cada uno de ellos tiene una perilla selectora negra con 2 configuraciones (fuego medio y fuego alto), el cual se gira a la vez que se presiona el botón de encendido de gas, tal como en una cocina. El fuego es visible a través de un orificio justo debajo del cilindro tostador.

Generalmente se enciende en el fuego medio para llevar el tostador a la temperatura deseada, y se aumenta a fuego alto una vez va a ingresar la muestra al cilindro.

Por otro lado, cada cilindro cuenta también con una válvula que regula la entrada de aire, y que se encuentra entre la perilla roja y la negra. Esta tiene 3 niveles: cuando es jalada en su totalidad, pasa aire suficiente para que el cilindro se enfríe; cuando ha sido presionado totalmente, casi no pasa aire y por tanto el cilindro se caliente (como es el caso de la figura 20), mientras que cuando está en el nivel intermedio, se deja entrar el aire suficiente para que la T se mantenga constante. Naturalmente, durante el tostado en sí, la válvula debe estar en este nivel.

Tanto la perilla negra que regula el fuego como la válvula que regula el paso de aire son los 2 mecanismos que tiene la máquina para regular la T. Esta puede verse en un indicador que se encuentra justo en la parte superior.



Figura 20. Mecanismos de control de temperatura durante el tostado.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Para ingresar la muestra se busca que los 4 cilindros estén configurados de igual manera, por lo que deben observarse constantemente y realizar el ingreso de manera rápida con el fin de

mantener las condiciones, ya que estas varían rápidamente cuando alguna válvula se encuentra totalmente abierta o cerrada.

Se utiliza para la colocación una báscula que posee una capacidad exacta de 100g, y que tiene el diámetro necesario para ingresar por el agujero del cilindro tostador sin que se riegue la muestra. Esto puede verse en la figura 21.



Figura 21. Colocación de los granos en los cilindros tostadores.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Cuando la muestra haya sido colocada, debemos asegurar que las condiciones se mantengan; es decir, que la llama esté en fuego alto y la válvula en el nivel intermedio. Inevitablemente, el tostado sufrirá una variación en curva, puesto que la temperatura disminuye drásticamente cuando ingresa la muestra (hay una variación positiva de masa), y luego lentamente va elevándose hasta llegar al nivel establecido y, dependiendo del tiempo, puede sobrepasarlo.

Sin embargo, dado que todas las muestras tienen igual peso, esta curva de variación será siempre igual y, por tanto, no se considera que afecte la investigación que se está realizando.

Finalmente, debe controlarse el tiempo, lo cual se realiza mediante el uso de un cronómetro adherido a la máquina, que se enciende cuando se coloca la muestra en el primer cilindro. Por demoras en la colocación de la muestra dentro de la báscula, se coloca la muestra en cada uno de los cilindros 15 segundos después del precedente y, por tanto, debe retirarse también 15 segundos más tarde.

Para retirar la muestra simplemente se jala del asa que tiene el cilindro tostador, y este se eleva de manera que los granos caen del agujero a las mallas de enfriamiento que se encuentran debajo. Todo esto puede observarse en la figura 22.



Figura 22. Control de tiempo de tostado y retiro de las muestras del cilindro tostador.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

1.3. Enfriamiento y almacenamiento. Los granos empiezan a enfriarse desde que se encuentran en las mallas de la tostadora, pues estas son metálicas y además circulan el aire por las aberturas. Como el ambiente dentro del laboratorio es fresco, solo se dejan ahí por unos 5 minutos, y luego se trasladan a un depósito plástico, que debe estar debidamente etiquetado con el Origen y el número de muestra, como se muestra en la figura 23.



Figura 23. Almacenamiento de muestras tostadas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Estos depósitos se dejan abiertos durante una media hora más o menos, para que las muestras enfríen totalmente, y después son tapados y almacenados en el laboratorio o en casa: Debe ser

algún lugar con una temperatura fresca y alejado de olores fuertes que puedan ser absorbidos por las muestras.

1.4. Descascarillado. Para evitar heridas y quemaduras por rozamiento, el cacao debe pelarse cuando haya enfriado; sin embargo, es recomendable hacerlo lo antes posible, pues a mayor tiempo transcurra más se pegará la cáscara al grano.

Para muestras de tostado intermedio a alto el descascarillado puede realizarse únicamente con los dedos. Para las muestras más crudas se utilizó una piedra aplanada para chancar ligeramente los granos y desprender la cáscara más fácilmente.

En la figura 24 puede verse esta separación: A la derecha el grano entero que luego se separa; el grano sin cáscara (entero o partido), se almacena para devolverlo al depósito plástico etiquetado, mientras que la cáscara se retira en bolsas separadas para otros fines secundarios (puede utilizarse para realizar infusiones o como fertilizante).



Figura 24. Separación de grano y cáscara en el descascarillado.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

1.5. Molienda y conchado. Este es el paso en el que se convierte el cacao en grano tostado a licor o pasta de cacao. Para que pueda ingresar a la máquina sin causar mayor daño, primero se pasan los granos por el molino de la figura 25, para convertirlos en nibs. Únicamente se gira la palanca inferior y los granos se muelen mecánicamente.



Figura 25. Molienda de granos previa al conchado de muestras.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Cuando la muestra ha sido pulverizada ya puede ser ingresada a la máquina conchadora. Esta es una máquina de hasta 5kg de capacidad, que cuenta con 2 piedras que muelen el cacao, y dos espátulas verticales afiladas que mueven la muestra hacia las piedras. El exterior es un cilindro metálico que al encenderse gira, garantizando que toda la mezcla interna se mueva y pase por ambas piedras y espátulas. Esta máquina puede verse en la figura 26.



Figura 26. Máquina utilizada para el conchado de muestras.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

La muestra se ingresa con ayuda de una cuchara plástica, de poco a poco para que la máquina no se atore. Es recomendable durante los primeros minutos utilizar una secadora para que la muestra se derrita más rápido. Además, pequeñas partes de muestra pueden saltar a partes de la conchadora donde no se mezclan, por lo que también se utiliza una espátula para ir sacándolas de esos lugares de cuando en cuando. Este proceso puede verse en la figura 27.



Figura 27. Máquina conchadora en funcionamiento.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El tiempo de conchado influye en la textura de la muestra, mas no en los sabores. Si bien es recomendable un tiempo mínimo de 3 horas, esto depende del tipo y el estado de la conchadora. En este caso, el tiempo estándar para todas las muestras fue 3 horas contando desde el momento en que se comenzó a ingresar de a pocos la muestra en la máquina.

1.6. Almacenado final. Después de las 3 horas de conchado, se apaga y desconecta la máquina, y se procede a vaciar la muestra en un recipiente de vidrio, con la ayuda de la espátula. Es recomendable hacer esto apenas se apague la máquina pues la pasta de cacao tiende a solidificarse rápidamente, incluso a temperatura ambiente.

La máquina debe ser bien enjuagada rápidamente también, y secada con paños absorbentes para que no se malogre. Por otro lado, la muestra es debidamente etiquetada (la etiqueta cubierta con cinta adhesiva para que no pueda despegarse) y cubierta con papel aluminio para evitar que esta se contamine. La figura 28 muestra un ejemplo.



Figura 28. Ejemplo de muestra envasada y etiquetada.
Fuente: Elaboración propia.

Las muestras finalizadas deberán guardarse en el refrigerador para su buena conservación. Si bien puede haber cambios en la uniformidad del color (aparición de manchas de color más claro) con el paso del tiempo, esto sólo se debe a la falta de atemperado, y no afecta en nada la calidad del sabor, por lo menos hasta dentro de un año de almacenamiento.

Cuando se vaya a realizar el análisis sensorial, las muestras deberán sacarse del refrigerador y descongelarse (sin el recubrimiento de aluminio) gradualmente en el microondas. En este caso se hizo en intervalos de 45 segundos con algunos minutos intermedios para enfriamiento. Esto se realiza así porque es muy fácil quemar el cacao si se calienta demasiado; este no debería exceder los 50°C como máximo.

2. Análisis sensorial

De acuerdo con los lineamientos establecidos (USAID, Equal Exchange y TCHO), cada catador a realizar el análisis sensorial de una muestra de licor de cacao deberá rellenar la Ficha de Degustación, presentada en la figura 29.

En la ficha, se puede apreciar que las categorías sensoriales se dividen en 8: Aroma, Acidez, Amargor, Astringencia, Defectos, Sabor, Posgusto y Puntaje del Catador. El Sabor es la categoría más compleja, y a su vez se divide en 8 subcategorías. En el Anexo B se presentan algunas recomendaciones oficiales para evaluar cada uno de estos aspectos, pero, en general, cada uno de ellos es calificado en dos tipos de escalas: la escala de intensidad y la escala de calidad. La única excepción es el Puntaje del Catador, que únicamente evalúa la Calidad, tal como se aprecia en la imagen.

La escala de intensidad se evalúa del 0 al 5 (con aceptación de puntos intermedios), donde 0 significa 'no detectable', mientras que el 5 quiere decir 'extremo'. La escala de calidad, por otro lado, se evalúa del 0 al 10, donde el 0 significa 'terrible', y el 10 quiere decir 'excelente'.

El valor de la intensidad suele afectar el de la calidad, y ambas escalas pueden mantener una relación directa o inversa. En los atributos de amargor, astringencia y defectos, tienen una relación inversa: a mayor intensidad, menor calidad; en los atributos de aroma, acidez y posgusto, mantienen cualquiera de las dos, dependiendo de las características encontradas, mientras que la intensidad de las subcategorías de sabor únicamente sirve como referencia para definir el perfil sensorial de la muestra, y establecer una calidad más subjetiva dependiendo de los gustos del catador.



CACAO
SENSORY ANALYSIS
Tasting Form

SAMPLE _____

TASTER _____

DATE _____

CATEGORIES		INTENSITY	NOTES	QUALITY (0-10)	POINTS
Aroma		<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x1 =
Acidity		<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x1 =
Bitterness	INTENSITY 0 to 2.5: > 5 in quality 2.5 to 5: ≤ 5 in quality	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x1 =
Astringency		<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x1 =
Defects		<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x2 =
Flavor	Cocoa/Cacao	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		<input style="width: 40px; height: 40px;" type="text"/>	x2 =
	Sweet	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
	Nutty	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
	Dried Fruit	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
	Fresh Fruit	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
	Floral	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
	Spices	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			
Aftertaste		<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5			x1 =
COMMENTS:			TASTER'S POINTS		x1 =
FINAL SCORE					

INTENSITY SCALE

0	1	2	3	4	5
None/Not Detectable	Faint	Clearly Present	Moderate	Dominant	Extreme

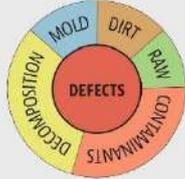
QUALITY SCALE

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terrible	Bad		Ordinary		Good		Excellent			

TIPS TO SCORE QUALITY FOR DEFECTS

Name the defect:
A reduction in quality points should be defined in the notes.

Inverse relationship:
As the defect flavor(s) increase in intensity, the quality score decreases.




 Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. Commercial purposes are not permitted. Sharing and modifications are allowed under the same license if appropriate credit and changes are indicated. USAID-Equal Exchange-TCHO Cooperative Development Project, Version 2012.

Figura 29. Ficha sensorial de degustación de licor de cacao.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO).

Si bien la intensidad afecta la calidad, es únicamente la calidad la que se tomará en cuenta para el puntaje final. Es decir, se suma los puntajes de calidad de cada una de las categorías. Hay que tener en cuenta que las dos categorías más importantes (defectos y sabor) duplican su puntaje para el cálculo final, por lo que el puntaje de una muestra cualquiera evaluada estará

sobre los 100 puntos. A continuación, se presentará de forma detallada la forma de evaluación de cada uno de los atributos, y su respectiva importancia en el puntaje final.

2.1. Aroma. Es la percepción sensorial basada en el olfato. Para evaluar el aroma, el catador deberá acercar la muestra a la nariz e inhalar profundamente para percibir los atributos. La acción puede repetirse de ser necesario.

La intensidad del olor dependerá bastante de si la muestra está en forma líquida o sólida, pero esto no debería afectar la calidad: en este caso, un aroma más intenso no significa necesariamente una mayor calidad, si no que deberá analizarse a qué subcategorías de sabor está relacionado dicho aroma:

- Si el aroma o combinación de aromas se relacionan a sabores como cacao/chocolate, dulces, de nuez, de fruta seca, de fruta fresca, florales o de especias, la calidad podría estar entre ‘Bueno’ y ‘Excelente’.
- Si el aroma o combinación de aromas se relacionan a defectos como moho, suciedad, granos crudos, contaminantes y descomposición, la calidad podría estar entre ‘Mala’ y ‘Terrible’.

2.2. Acidez. Es la propiedad organoléptica producida por soluciones acuosas diluidas de sustancias ácidas puras o la mezcla de ellas, cuya combinación genera un sabor ácido.

Al igual que en el aroma, la cantidad de acidez no está directamente relacionada con la calidad, si no que depende de qué tipo de sustancia ácida se trate. Los 7 posibles tipos se presentan en la figura 30.



Figura 30 Tipos de sustancias ácidas contenidas en el licor de cacao.

Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO)

Si el ácido percibido es cítrico o frutal (málico o tartárico), la calidad podría estar entre Bueno y Excelente. Por otro lado, si el tipo de ácido fuera vinagre (o similar) con una intensidad ‘Presente’ (pero que no caracteriza la muestra ni opaca otras características), la calidad podría estar alrededor de ‘Ordinaria’.

2.3. Amargura. Es la propiedad organoléptica producida por soluciones acuosas diluidas de varias sustancias puras o la mezcla de ellas, cuya combinación genera un sabor amargo.

En el caso de la amargura, la intensidad suele estar correlacionada con la calidad, manteniendo estas una relación inversa:

- Si la intensidad de la amargura se encuentra entre ‘Ausente’ y ‘Presente’ (hasta 2.5), la calidad podrá estar entre ‘Ordinaria’ y ‘Excelente’.
- Si la intensidad de la amargura se encuentra entre ‘Claramente presente’ y ‘Extrema’, la calidad podrá estar entre ‘Ordinaria’ y ‘Terrible’.

El tipo de amargura presente también puede influir en la apreciación subjetiva general del catador. La clasificación se presenta en la figura 31.



Figura 31. Tipos de sabores amargos presentes en el licor de cacao.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO)

2.4. Astringencia. La astringencia se refiere a la sensación de secado que se genera en la boca y garganta tras probar la muestra, que se puede describir como una sensación áspera, arenosa o de crudeza.

Exactamente igual que en la amargura, la intensidad suele estar correlacionada con la calidad, manteniendo estas una relación inversa. Igualmente, la combinación de estas escalas tiene clasificaciones, tal como se muestra en la figura 32.



Figura 32. Tipos de sabores astringentes presentes en el licor de cacao.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO).

Si la sensación de astringencia inicia muy suave y luego se incrementa durante el saboreo hasta un nivel ‘Presente’ (2), la calidad podrá estar entre ‘Buena’ y ‘Excelente’. En este caso, se dice que la sensación es similar a la de saborear un té negro sobrepasado.

Por otro lado, si la intensidad de la astringencia es ‘Dominante’ (4) o superior, la calidad podrá estar entre ‘Mala’ y ‘Terrible’. En este caso, se dice que la sensación es similar a la de saborear una cáscara de banana, o una banana no madura.

2.5. Defectos. Esta categoría está definida por la presencia de sabores defectuosos que no son característicos del cacao, y están generalmente asociados al deterioro o transformación, que afectan el producto.

A mayor cantidad de sabores defectuosos, menor calidad de la muestra. Aquí no se deben tener en consideración los sabores o texturas relacionados con el procesamiento de las muestras durante el tostado y molido; estas observaciones podrán anotarse en la sección de ‘Comentarios’.

Esta categoría es de gran importancia, por lo que su puntaje será duplicado para el puntaje global. Las referencias de sabores defectuosos se muestran en la figura 33.

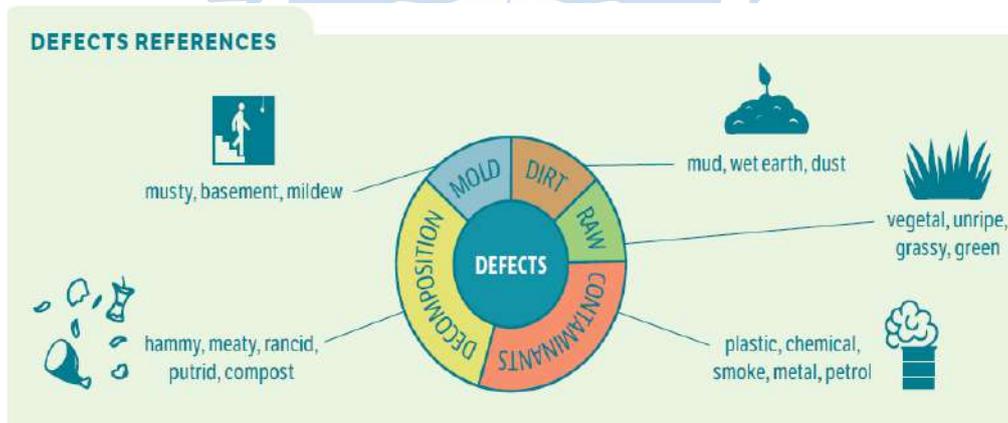


Figura 33. Tipos de sabores defectuosos presentes en el licor de cacao.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO)

Si la muestra no presenta un defecto identificable, la intensidad será 0 y por tanto la calidad se mantendrá intacta (10). Si, en cambio, se encuentra un sabor ‘Dominante’ de algún tipo de defecto, la calidad estará entre ‘Mala’ y ‘Terrible’.

2.6. Sabor. El Sabor es la categoría más importante y compleja, por lo que al igual que los Defectos, su puntuación se duplicará. Hace referencia a la impresión causada por una comida o sustancia, determinada principalmente por las sensaciones químicas detectadas por el gusto (la lengua) y el olor (la cavidad retro nasal).

Para puntuar esta categoría, se deberá analizar la intensidad de los sabores positivos o neutros, tomando en consideración que los sabores negativos ya fueron evaluados casi en totalidad en la categoría ‘Defectos’. La relación de referencias a detectar se presenta en la figura 34.



Figura 34. Categorías de sabores positivos o neutros presentes en el licor de cacao.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO).

La relación entre la intensidad y la calidad dependerá de la percepción y descripción de los sabores encontrados. Claramente, no todas las categorías de sabores estarán siempre presentes; hay que describir únicamente los que se encuentran. Por otra parte, la calidad estará también determinada por una combinación de factores, incluyendo entre ellos la armonía, la claridad, y la complejidad.

Como el ‘Sabor’ es una categoría compleja, debe ser claramente representado en el análisis de resultados. Existen varios métodos para realizar esto, pero uno muy útil podría ser el gráfico de araña, tal como se aprecia en el ejemplo de la figura 35.

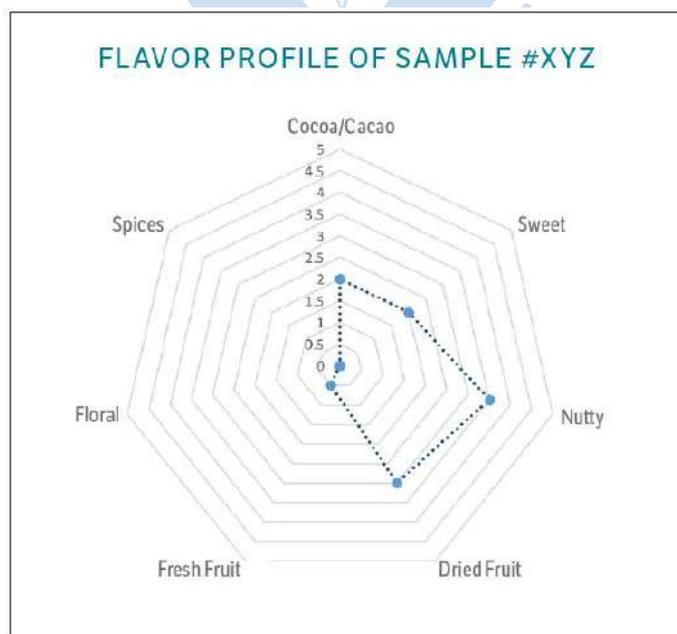


Figura 35. Gráfico araña del perfil sensorial de la muestra XYZ.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO).

2.7. Posgusto. El posgusto hace referencia a los sabores residuales que quedan en la boca y el paladar después de que la muestra se disuelve por completo.

La intensidad no necesariamente está relacionada con la calidad, si no que depende del tipo de sabores residuales:

Los sabores residuales positivos que podrían generar una calidad ‘Buena’ o ‘Excelente’ son las relacionadas a las subcategorías del sabor, tales como sabor a chocolate/cacao, dulce, a nuez, a frutos secos, a fruta fresca, a flores y a especias. Además, suelen mantener un nivel bajo de amargura y astringencia.

Un posgusto de calidad ‘Mala’ será aquel que presente altos niveles de amargura y astringencia.

Un factor que no debe tomarse en consideración para decidir la calidad es el tiempo que se mantiene el sabor residual en la boca. Por otro lado, hay que tomar en cuenta los cambios de intensidad que se podrían generar a medida que transcurre el tiempo; esto puede anotarse colocando una flecha en la dirección de cambio al lado del punto marcado en la escala de intensidad de la muestra.

2.8. Puntos del catador. Esta categoría hace referencia a la opinión subjetiva general del catador respecto a la muestra, que debe tomar en consideración todas las demás categorías evaluadas anteriormente, y puede estar basada en la percepción de calidad personal y profesional de dicho catador.

Una vez que se cuenta con el puntaje de cada categoría, se suma y se saca el puntaje global de la muestra sobre 100. Como generalmente una misma muestra es evaluada por distintos catadores, deben utilizarse herramientas visuales para sacar un puntaje promedio que tenga un mejor ajuste. Una herramienta bastante utilizada es la Hoja de Puntuación, como la que se muestra en la figura 36. Sin embargo, en este caso se utilizará un gráfico de líneas simple igual que para los demás atributos.

En la figura, cada color representa a un catador, asignado en la leyenda de la parte superior, y las líneas negras representan los puntajes promedio.

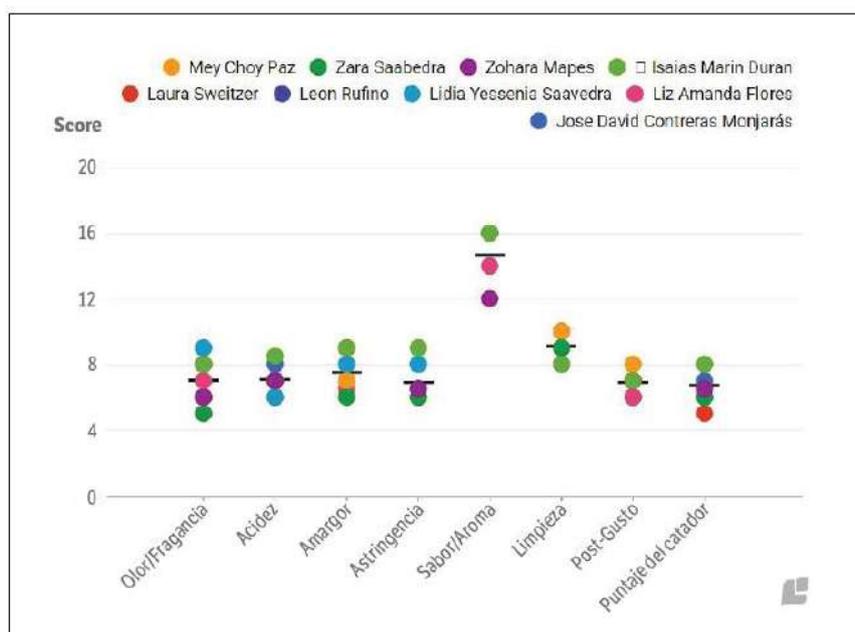


Figura 36. Hoja de puntuación para distintos catadores.
Fuente: Tasting guide (USAID/Equal Exchange/TCHO).

Esta hoja también sirve para observar si es que existe mucha diferencia entre los puntajes individuales de los catadores dentro de una misma categoría, pues esto podría llevar al panel a decidir realizar una segunda cata de la muestra y discutir para llegar a una decisión final.

3. Procesamiento de datos

3.1. Diseño Experimental. Recapitulando, el objetivo de este proyecto de investigación es el de obtener un perfil sensorial para determinado tipo de cacao, en referencia a sus características de tostado (el tiempo y la temperatura) y a través de la evaluación de catadores expertos.

Entonces, para analizar los datos obtenidos en el análisis sensorial, utilizaremos un diseño factorial completo, del tipo 3^k . Más específicamente un diseño 3^2 , en el cual los dos factores tratamiento serán la temperatura y el tiempo (T, t), y se tomarán tres niveles en cada uno de ellos, obteniéndose así 9 combinaciones, las cuales se realizarán en su totalidad por ser un diseño de tipo completo y no fraccionado. El valor de (y) en la ecuación, equivale al Puntaje obtenido de las Fichas de Degustación (Figura 29).

El número de réplicas (n), que son las veces que se repiten todas las combinaciones de niveles de tratamientos, en este caso fue 1, por las siguientes razones:

- Como se explicó en el apartado 3.1.2. (Tostado), cada muestra perteneciente a 1 combinación del diseño se obtiene de la mezcla de 4 muestras de 100 gramos, tostadas al mismo tiempo y con la misma temperatura, pero configuradas de forma independiente en cilindros distintos, lo que reduce la variabilidad que pudiera existir.
- Se tuvo en consideración las restricciones de tiempo, tanto por la disponibilidad de maquinaria en la empresa para realizar las pruebas, como por el tiempo requerido para realizar cada una de las combinaciones (aproximadamente 4 horas por cada una entre el tostado y el conchado) y la cata de las mismas (según disponibilidad de los catadores).

Por otro lado, para determinar los valores de los 3 niveles de cada factor, se trabajó de acuerdo al promedio utilizado en el laboratorio de Norandino, que consistía en un tiempo de 5 a 6 minutos, a una temperatura de 125 grados. Como se observó que los granos quedaban tostados a las justas, se amplió bastante el rango de temperaturas hacia arriba, mientras que el tiempo se tomó como estándar. Los valores de los extremos fueron exagerados a propósito para obtener mejores resultados.

De esta manera, el diseño factorial resultante puede apreciarse en la tabla 9.

Tabla 9. Distribución del diseño factorial completo 3^2 .

Temperatura	Tiempo		
	3.5	5.5	7.5
120	1	2	3
135	4	5	6
145	7	8	9

Fuente: Elaboración propia.

Los números del 1 al 9 fueron asignados en ese orden a cada una de las combinaciones, únicamente con fines de registro e identificación. Cabe recalcar además que esta distribución fue utilizada para cada uno de los 4 orígenes del grano de cacao, por lo que finalmente se analizó un total de 36 muestras.

Se analizó el ANOVA obtenido del diseño de experimentos, y la significancia de los factores. Utilizando a los catadores como bloques, se obtuvo buenos valores de significancia, y se neutralizó gran parte de la variabilidad observada, por lo que se calculó la Ecuación de Regresión y la Superficie de Respuesta para cada variedad de cacao.

Para realizar el diseño se utilizó como herramienta el programa Minitab, con la opción DOE-Superficie de respuesta. Para cada distribución se fueron probando los modelos (lineal, cuadrático, interacción, y las combinaciones entre ellos), evaluando cuál era el que más se ajustaba a la distribución según los valores de probabilidad (P), obtenidos en el análisis de varianza.

Es decir, si un término de la ecuación tiene una $P > 0.05$, quiere decir que no es significativo para el modelo y debería eliminarse para obtener una ecuación más ajustada. Así se puede ir eliminando los términos y evaluando. Lo que se busca es que la 'Falta de ajuste' sea un valor lo más cercano a 0 posible.

Se utilizó la opción de 'Análisis de superficie de Respuesta' y, si bien los resultados no pueden ser 100% confiables, los altos valores de los indicadores de confiabilidad (R^2 y R^2 de predicción) permitieron predecir características óptimas aproximadas.

Se explicará cada paso más detalladamente en el capítulo 5 (Análisis y Resultados), para cada caso específico según el origen.

3.2. Perfil sensorial. Los valores óptimos obtenidos en el Diseño Experimental, son óptimos únicamente desde un punto de vista: el de los catadores, quienes han sido capacitados para distinguir los sabores de calidad según normas generales y estándares. Pero estos no engloban a toda la población y, teniendo en cuenta que lo más importante siempre son las preferencias del cliente, es mejor brindarles unas cuantas posibilidades.

Es decir, Norandino (por ahora) se dedicará a comercializar únicamente el cacao en pasta o licor, mas no en chocolate. La empresa vende a clientes internacionales quienes tienen empresas y fábricas en otros países, en las cuales sí producen chocolate. Entonces, al momento de presentar un tipo de cacao al cliente, es conveniente que, si bien ellos le sugieran un óptimo de tostado, le informen también sobre el abanico de posibilidades que pueden generarse con las distintas combinaciones de los factores tiempo y temperatura.

Todo esto es porque ningún cliente es igual a otro y, mientras que uno puede preferir los sabores frutales o cítricos, otro podría preferir más bien un sabor a frutos secos o a chocolate intenso.

Los perfiles sensoriales se recogen en un denominado 'Mapa de sabores' del Cacao, como se muestra en la figura 37.

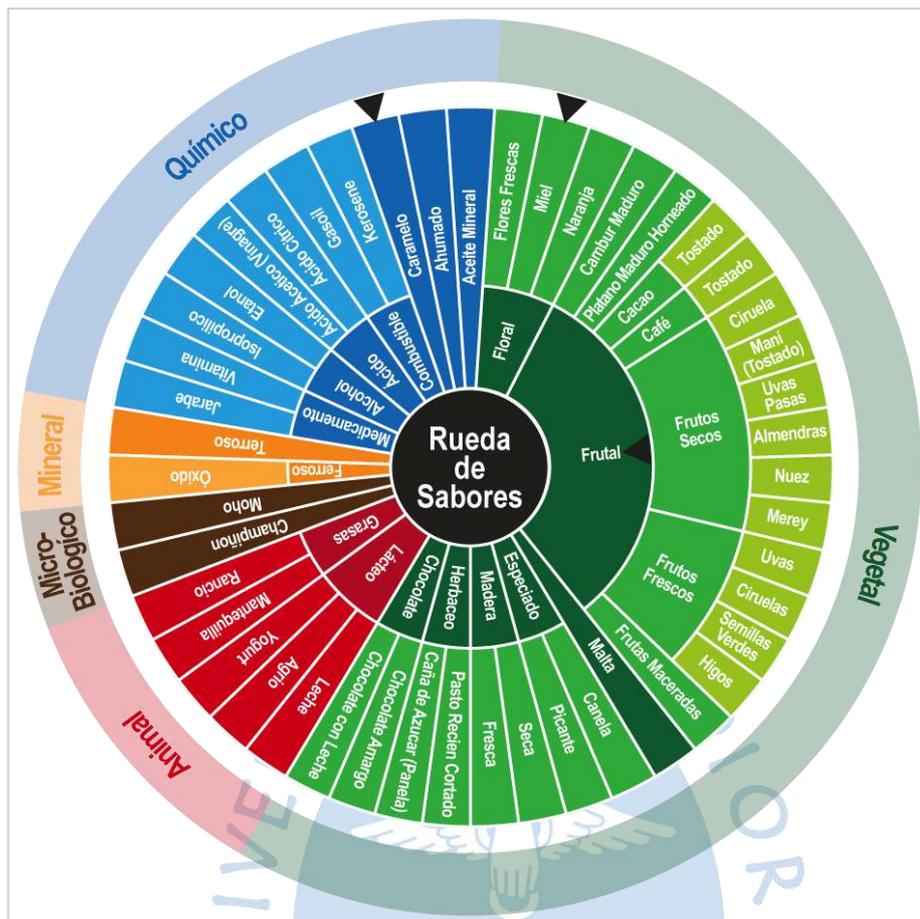


Figura 37. Mapa de sabores del cacao.
Fuente: Intercacao.

De acuerdo a la intensidad de los sabores encontrados por cada catador, y recogidos en la Ficha de Degustación, se puede elaborar un Mapa Sensorial de la muestra catada, en un Diagrama de Araña. Un ejemplo de este se muestra en la figura 38.



Figura 38. Mapa sensorial del cacao.
Fuente: Intercacao

El objetivo es realizar un Mapa Sensorial de Cada Muestra, para así obtener la evolución de puntaje para cada tipo de perfil, a medida que cambian los parámetros de tostado (tiempo y temperatura).

De esta manera, se puede obtener un perfil aproximado para cada nivel de tostado y, según las preferencias de perfil del cliente, se le puede presentar una muestra parecida para que verdaderamente pueda apreciar su potencial.



Capítulo 4

Resultados

Este capítulo detalla el proceso aplicado con referencia a la Metodología indicada en el Capítulo 3 para la obtención de pasta de cacao, la degustación sensorial de los catadores y el posterior análisis estadístico de los resultados.

La Cooperativa Norandino cuenta con diversas variedades de cacao, que son clasificadas principalmente por el origen del que proceden. La mayoría son provenientes de Piura, pero también tienen algunas variedades de la selva. Muchas veces estos vienen combinados por variedades de orígenes cercanos entre sí.

Para fines prácticos de la investigación, se utilizaron 4 de las variedades más demandadas por los clientes de la Cooperativa, todos pertenecientes a la misma región Piura: Valle Singucate (Piura), Charanal (Morropón), Paimas (Ayabaca) y Quemazón (Morropón).

Como se mencionó en el capítulo anterior, se extrajo una muestra de un lote de cada origen. Es decir, se trabajó con un mismo lote dentro de cada una de las variedades.

1. Valle Singucate

Para este origen, se tomó una muestra del lote N° 1529, cuyas características del análisis físico se muestran en el Anexo C-1. Este lote tenía aproximadamente 2 meses de almacenado cuando se realizó el muestreo y tostado.

Como se puede ver, es un cacao de tipo Gran Blanco, con clasificación Orgánico. Esta denominación de 'Cacao Blanco' corresponde al color del grano, y al reconocimiento que se le da al cacao nativo de la región de Piura, que es de la más alta calidad.

El grano de esta procedencia es de un tamaño medio-grande, alargado, y de color marrón-rojizo. Además, se determinó que casi el 95% del total de granos era de calidad exportable, lo que quiere decir que el lote es de alta calidad y buena uniformidad en sus propiedades físicas.

Por otro lado, recordando que el porcentaje normal de humedad puede ir entre 5 hasta 7.5 o máximo 8%, vemos que este lote está dentro del rango, con un 5.6%.

Finalmente, vemos que no posee mayores defectos. La única observación que se tiene es un alto contenido de granos violetas, lo que quiere decir que ha faltado fermentación. Esto también tiene una incidencia en el sabor y en el tostado óptimo, como se explicará más adelante.

1.1. Cata de muestras. Siguiendo el orden de identificación mostrado en la tabla 9 (apartado 3.3.1.), se realizó el tostado de muestras de manera aleatoria, mismo orden en que se realizó la cata de los licores. Las muestras ya tostadas, molidas, conchadas y etiquetadas se muestran en la figura 39.



Figura 39. Muestras etiquetadas del lote de Valle Singuate.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Cabe mencionar que, al ser el primer lote procesado, el tiempo entre el tostado y la cata fue bastante espaciado (aproximadamente 1 mes y medio). En el transcurso de ese tiempo, el refrigerador se descompuso y hubo una fuga de agua. Los catadores indicaron que percibieron algún sabor anormal (como combustible o contaminado) en las muestras número 4, 5, y 9, por lo que estas se volvieron a realizar. También la muestra 7 volvió a realizarse, por haber sido la primera, y no haberse realizado previamente la limpieza de la máquina de café.

En los resultados se ha considerado únicamente la evaluación realizada a las nuevas muestras, identificadas ahora como 4', 5', 7' y 9'.

A continuación, en la tabla 10, se presenta el resumen condensado de los resultados para cada uno de los atributos sensoriales, por evaluación de cada catador, en la escala de calidad.

Las abreviaciones C1, C2 y C3 harán referencia a los miembros catadores de Norandino que participaron en todo el proceso de cata de la investigación. Estos son:

- C1: Ing. Martín Domínguez Vances
- C2: Ing. Evelyne Valle Sánchez
- C3: Ing. Abimel López

Tabla 10. Puntajes de calidad por catador para muestras de Valle Singucate.

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4'	M5'	M6	M7'	M8	M9'	
C1	Aroma	7	7	8	7	7	8	7	8	8	7.44
	Acidez	8	7	7	8	7	7	7	7	7	7.22
	Amargor	8	8	7	6	7	6	6	8	7	7.00
	Astringencia	8	7	8	6	7	7	7	8	7	7.22
	Defectos*2	14	12	12	12	8	14	12	14	12	12.22
	Sabor*2	14	14	14	14	10	12	12	16	14	13.33
	Posgusto	7	6	6	6	5	6	5	7	7	6.11
	Puntaje del catador	7	7	6	6	5	6	5	7	6	6.11
	Puntaje total	73	68	68	65	56	66	61	75	68	66.67
C2	Aroma	6	5	5	6	4	7	5	7	6	5.67
	Acidez	8	5	7	7	5	6	7	6	6	6.33
	Amargor	8	4	7	5	3	6	5	7	7	5.78
	Astringencia	3	4	5	4	3	4	2	4	4	3.67
	Defectos*2	12	12	10	14	10	12	14	14	12	12.22
	Sabor*2	12	14	14	14	10	12	14	16	14	13.33
	Posgusto	6	6	5	6	4	6	6	7	5	5.67
	Puntaje del catador	7	6	6	7	5	6	7	8	7	6.56
	Puntaje total	62	56	59	63	44	59	60	69	61	59.22
C3	Aroma	8	7	7	7	7	8	7	8	7	7.33
	Acidez	8	6	7	7	7	6	7	6	7	6.78
	Amargor	7	5	8	6	7	7	6	4	8	6.44
	Astringencia	7	5	6	6	7	6	7	4	7	6.11
	Defectos*2	14	16	12	12	10	14	12	10	12	12.44
	Sabor*2	14	12	12	12	12	14	12	10	14	12.44
	Posgusto	7	6	5	6	5	5	6	5	7	5.78
	Puntaje del catador	7	6	6	6	6	6	6	5	7	6.11
	Puntaje total	72	63	63	62	61	66	63	52	69	63.44

Fuente: Elaboración propia.

Ahora veremos con mayor detalle y de forma gráfica cada uno de los atributos sensoriales evaluados.

1.1.1. Atributos simples. Para aquellos atributos simples, con un peso unitario en el puntaje, se utilizó un gráfico de líneas para analizar los cambios en la evaluación de calidad. Estos se muestran en las figuras 40 a la 44. La interpretación de los mismos se encontrará en el siguiente capítulo.

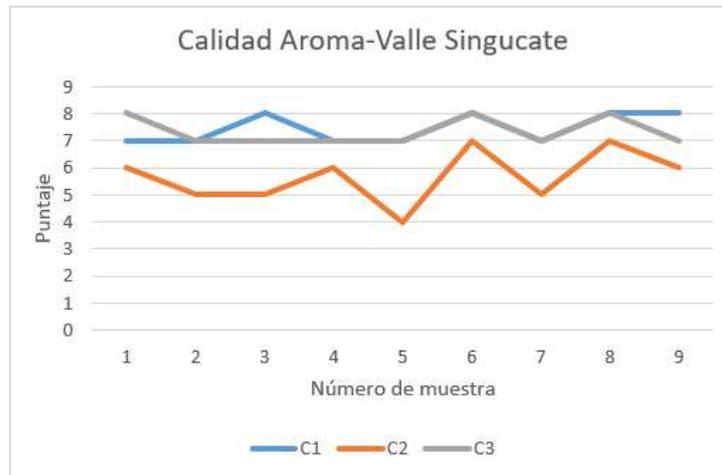


Figura 40. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los aromas más resaltantes fueron:

- Herbal, madera, bosque fresco: En los tratamientos con poco tiempo de tostado (1, 4, 7).
- Dulce, melaza o panela: En los tratamientos con un tostado intermedio (2, 4, 6) y en aquellos con T alta (7, 8, 9).
- Unos aromas atípicos agrios o rancios en los tratamientos (2, 5).

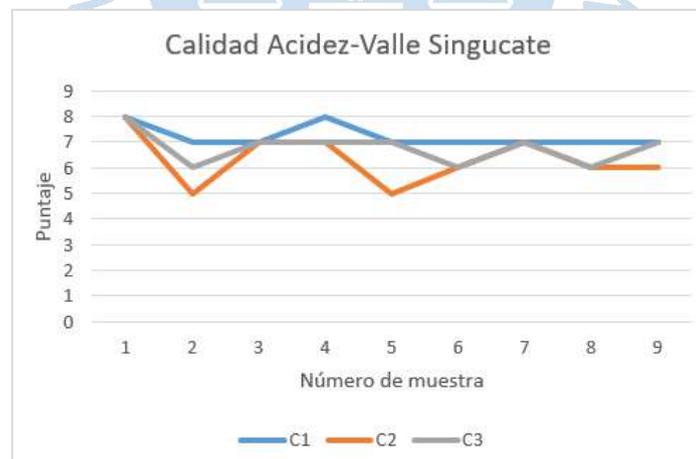


Figura 41. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

La acidez en general es de tipo cítrica, y por tanto positiva.

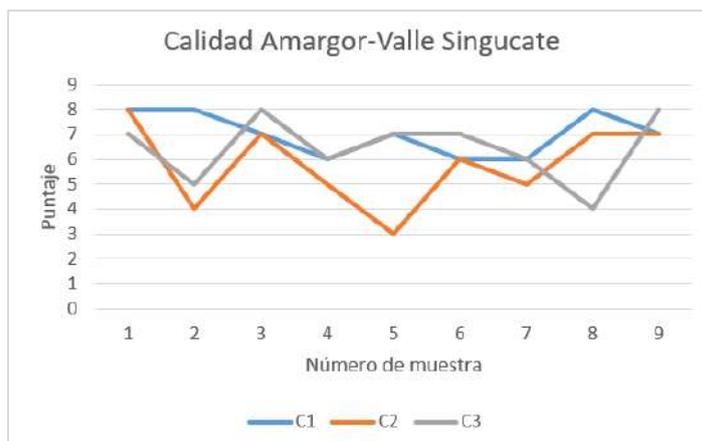


Figura 42. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El amargor encontrado en la mayoría de tratamientos fue del tipo amargo de cáscaras de cítricos, crudo o corteza.

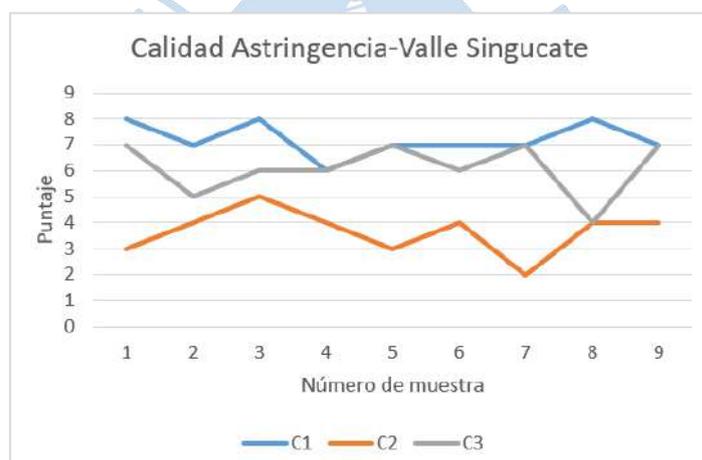


Figura 43. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

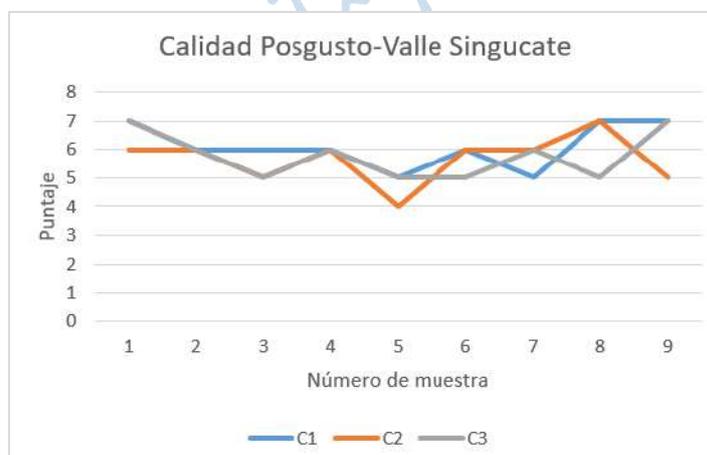


Figura 44. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

En general, todas las muestras presentaron, en mayor o menor intensidad, sabores amargos herbales, a forraje, crudo o madera, con escasas notas dulces o cítricas. Estos dos últimos sabores resaltaron en el último par de muestras, pero aparecieron también sabores resinosos o metálicos.

1.1.2. Defectos. Esta es la primera categoría cuyo puntaje vale doble y por tanto debe analizarse a mayor profundidad. En la figura 45 se resumen los resultados.

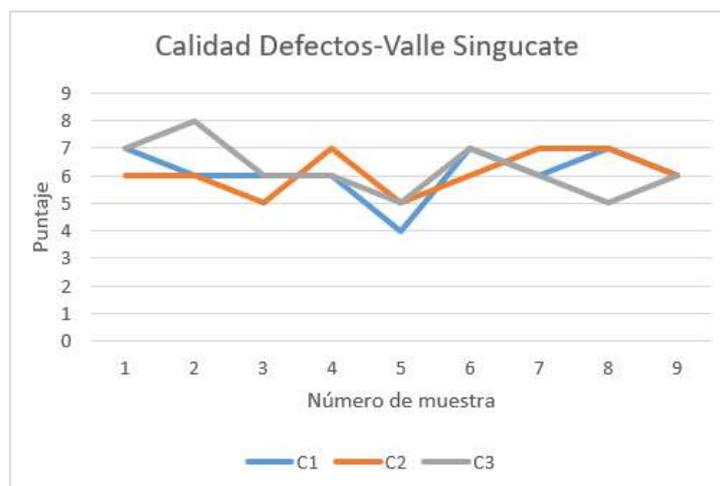


Figura 45. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los tipos de defectos observados mayormente fueron:

- Ahumado, picante: En los tratamientos de tiempo bajo (1, 4, 7).
- Tierra, hojas y hierbas: En los tratamientos de baja T (1, 2, 3).
- Resina, madera, agrio, acético y algo de metal: En los tratamientos de alto tostado (del 6 al 9, incrementándose en ese orden).

Cabe mencionar además 2 comportamientos inusuales:

- La muestra n°01 que, a diferencia de otras poco cocidas, presentó alta calidad.
- La muestra n°05 presentó sabores a rancio o combustible.

1.1.3. Sabor. Es la segunda categoría de valor doble y, además, muy complejo. Por ello, fue necesario desglosarlo en los distintos tipos de sabores que se consideran en las fichas de degustación. En esta categoría, además, es de suma importancia la intensidad, por lo que se muestra en la tabla 11 un condensado de los puntajes tanto de intensidad como de calidad por catador, para cada muestra. El resumen gráfico de los puntajes de calidad por catador, así como

el resumen gráfico del promedio de los 3 catadores para la intensidad de muestras, pueden apreciarse en las figuras 46 y 47, respectivamente.

Tabla 11. Puntajes de calidad e intensidad por catador para sabor, en Valle Singucate.

Catador		Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4'	M5'	M6	M7'	M8	M9'	
C1		7	7	7	7	5	6	6	8	7	6.67
C2		6	7	7	7	5	6	7	8	7	6.67
C3		7	6	6	6	6	7	6	5	7	6.22
Promedio		6.67	6.67	6.67	6.67	5.33	6.33	6.33	7	7	
Catador	Atributo de sabor	Intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4'	M5'	M6	M7'	M8	M9'	
C1	Cacao	2	2	2	1	1	2	2	3	3	2.0
	Dulce	1	0	1	0.5	1	1	0.5	0	0.5	0.6
	Nuez	2	2	1	3	0	3	2.5	3	0.5	1.9
	Fruta Seca	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0.4
	Fruta Fresca	0	2	2	0	2	2	0.5	0.5	2	1.2
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	0	2	0	0	0	3	2	2	2	1.2
	Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
C2	Cacao	3	3	3.5	2.5	3	2.5	3	2.5	2	2.8
	Dulce	0	1	2	1	2	1.5	3	1.5	3	1.7
	Nuez	2	2	2	2	1	2	1.5	2	2	1.8
	Fruta Seca	0	1	1.5	0	0	0	0	0	0	0.3
	Fruta Fresca	2	0	1.5	1.5	1.5	0	0	1.5	2	1.1
	Floral	0	1.5	1	1	0.5	1.5	0.5	0	0.5	0.7
	Especias	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	Otros	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0.2
C3	Cacao	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2.3
	Dulce	1.5	0	0	1	0	1.5	0	0	0	0.4
	Nuez	0	0	0	2.5	0	2	1	0	0	0.6
	Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2
	Fruta Fresca	1	1.5	0	0	0	1	1	0	2	0.7
	Floral	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.1
	Especias	0	0	1	0	0	2	0	1.5	0	0.5
	Otros	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0.7
Atributo de sabor		Promedio intensidad									Promedio
M1	M2	M3	M4'	M5'	M6	M7'	M8	M9'			
Cacao		2.33	2.33	2.83	1.83	2	2.17	2.33	2.83	2.67	2.37
Dulce		0.83	0.33	1	0.83	1	1.33	1.17	0.5	1.17	0.91
Nuez		1.33	1.33	1	2.5	0.33	2.33	1.67	1.67	0.83	1.44
Fruta Seca		0	1	0.5	0	0	0	0	0.33	1	0.31
Fruta Fresca		1	2	1.17	0.5	1.17	1	0.5	0.67	2	1.11
Floral		0	0.5	0.33	0.33	0.17	0.83	0.17	0	0.17	0.28
Especias		0.33	0.67	0	0	0	1.67	0.67	1.17	0.67	0.57
Otros		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00

Fuente: Elaboración propia.

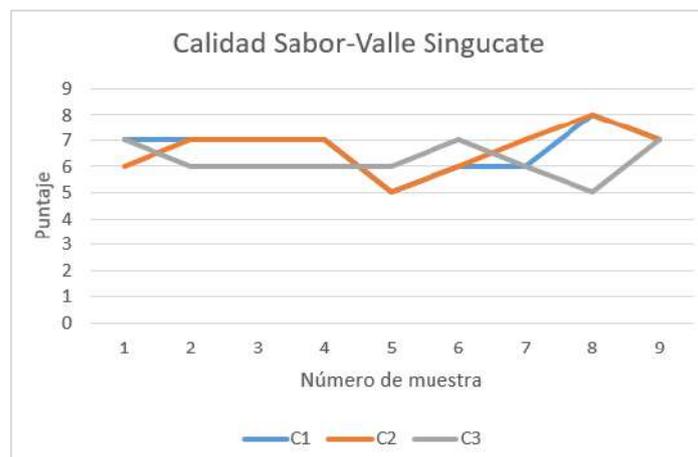


Figura 46. Puntaje por catador para Sabor en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

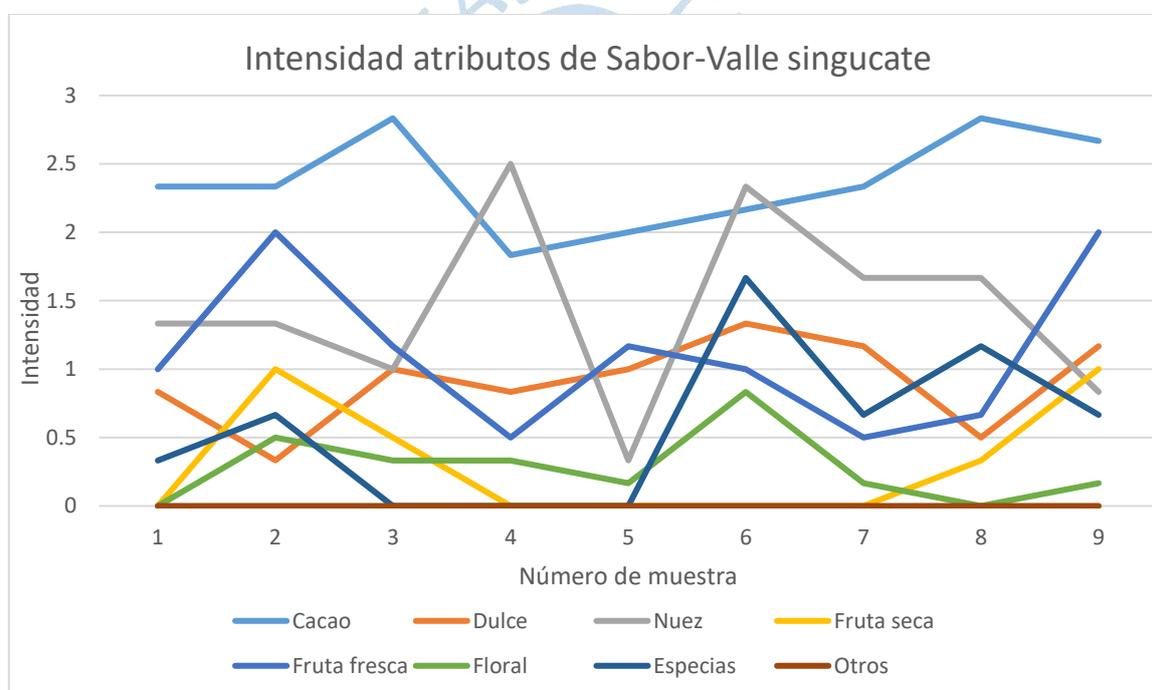


Figura 47. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

De forma complementaria, se realizó un Diagrama de Araña para establecer el perfil de sabor de cada muestra. Todos estos diagramas pueden observarse en la imagen 48. En la imagen 49 se presenta el Diagrama de Araña del perfil sensorial de Valle Singucate, basado en el promedio de los perfiles de las 9 muestras.

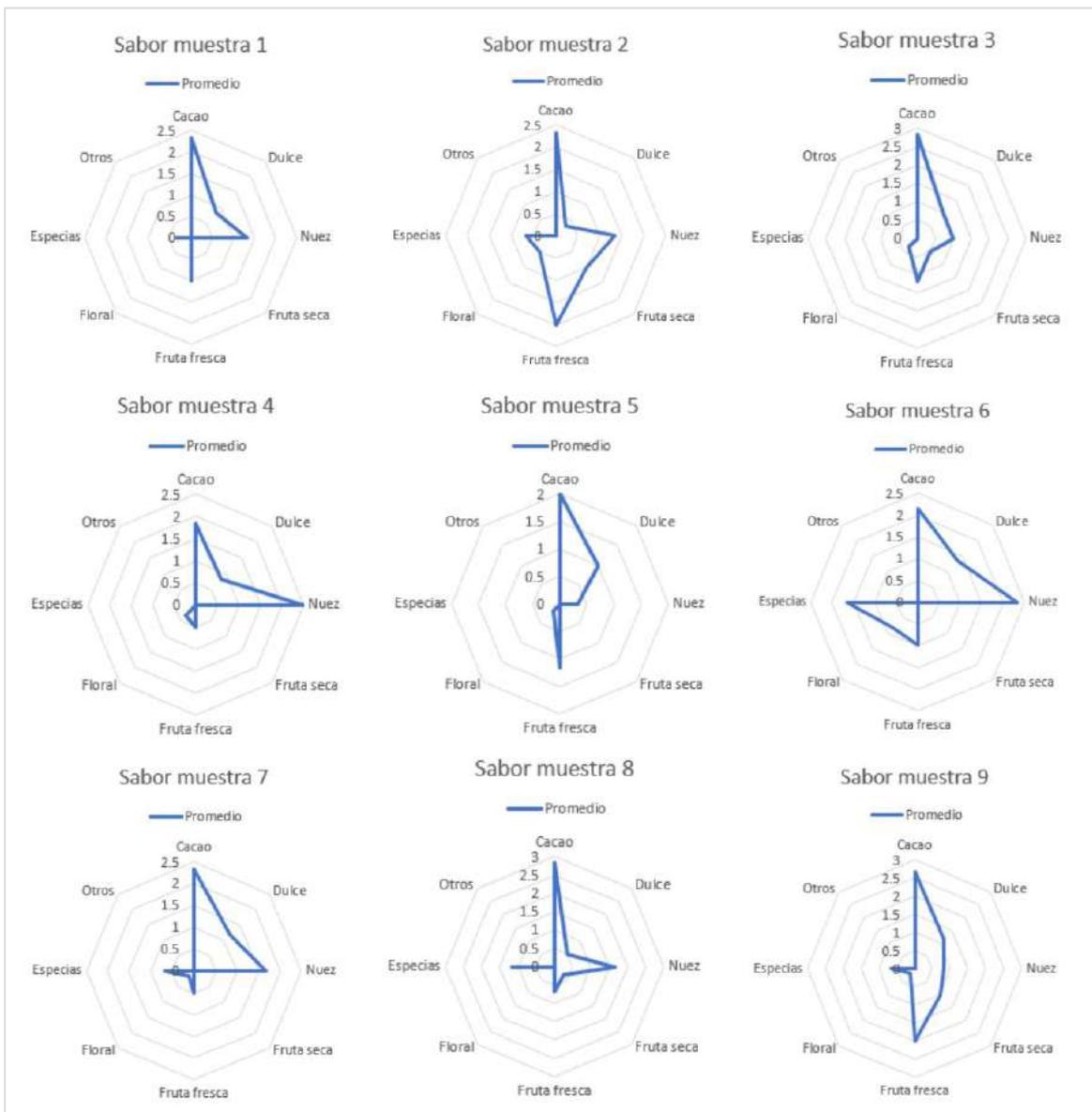


Figura 48. Perfiles sensoriales por muestra en Valle Singucate.
Fuente: Elaboración propia.

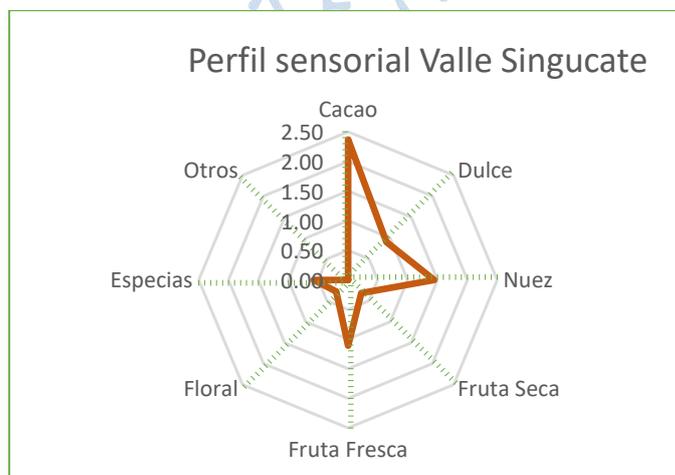


Figura 49. Perfil sensorial de cacao en Valle Singucate.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

1.1.4. Puntaje general. Primero observamos la evolución del puntaje personal ('Puntaje del catador') en las muestras de la 1 a la 9, en la figura 50.

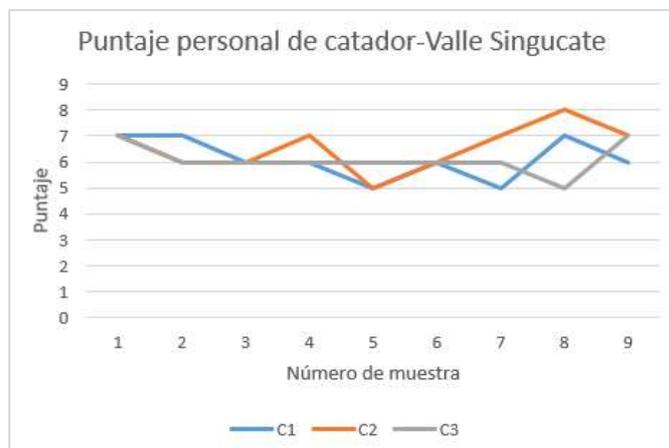


Figura 50. Puntaje personal por catador en muestras de Valle Singucate.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Después se calculó el puntaje general por muestra para cada catador, según la tabla 12, en el orden de realización de muestras, para poder ingresar los datos al diseño experimental.

Tabla 12. Puntajes globales de cata para muestras de Valle Singucate.

Muestra	Catador	Temperatura	Tiempo	Puntaje	Promedio
3	C1	120	7.5	68	63.3
3	C2	120	7.5	59	
3	C3	120	7.5	63	
8	C1	145	5.5	75	65.3
8	C2	145	5.5	69	
8	C3	145	5.5	52	
6	C1	135	7.5	66	63.7
6	C2	135	7.5	59	
6	C3	135	7.5	66	
9	C1	145	7.5	68	66
9	C2	145	7.5	61	
9	C3	145	7.5	69	
2	C1	120	5.5	68	62.3
2	C2	120	5.5	56	
2	C3	120	5.5	63	
1	C1	120	3.5	73	69
1	C2	120	3.5	62	
1	C3	120	3.5	72	

Tabla 12. Puntajes globales de cata para muestras de Valle Singucate (continuación).

7	C1	145	3.5	61	61.3
7	C2	145	3.5	60	
7	C3	145	3.5	63	
5	C1	135	5.5	56	53.7
5	C2	135	5.5	44	
5	C3	135	5.5	61	
4	C1	135	3.5	65	63.3
4	C2	135	3.5	63	
4	C3	135	3.5	62	

Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente, se realizó el diseño factorial 3^k en Minitab utilizando el promedio de puntaje de los catadores. Es decir, considerando cada Ficha de Degustación de una misma muestra como una repetición (únicamente 9 entradas). Sin embargo, al observarse que la variabilidad era demasiado alta, se consideró como una de las posibles causas principales la variación subjetiva entre catadores. Entonces, se incluyó “catador” como variable bloque, para eliminar sus posibles efectos, y poder analizarlos.

1.2. Diseño factorial 3^k y Análisis de Varianza. Se realizó el diseño factorial 3^2 en Minitab con los datos de la tabla 12, obteniéndose el análisis de la figura 51.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	542.52	77.502	2.51	0.052
Bloques	2	250.89	125.444	4.07	0.034
Lineal	2	3.43	1.716	0.06	0.946
Temperatura	1	2.00	2.000	0.06	0.802
Tiempo	1	1.43	1.431	0.05	0.832
Cuadrado	2	203.79	101.895	3.30	0.059
Temperatura*Temperatura	1	107.79	107.789	3.49	0.077
Tiempo*Tiempo	1	96.00	96.000	3.11	0.094
Interacción de 2 factores	1	80.74	80.738	2.62	0.122
Temperatura*Tiempo	1	80.74	80.738	2.62	0.122
Error	19	586.15	30.850		
Total	26	1128.67			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.55428	48.07%	28.93%	2.35%

Figura 51. ANOVA para diseño cuadrático inicial de Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Como se puede observar según el valor de p de los bloques, la variabilidad generada por el catador sí fue significativa.

Se determinó que el mejor modelo para este caso era el cuadrático, pero aun así ninguno de los factores resultó significativo. Sin embargo, como se puede observar en la figura 52, hubo algunos puntos atípicos muy marcados. Específicamente las filas 4, 5, 6 y 23 (en el orden de las filas de la tabla 12).

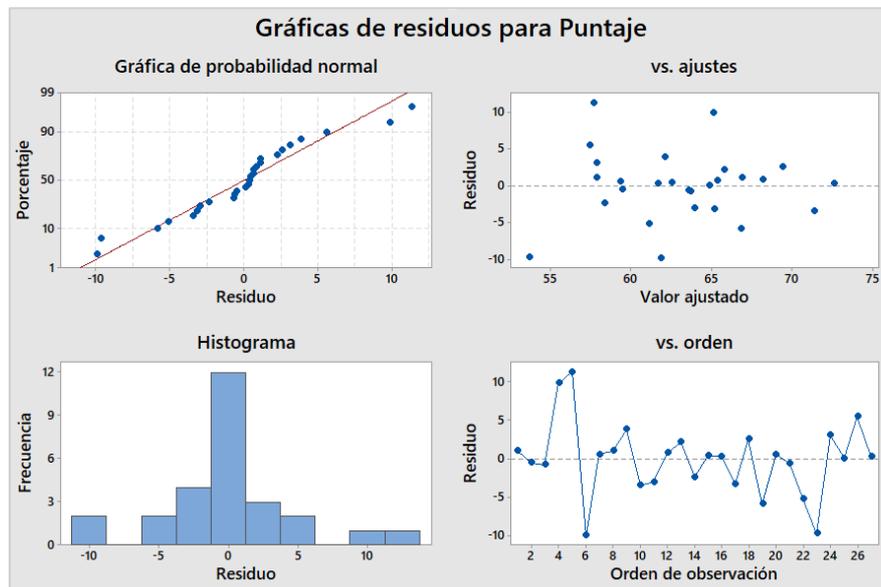


Figura 52. Gráficas de residuos del diseño cuadrático de Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Se procedió a eliminar estos puntos y correr el diseño nuevamente, obteniéndose el ANOVA de la figura 53. Como se puede ver, el factor cuadrático y la interacción resultaron significativos. Esto también se muestra en el Diagrama de Pareto de la figura 54.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	7	351.001	50.143	7.08	0.001
Bloques	2	174.823	87.412	12.34	0.001
Lineal	2	29.567	14.784	2.09	0.159
Temperatura	1	28.136	28.136	3.97	0.065
Tiempo	1	1.431	1.431	0.20	0.659
Cuadrado	2	120.332	60.166	8.50	0.003
Temperatura*Temperatura	1	15.630	15.630	2.21	0.158
Tiempo*Tiempo	1	93.002	93.002	13.13	0.002
Interacción de 2 factores	1	80.738	80.738	11.40	0.004
Temperatura*Tiempo	1	80.738	80.738	11.40	0.004
Error	15	106.216	7.081		
Total	22	457.217			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
2.66103	76.77%	65.93%	45.52%

Figura 53. ANOVA para el diseño cuadrático final de Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

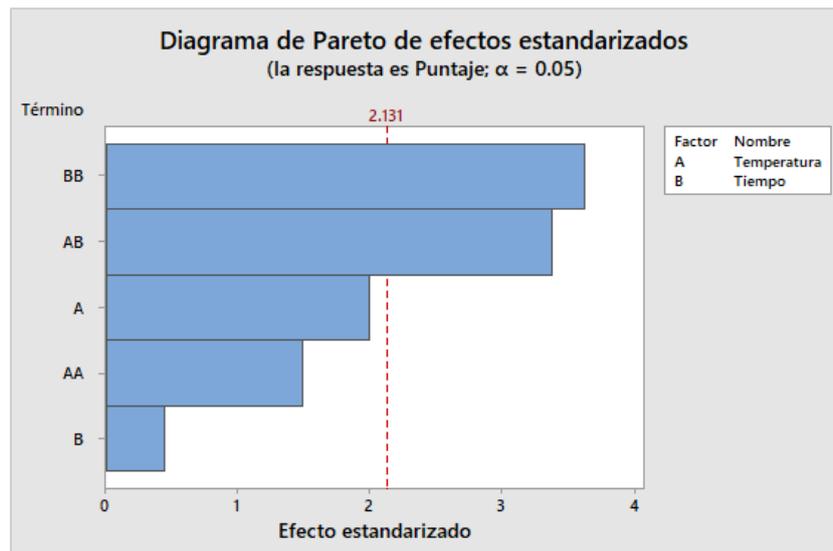


Figura 54. Diagrama de Pareto del diseño cuadrático final de Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Dado que la interacción es un factor altamente significativo, podemos explicar la relación entre los factores con la Gráfica de Interacción de la figura 55. Exceptuando el punto 1 (el más alto), que parece ser una excepción, podemos ver que los mejores puntajes se obtienen con un tiempo prolongado. Además, se ve que la puntuación también se incrementa ligeramente con un tostado, en general, de mayor agresividad.

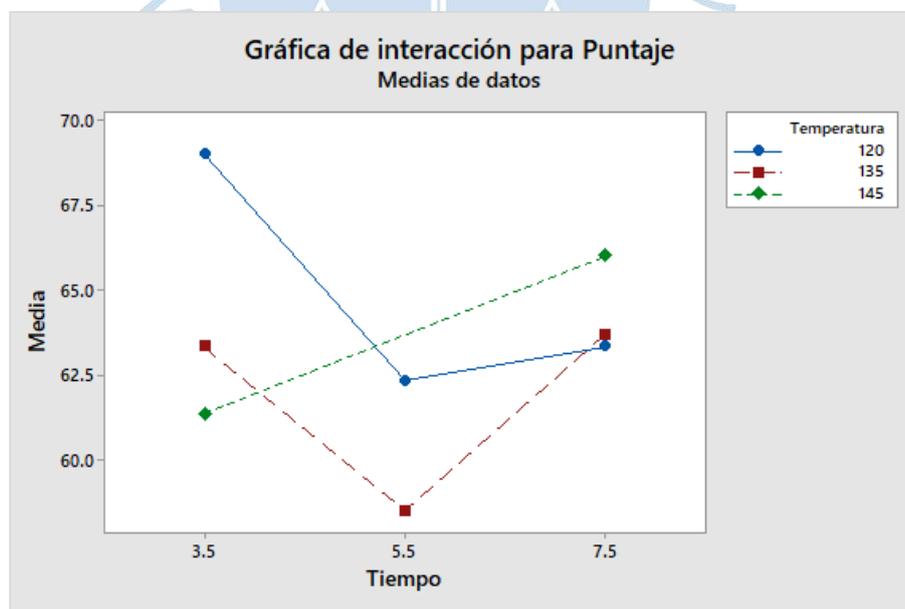


Figura 55. Gráfica de interacción de tiempo y temperatura para Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Finalmente, dado que el modelo resultó significativo ($p=0.001$), y que el R-cuadrado tuvo un valor bastante alto, se plantea el uso de la ecuación de regresión como un modelo confiable

para realizar predicciones. Dicha ecuación se muestra en la figura 56 y, en la figura 57, su respectiva superficie de respuesta.

$$\text{Puntaje} = 400 - 3.87 \text{ Temperatura} - 28.08 \text{ Tiempo} + 0.01201 \text{ Temperatura} * \text{Temperatura} + 1.298 \text{ Tiempo} * \text{Tiempo} + 0.1031 \text{ Temperatura} * \text{Tiempo}$$

Figura 56. Ecuación de regresión para Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

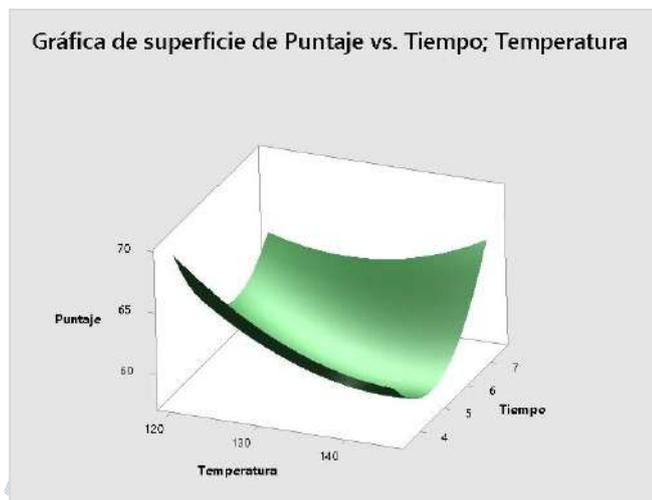


Figura 57. Superficie de respuesta para Valle Singucate.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Debido a que los efectos de dispersión generados por la variable ‘catador’ se eliminaron con la adición de bloques, la variabilidad que aún se puede observar en el modelo, y que genera que no todos los factores sean significativos, se debe a una amplia serie de factores, que se detallarán en el siguiente capítulo. Sin embargo, cabe mencionar que no se dispone de ningún tipo de control sobre ellos, por lo que se considera que ya es una variabilidad adherente al proceso.

2. Charanal

Para este origen, se tomó una muestra del lote N° 1496, cuyas características del análisis físico se muestran en el Anexo C-2. Este lote tenía aproximadamente 7 meses de almacenado cuando se realizó el muestreo y tostado.

Es un cacao de tipo Chulucanas, con clasificación Orgánico. Su grano es de tamaño mediano, alargado, y de color marrón-rojizo. Además, se determinó que casi el 93.5% del total de granos era de calidad exportable, lo que quiere decir que el lote es de alta calidad y buena uniformidad en sus propiedades físicas.

En cuanto al nivel de humedad, está dentro del límite con un 5.17%, aunque está rozando el límite inferior.

No posee defectos, y el nivel de fermentación del grano es óptimo, con un 46% de grano blanco, y únicamente 2% de grano violeta, resultado de la Prueba de Corte, comprobando las apreciaciones iniciales del olor del grano.

2.1. Cata de Muestras. Las muestras finales etiquetadas se muestran en la figura 58.



Figura 58. Muestras etiquetadas del lote de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 13, se presenta el resumen condensado de los resultados para cada uno de los atributos sensoriales, por evaluación de cada catador, en la escala de calidad.

Tabla 13. Puntajes de calidad por catador para muestras de Charanal.

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Aroma	6	8	8	7	8	7	8	7	8	7.44
	Acidez	7	8	8	8	7	7	8	8	7	7.56
	Amargor	8	7	8	8	8	8	8	8	8	7.89
	Astringencia	8	6	8	8	6	8	6	8	7	7.22
	Defectos*2	12	10	14	16	10	14	12	14	14	12.89
	Sabor*2	14	10	14	16	14	14	16	14	14	14.00
	Posgusto	6	5	6	8	5	6	7	6	7	6.22
	Puntaje del catador	6	5	6	8	5	7	7	7	7	6.44
	Puntaje total	67	59	72	79	63	71	72	72	72	69.67
C2	Aroma	6	6	6	6	7	6	6	7	7	6.33
	Acidez	5	8	6	7	8	7	6	8	7	6.89
	Amargor	6	7	5	8	5	8	7	7	8	6.78
	Astringencia	7	4	5	7	5	7	7	7	7	6.22
	Defectos*2	10	10	12	10	12	12	10	14	14	11.56
	Sabor*2	12	14	14	14	14	16	12	14	14	13.78
	Posgusto	5	7	5	6	5	5	6	6	6	5.67
	Puntaje del catador	6	7	6	7	7	7	6	7	7	6.67
	Puntaje total	57	63	59	65	63	68	60	70	70	63.89

Tabla 13. Puntajes condensados de calidad por catador para muestras de Charanal (continuación).

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C3	Aroma	6	4	8	8	7	8	8	8	7	7.11
	Acidez	6	5	8	7	7	7	8	8	7	7.00
	Amargor	8	6	8	8	8	8	8	8	7	7.67
	Astringencia	8	7	7	8	8	8	7	7	8	7.56
	Defectos*2	12	8	16	16	14	14	14	14	14	13.56
	Sabor*2	14	10	16	16	14	14	14	14	14	14.00
	Posgusto	6	4	7	8	7	7	7	6	7	6.56
	Puntaje del catador	6	5	7	8	7	7	7	7	7	6.78
	Puntaje total	66	49	77	79	72	73	73	72	71	70.22

Fuente: Elaboración propia.

2.1.1. Atributos simples. Los gráficos de línea para los atributos unitarios se muestran en las figuras de la 59 a la 63.

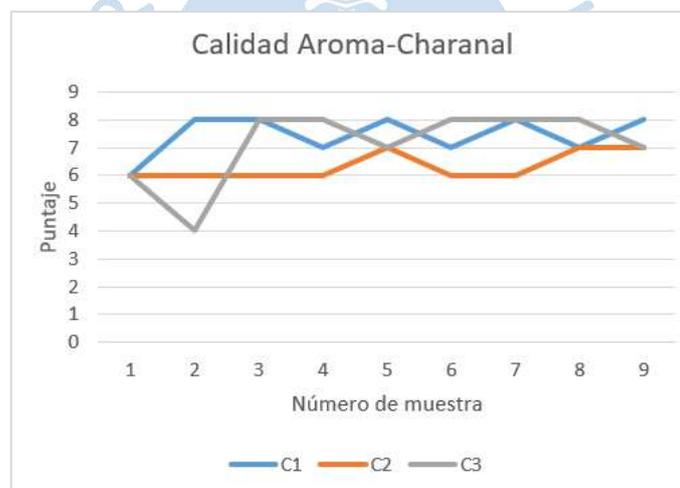


Figura 59. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino, Elaboración propia.

Los aromas encontrados fueron:

- Dulce, a panela, miel, melaza o chancaca: En los tratamientos del 4 al 9.
- Cereales cocidos: En los tratamientos (3, 6, 8).
- A tierra y vinagre en el tratamiento 1.
- A guardado y moho en el tratamiento 2.

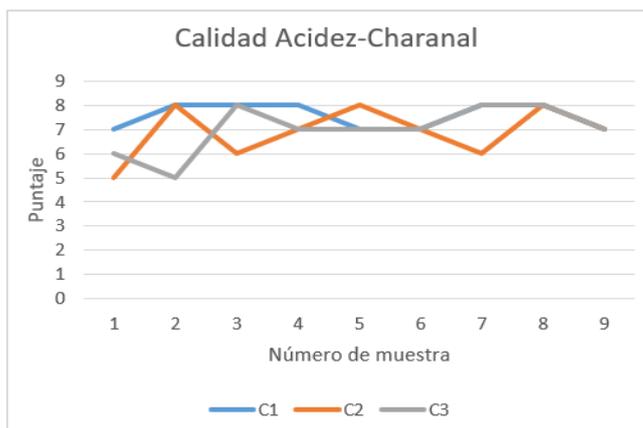


Figura 60. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Charanal.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Se encontró ligera acidez láctica en la muestra 1, y acética en la 5, pero son factores aislados. En general el tipo de acidez encontrada en el lote fue de tipo cítrica.

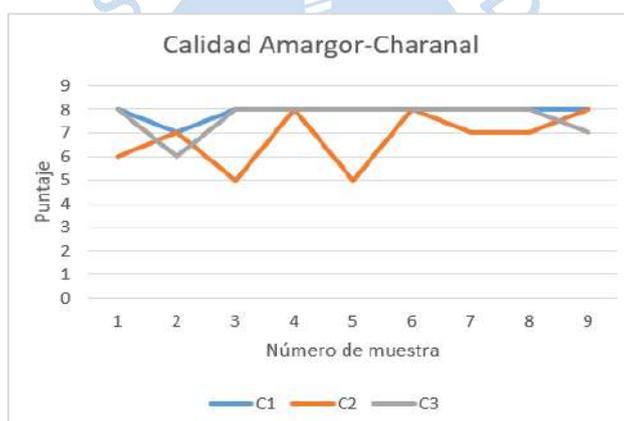


Figura 61. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Charanal.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El ligero amargor que se encontró en ciertas muestras fue del tipo corteza.

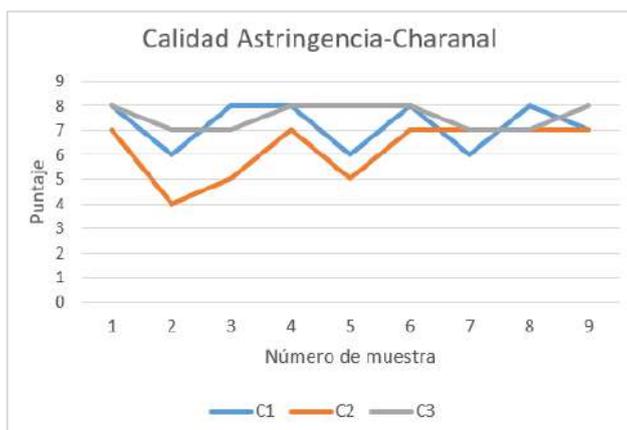


Figura 62. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Charanal.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

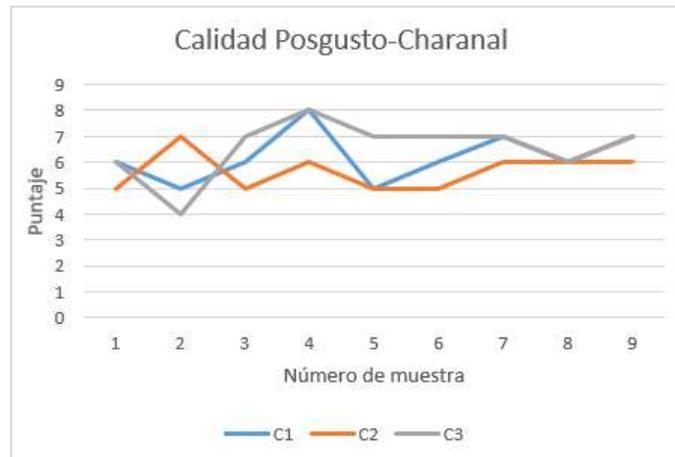


Figura 63. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Charanal.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Se encontró los siguientes sabores en el posgusto:

- Rancio, viejo y moho: En los tratamientos 2 y 5, que coinciden con ser los asignados con las calidades más bajas.
- Harina: En los tratamientos 1, 4, 7, 9.
- Amargo: En los tratamientos 1, 6, 8, 9.
- Sabor plano: El sabor casi no permanece en el tiempo. Se encontró en los tratamientos 3, 6, 9 (aquellos de mayor tiempo de tostado).
- Otros sabores aislados sin patrón específico: madera y resinas, frutas sobre maduras, polen y cítricos.

2.1.2. Defectos. Los puntajes para la calidad de los defectos se resumen en la figura 64.

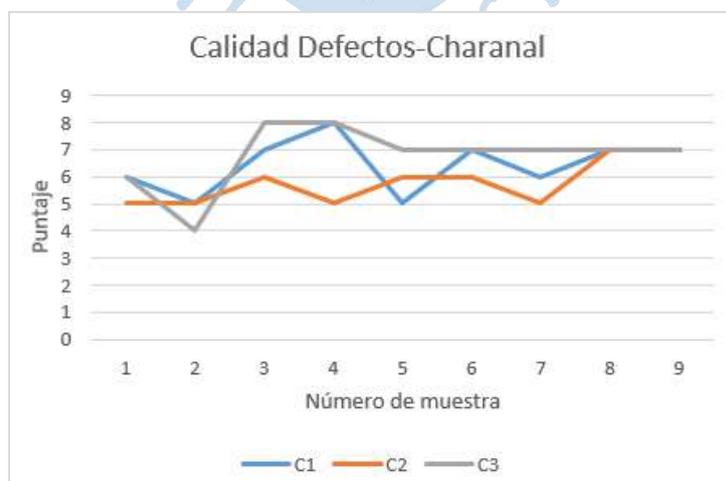


Figura 64. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Charanal.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los defectos más destacables que se presentaron en el lote fueron:

- Moho, viejo: En los tratamientos (1, 2, 4, 5, 7).
- Picante: En los tratamientos (1, 3, 5, 6, 7, 8).
- Quemado o sobre tostado: Ligeramente en el (2, 5). Regular en el 9.
- Cáscara de naranja leve: En tratamientos (6, 9).

2.1.3. Sabor. En la tabla 14 se muestra el condensado de los puntajes tanto de intensidad como de calidad por catador, para cada muestra. El resumen gráfico de los puntajes de calidad por catador, así como el resumen gráfico del promedio de los 3 catadores para la intensidad de muestras, pueden apreciarse en las figuras 65 y 66, respectivamente.

Tabla 14. Puntajes condensados de calidad e intensidad por catador para sabor, en Charanal.

Catador		Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1		7	5	7	8	7	7	8	7	7	7.00
C2		6	7	7	7	7	8	6	7	7	6.89
C3		7	5	8	8	7	7	7	7	7	7.00
Promedio		6.67	5.67	7.33	7.67	7.00	7.33	7.00	7.00	7.00	
Catador	Atributo de sabor	Intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Cacao	1	1	1	1.5	3	2	2	3	2	1.8
	Dulce	3	0	0	2	1	1	2	2	1	1.3
	Nuez	3	1	2	1	2	2	3	0	2	1.8
	Fruta Seca	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0.4
	Fruta Fresca	1	2	2.5	1	2	2	1	4	2	1.9
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	2	3	0	0	0	2	2	1	0.5	1.2
	Otros	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0.1
C2	Cacao	3	3	3	3	3	3	3	2	4	3.0
	Dulce	1	1.5	2	2	2.5	1.5	1	2	2	1.7
	Nuez	0.5	1.5	2	2	1.5	3	2	3	2	1.9
	Fruta Seca	0	0.5	1.5	0	0	0	0	0	1.5	0.4
	Fruta Fresca	0	1	1.5	1.5	1.5	1.5	0	1.5	1.5	1.1
	Floral	1.5	1	0	1	0	0	0	0.5	1	0.6
	Especias	0	1	0	0	0	0	0	0	0.5	0.2
	Otros	1	1	0	0	0	1	1	2	1	0.8
C3	Cacao	1.5	1.5	2	2	2	2	2	3	3	2.1
	Dulce	2.5	0	1	1.5	2	1	3	0	2	1.4
	Nuez	3	0	2	1.5	2	1	1	2.5	2.5	1.7
	Fruta Seca	0	0	1	3	1	0	1	0	0	0.7
	Fruta Fresca	0	0	2	1	1.5	2	2	3	2	1.5
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1
	Otros	1	1.5	0	0.5	0	0.5	1	1.5	0	0.7

Tabla 14. Puntajes condensados de calidad e intensidad por catador para sabor, en Charanal (continuación).

Atributo de sabor	Promedio intensidad									Promedio
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Cacao	1.8	1.8	2	2.2	2.7	2.3	2.3	2.7	3	2.31
Dulce	2.2	0.5	1	1.8	1.8	1.2	2	1.3	1.7	1.50
Nuez	2.2	0.8	2	1.5	1.8	2	2	1.8	2.2	1.81
Fruta Seca	0	0.2	0.8	2	0.3	0	0.3	0.3	0.5	0.50
Fruta Fresca	0.3	1	2	1.2	1.7	1.8	1	2.8	1.8	1.52
Floral	0.5	0.3	0	0.3	0	0	0	0.2	0.3	0.19
Especias	1	1.3	0	0	0	0.7	0.7	0.3	0.3	0.48
Otros	0.7	0.8	0	0.3	0	0.5	0.7	1.2	0.3	0.50

Fuente: Elaboración propia.

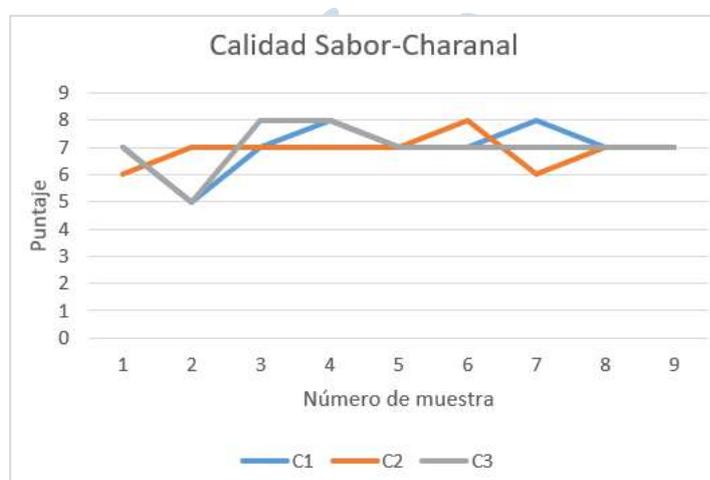


Figura 65. Puntaje por catador para Sabor en muestras de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

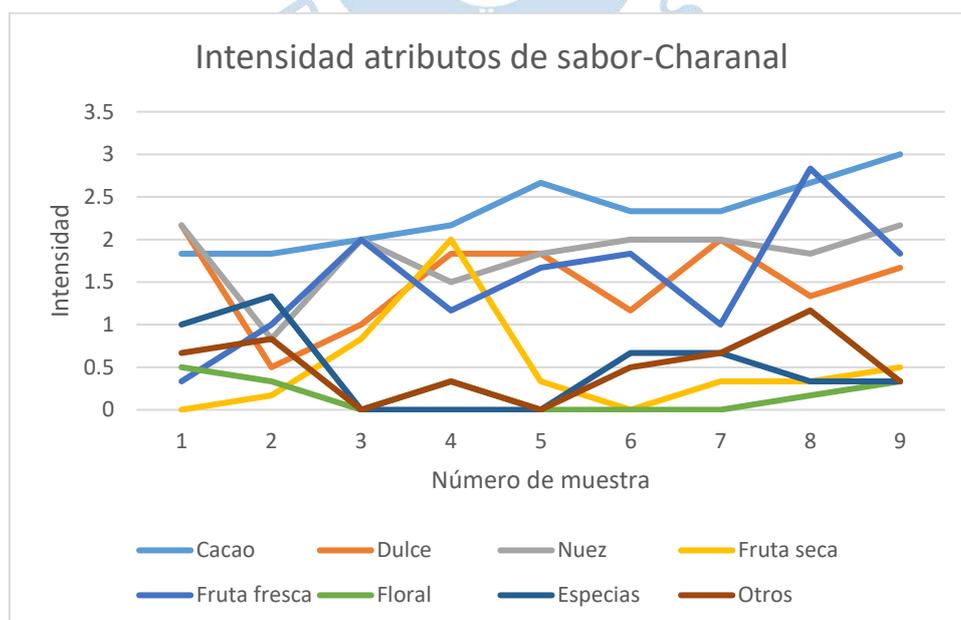


Figura 66. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

De forma complementaria, se realizó un Diagrama de Araña para establecer el perfil de sabor de cada muestra. Todos estos diagramas pueden observarse en la imagen 67. En la imagen 68 se presenta el Diagrama de Araña del perfil sensorial de Charanal, basado en el promedio de los perfiles de las 9 muestras.

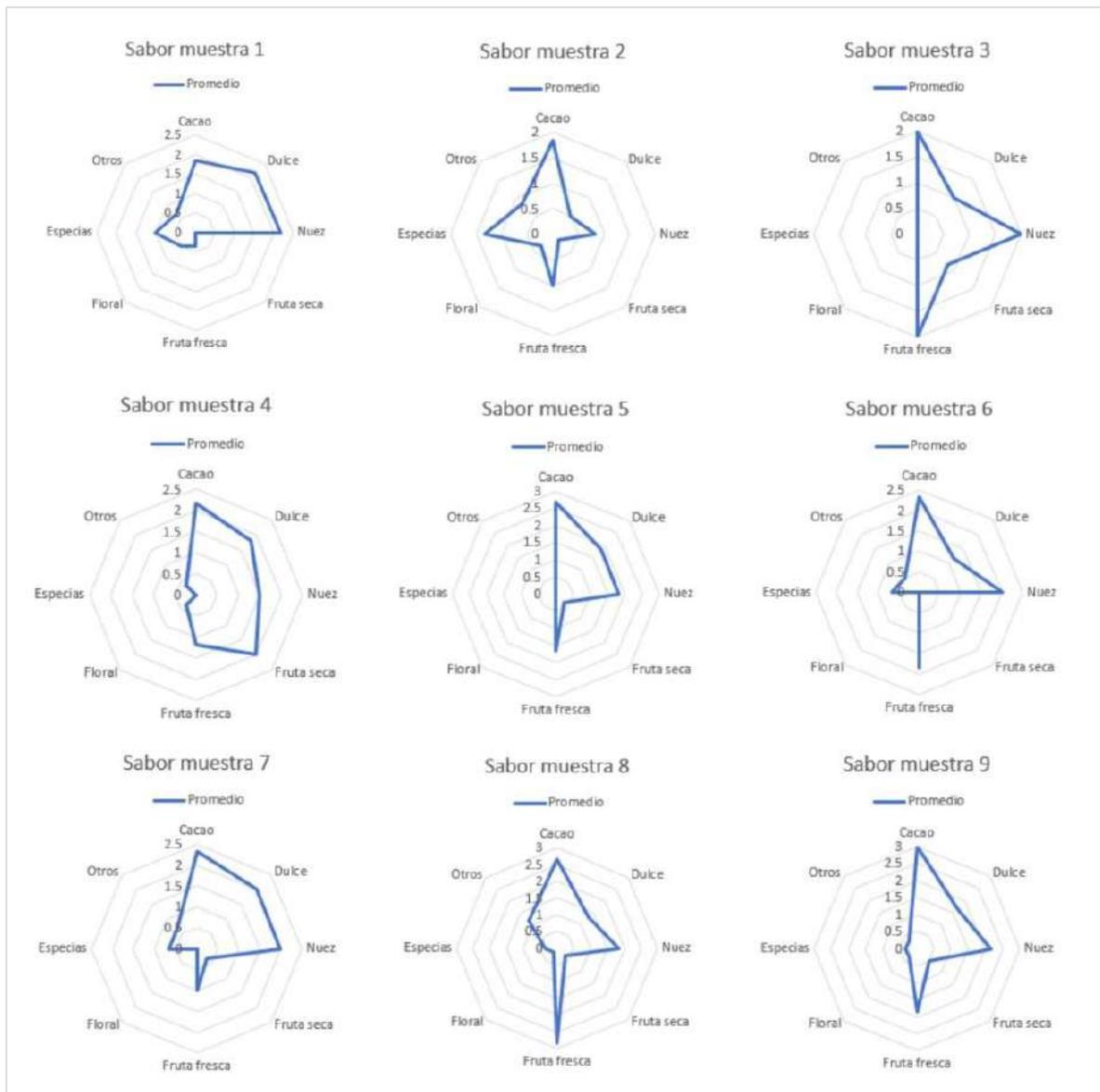


Figura 67. Perfiles sensoriales por muestra en Charanal.
Fuente: Elaboración propia.

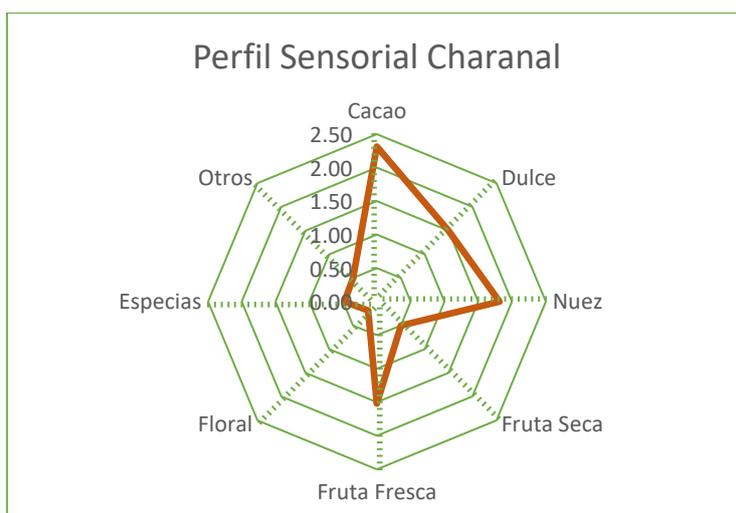


Figura 68. Perfil sensorial de cacao de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

2.1.4. Puntaje general. Primero se calculó el puntaje personal de calidad para las muestras, que se muestra en la figura 69.

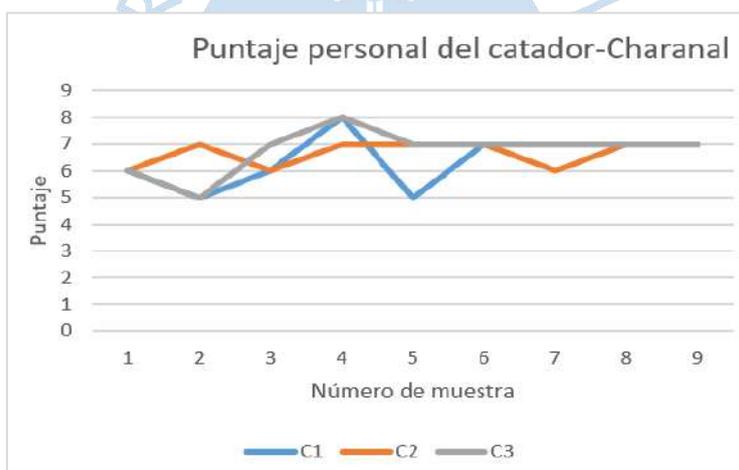


Figura 69. Puntaje personal por catador en muestras de Charanal.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Después se calculó el puntaje general por muestra para cada catador, según la tabla 15, en el orden de realización de muestras, para poder ingresar los datos al diseño experimental.

Tabla 15. Puntajes globales de cata para muestras de Charanal.

Muestra	Catador	Temperatura	Tiempo	Puntaje	Promedio
3	C1	120	7.5	72	69.3
3	C2	120	7.5	59	
3	C3	120	7.5	77	
8	C1	145	5.5	72	71.3
8	C2	145	5.5	70	
8	C3	145	5.5	72	

Tabla 15. Puntajes globales de cata para muestras de Charanal (continuación).

5	C1	135	5.5	63	66
5	C2	135	5.5	63	
5	C3	135	5.5	72	
2	C1	120	5.5	59	57
2	C2	120	5.5	63	
2	C3	120	5.5	49	
9	C1	145	7.5	72	71
9	C2	145	7.5	70	
9	C3	145	7.5	71	
4	C1	135	3.5	79	74.3
4	C2	135	3.5	65	
4	C3	135	3.5	79	
6	C1	135	7.5	71	70.7
6	C2	135	7.5	68	
6	C3	135	7.5	73	
1	C1	120	3.5	67	63.3
1	C2	120	3.5	57	
1	C3	120	3.5	66	
7	C1	145	3.5	72	68.3
7	C2	145	3.5	60	
7	C3	145	3.5	73	

Fuente: Elaboración propia.

2.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza. Se realizó el diseño factorial 3^2 en Minitab, utilizando la variable “catador” como bloque, con los datos de la tabla 15, obteniéndose el análisis de la figura 70. Se determinó que el modelo más adecuado era el lineal + cuadrado. Los bloques resultaron significativos, al igual que el tiempo.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	6	666.44	111.07	3.55	0.015
Bloques	2	221.41	110.70	3.54	0.048
Lineal	2	233.00	116.50	3.73	0.042
Temp	1	220.50	220.50	7.05	0.015
Tiempo	1	12.50	12.50	0.40	0.534
Cuadrado	2	183.97	91.99	2.94	0.076
Temp*Temp	1	50.18	50.18	1.60	0.220
Tiempo*Tiempo	1	133.80	133.80	4.28	0.052
Error	20	625.41	31.27		
Total	26	1291.85			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
5.59199	51.59%	37.06%	11.77%

Figura 70. ANOVA para diseño (lineal + cuadrados) inicial de Charanal. Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Sin embargo, analizando la Gráfica de Residuos de la figura 71, se encontró un punto atípico. Específicamente, la fila 12, correspondiente a la tercera réplica (hecha por el catador C3) de la muestra 2.

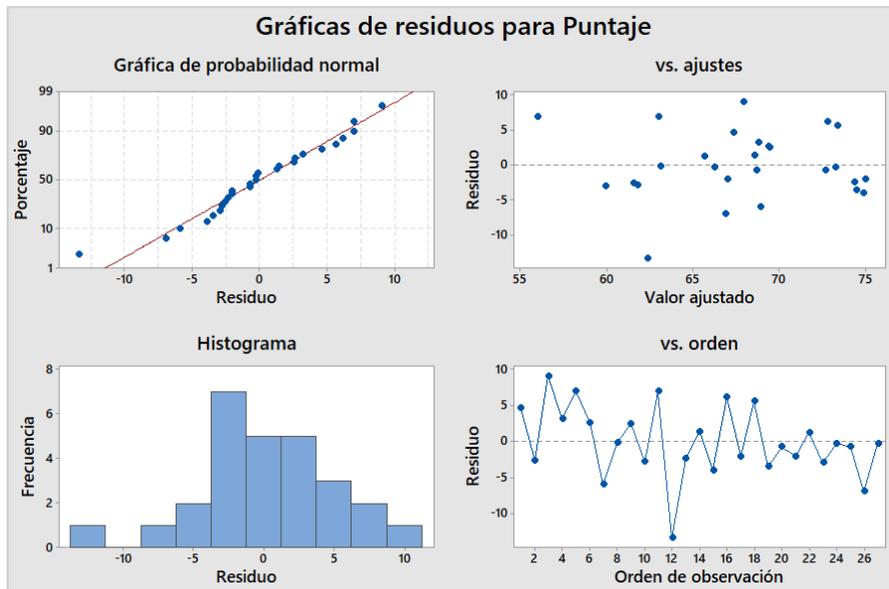


Figura 71. Gráficas de residuos del (diseño lineal + cuadrados) de Charanal.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Se procedió a eliminar este punto y correr el diseño nuevamente, obteniéndose el ANOVA de la figura 72. El modelo sigue siendo significativo, al igual que el factor tiempo. Esto también se muestra en el Diagrama de Pareto de la figura 73.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	6	535.81	89.30	4.42	0.006
Bloques	2	312.24	156.12	7.72	0.004
Lineal	2	116.92	58.46	2.89	0.080
Temp	1	104.42	104.42	5.17	0.035
Tiempo	1	12.50	12.50	0.62	0.441
Cuadrado	2	63.84	31.92	1.58	0.232
Temp*Temp	1	25.92	25.92	1.28	0.272
Tiempo*Tiempo	1	40.26	40.26	1.99	0.174
Error	19	384.07	20.21		
Total	25	919.88			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
4.49603	58.25%	45.06%	21.66%

Figura 72. ANOVA para diseño (lineal + cuadrados) final de Charanal.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

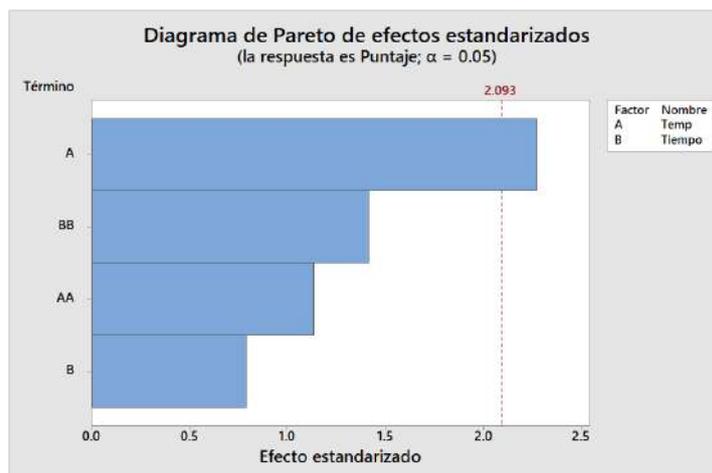


Figura 73. Diagrama de Pareto obtenido para diseño (lineal + cuadrados) final de Charanal.

Fuente: Minitab. Elaboración propia.

En el caso de Charanal, no podemos explicar la relación entre el tiempo y la temperatura con una Gráfica de Interacción, debido a que esta resultó no significativa. Sin embargo, la temperatura sí es un factor significativo, y su efecto principal puede graficarse como se ve en la figura 74. Esta gráfica indica que los mejores puntajes obtenidos en la cata de muestras de Charanal se obtuvieron con un tiempo de 7.5 minutos.

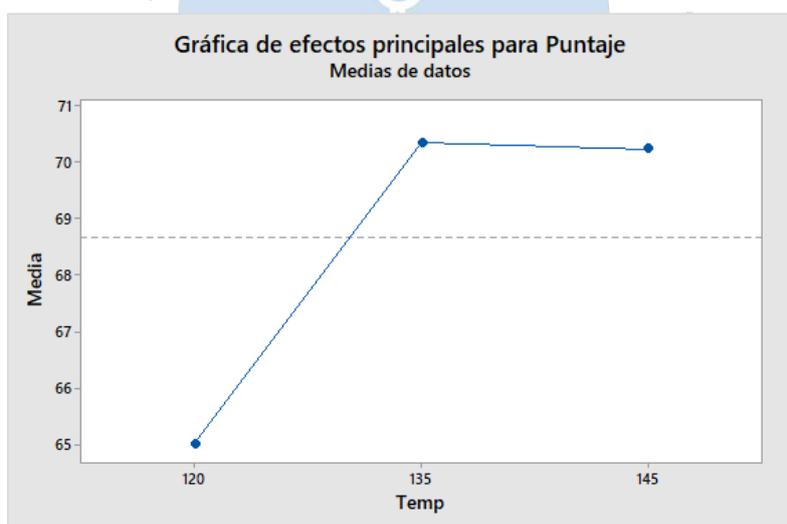


Figura 74. Gráfica de efecto principal de la temperatura para Charanal.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Finalmente, dado que el modelo resultó significativo ($p=0.006$), y que el R-cuadrado tuvo un valor bastante alto, se plantea el uso de la ecuación de regresión como un modelo confiable para realizar predicciones. Dicha ecuación se muestra en la figura 75 y, en la figura 76, su respectiva superficie de respuesta.

$$\text{Puntaje} = -187 + 3.93 \text{ Temp} - 7.05 \text{ Tiempo} - 0.0141 \text{ Temp} * \text{Temp} + 0.679 \text{ Tiempo} * \text{Tiempo}$$

Figura 75. Ecuación de regresión para Charanal.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

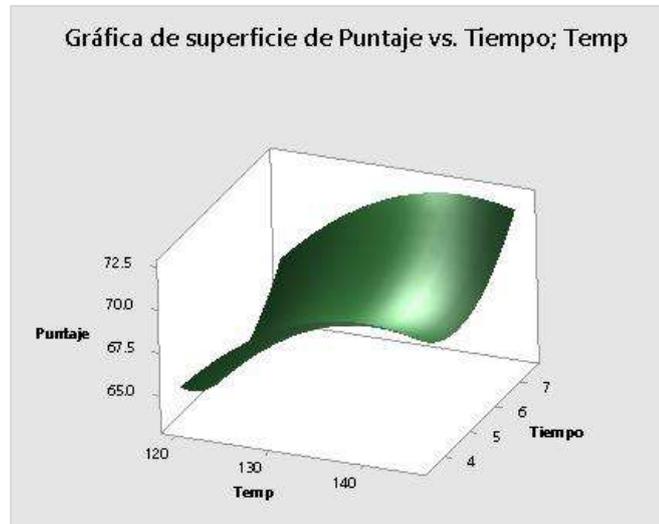


Figura 76. Superficie de respuesta para Charanal.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

3. Paimas

Para este origen, se tomó una muestra del lote N° 1511, cuyas características del análisis físico se muestran en el Anexo C-3. Este lote tenía poco menos de 1 año de almacenado cuando se realizó el muestreo y tostado, lo que se transmitió desde el olor del grano (a guardado y harina).

Es un cacao de tipo Piura Blanco, con clasificación Orgánico. Su grano es de tamaño mediano, alargado, y de color marrón-rojizo. Además, se determinó que casi el 91.5% del total de granos era de calidad exportable, lo que quiere decir que el lote es de alta calidad y buena uniformidad en sus propiedades físicas.

En cuanto al nivel de humedad, está un poco por debajo del límite con 4.67%, pero aun así fue aceptado por la Cooperativa Norandino, pues no es una diferencia demasiado grande.

Este lote sí presenta algunos defectos:

- Mohos: Puede que generados por la sobre fermentación o un secado incorrecto.
- Granos gemelos y germinados: Ambos son causa de una fermentación deficiente, puesto que los granos se pegan (gemelos) y germinan cuando aún poseen mucílago

y el embrión no está muerto. Esta falta de fermentación también se evidencia con la prueba de corte, según la cual el 45% de granos tienen una fermentación solo parcial.

3.1. Cata de Muestras. Las muestras finales etiquetadas se muestran en la figura 77.



Figura 77. Muestras etiquetadas del lote de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

A continuación, en la tabla 16, se presenta el resumen condensado de los resultados para cada uno de los atributos sensoriales, por evaluación de cada catador, en la escala de calidad.

Tabla 16. Puntajes de calidad por catador para muestras de Paimas.

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Aroma	8	7	8	7	8	8	7	7	7	7.44
	Acidez	7	7	8	7	7	8	6	7	8	7.22
	Amargor	8	7	7	6	7	7	7	8	6	7.00
	Astringencia	8	7	7	7	7	7	6	8	7	7.11
	Defectos*2	12	12	14	12	14	16	10	14	14	13.11
	Sabor*2	14	12	16	12	14	16	12	14	14	13.78
	Posgusto	7	6	6	5	6	7	5	6	7	6.11
	Puntaje del catador	7	6	7	6	7	7	5	7	7	6.56
	Puntaje total	71	64	73	62	70	76	58	71	70	68.33
C2	Aroma	6	5	6	5	7	7	5	6	8	6.11
	Acidez	7	6	8	7	7	7	5	4	8	6.56
	Amargor	8	8	8	5	7	8	4	6	7	6.78
	Astringencia	6	5	8	4	6	5	4	6	4	5.33
	Defectos*2	10	10	12	10	12	12	12	12	10	11.11
	Sabor*2	12	12	14	12	12	14	10	12	14	12.44
	Posgusto	5	5	6	5	5	7	5	5	7	5.56
	Puntaje del catador	6	6	7	6	7	7	5	6	7	6.33
	Puntaje total	60	57	69	54	63	67	50	57	65	60.22

Tabla 16. Puntajes condensados de calidad por catador para muestras de Paimas (continuación).

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C3	Aroma	6	4	7	5	7	7	7	7	7	6.33
	Acidez	7	7	7	6	6	7	6	7	7	6.67
	Amargor	7	6	7	7	6	7	8	8	7	7.00
	Astringencia	7	6	6	6	6	6	6	8	7	6.44
	Defectos*2	14	10	14	10	14	14	12	12	18	13.11
	Sabor*2	14	14	14	12	16	14	12	14	14	13.78
	Posgusto	6	6	6	5	7	6	6	6	7	6.11
	Puntaje del catador	7	6	7	5	7	7	6	6	7	6.44
	Puntaje total	68	59	68	56	69	68	63	68	74	65.89

Fuente: Elaboración propia.

3.1.1. Atributos simples. Los gráficos de línea para los atributos unitarios se muestran en las figuras de la 78 a la 82.

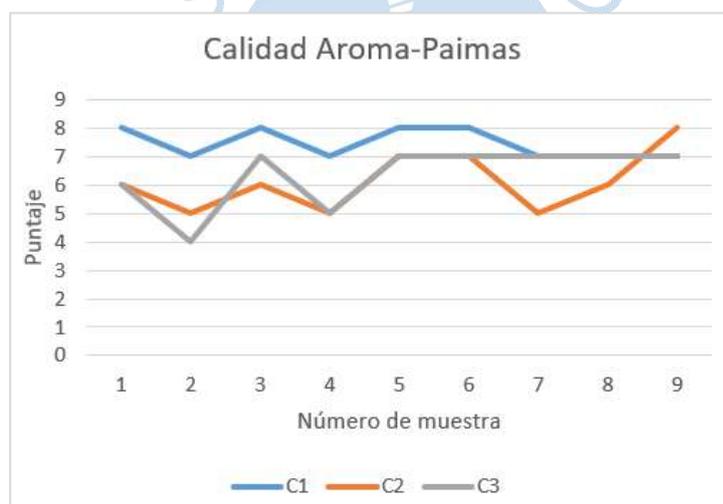


Figura 78. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los aromas que destacaron fueron:

- Café: En los tratamientos (1, 3, 7).
- Dulce (panela/melaza/miel de caña): En los tratamientos (3, 5, 7, 9).
- Agrio o acético: En los tratamientos (2, 4, 8).
- Cacao y chocolate: En los tratamientos (5, 6, 9).
- Cocido y caliente (pan, cereales, galleta): En los tratamientos (5, 6).

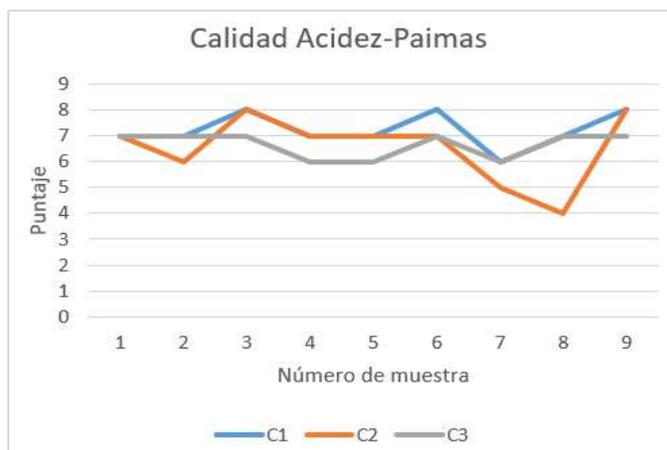


Figura 79. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

En general, el tipo de acidez encontrada fue cítrica, pero también acética. Esta acidez acética negativa se encontró en los tratamientos de tostado menos agresivo.



Figura 80. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

En general el tipo de amargor que se encontró fue de verde, habas verdes, corteza y ligeramente cáscaras de cítricos.

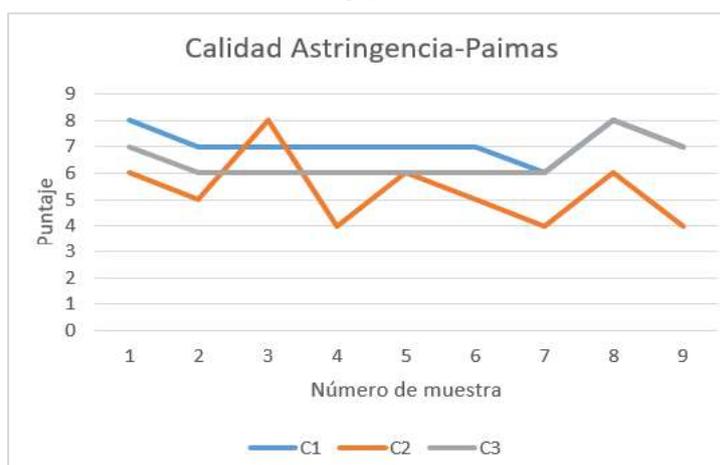


Figura 81. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El tipo de astringencia encontrada fue de madera o resina, y levemente a frutas verdes.

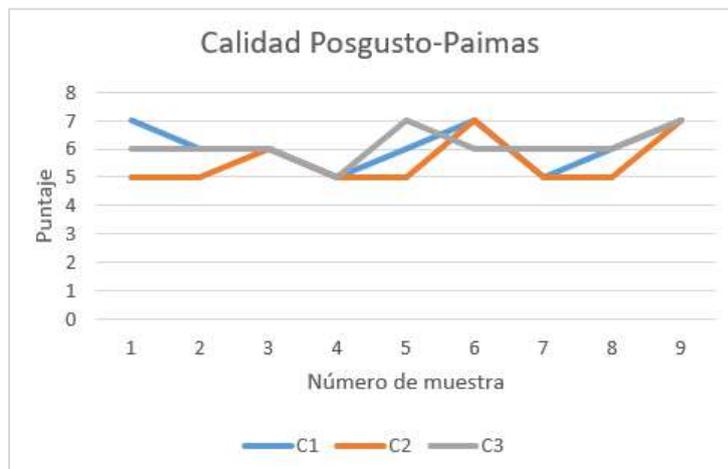


Figura 82. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Pudimos apreciar lo siguiente de los comentarios de posgusto:

- Amargo: En los tratamientos (5, 6, 9).
- Otros sabores como factores aislados: Madera y resinas, corteza, astringente y frutas.
- Un posgusto plano (poco complejo) en los tratamientos (6,7), mientras que los tratamientos (1, 9) presentaron un posgusto largo, que permanece en el tiempo.

3.1.2. Defectos. Los puntajes para la calidad de los defectos se resumen en la figura 83.

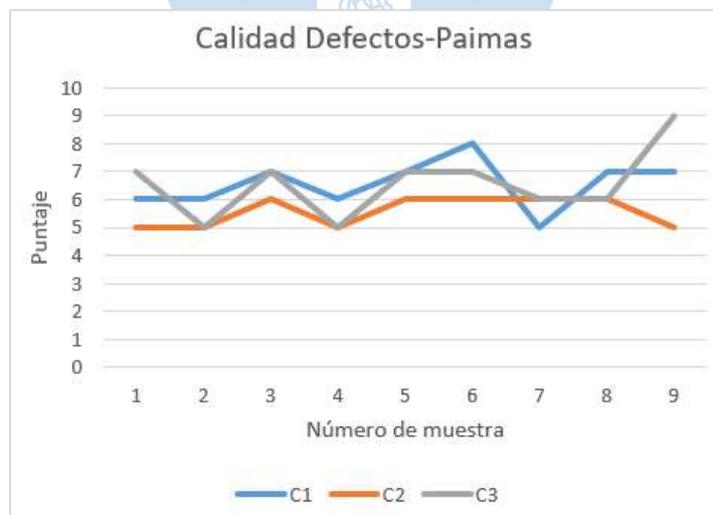


Figura 83. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los defectos observados fueron:

- Rancio o guardado: En los tratamientos bajos (1, 2, 4).
- Resina: En los tratamientos (1, 8, 9).
- Sobre tostado: En los tratamientos (5, 8).
- Ácido (acético o láctico): En los tratamientos (1, 2, 3, 6, 7, 8).

3.1.3. Sabor. En la tabla 17 se muestra el condensado de los puntajes tanto de intensidad como de calidad por catador, para cada muestra. El resumen gráfico de los puntajes de calidad por catador, así como el resumen gráfico del promedio de los 3 catadores para la intensidad de muestras, pueden apreciarse en las figuras 84 y 85, respectivamente.

Tabla 17. Puntajes de calidad e intensidad por catador para Sabor, en Paimas.

Catador		Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1		7	6	8	6	7	8	6	7	7	6.89
C2		6	6	7	6	6	7	5	6	7	6.22
C3		7	7	7	6	8	7	6	7	7	6.89
Promedio		6.67	6.33	7.33	6.00	7.00	7.33	5.67	6.67	7.00	
Catador	Atributo de sabor	Intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Cacao	3	3	1	1	2	1	3	2.5	3	2.2
	Dulce	2	0	1	2	1	0.5	2.5	1	2	1.3
	Nuez	2	0	1	0	2.5	1	1	0	0	0.8
	Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Fruta Fresca	2	2	2.5	3	4	3	3	4	2	2.8
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	0	1	1	2	0	0	2	0	1	0.8
	Otros	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
C2	Cacao	3	3.5	3	2	3	2.5	0	3	3	2.6
	Dulce	0.5	2	2.5	1	1.5	2	2	1	1	1.5
	Nuez	1.5	1.5	3.5	1	2	2	0	0.5	2	1.6
	Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Fruta Fresca	2.5	1.5	1.5	1.5	1.5	2	3	2.5	1.5	1.9
	Floral	0	0	0	2	1.5	0	0	0	0	0.4
	Especias	1	0	0	0	1.5	0	0	0	2	0.5
	Otros	1	1.5	1	2	2	1.5	2	2	2	1.7
C3	Cacao	3	3	2	2	0	3	0	2	3	2.0
	Dulce	1.5	0	1	2	0	1.5	2	2	1.5	1.3
	Nuez	2.5	0	2.5	0	0	1	0	0	1	0.8
	Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Fruta Fresca	1.5	2.5	2	2	3	1.5	3	2	2	2.2
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0.2
	Otros	1.5	0	2	0	3	1	2	2	0	1.3

Tabla 17. Puntajes condesados de calidad e intensidad por catador para sabor, en Paimas (continuación).

Atributo de sabor	Promedio intensidad									Promedio
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Cacao	3	3.2	2	1.7	1.7	2.2	1	2.5	3	2.24
Dulce	1.3	0.7	1.5	1.7	0.8	1.3	2.2	1.3	1.5	1.37
Nuez	2	0.5	2.3	0.3	1.5	1.3	0.3	0.2	1	1.06
Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00
Fruta Fresca	2	2	2	2.2	2.8	2.2	3	2.8	1.8	2.31
Floral	0	0	0	0.7	0.5	0	0	0	0	0.13
Especias	0.3	1	0.3	0.7	0.5	0	0.7	0	1	0.50
Otros	0.8	0.5	1	0.7	1.7	0.8	1.3	1.3	0.7	0.98

Fuente: Elaboración propia.

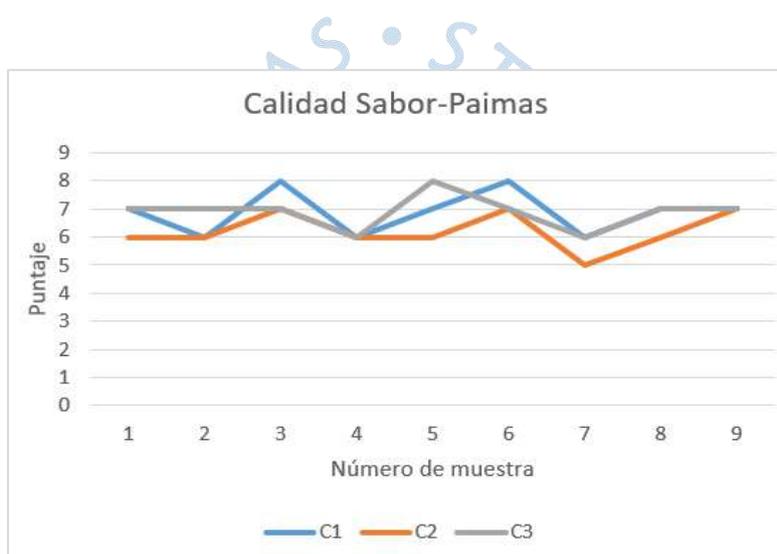


Figura 84. Puntaje de calidad por catador para Sabor en muestras de Paimas. Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

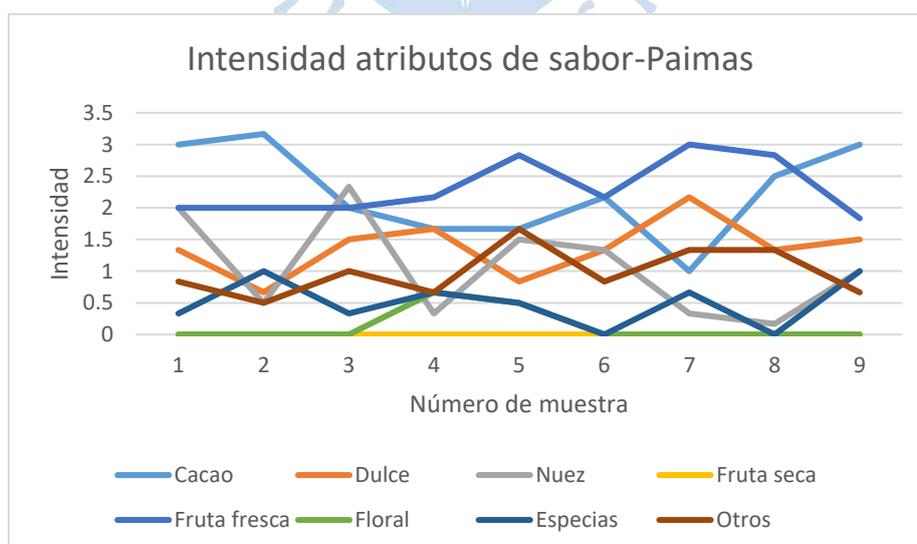


Figura 85. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Paimas. Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los Diagramas de Araña del perfil de sabor de cada muestra pueden observarse en la imagen 86. En la imagen 87 se presenta el Diagrama de Araña del perfil sensorial de Paimas, basado en el promedio de los perfiles de las 9 muestras.

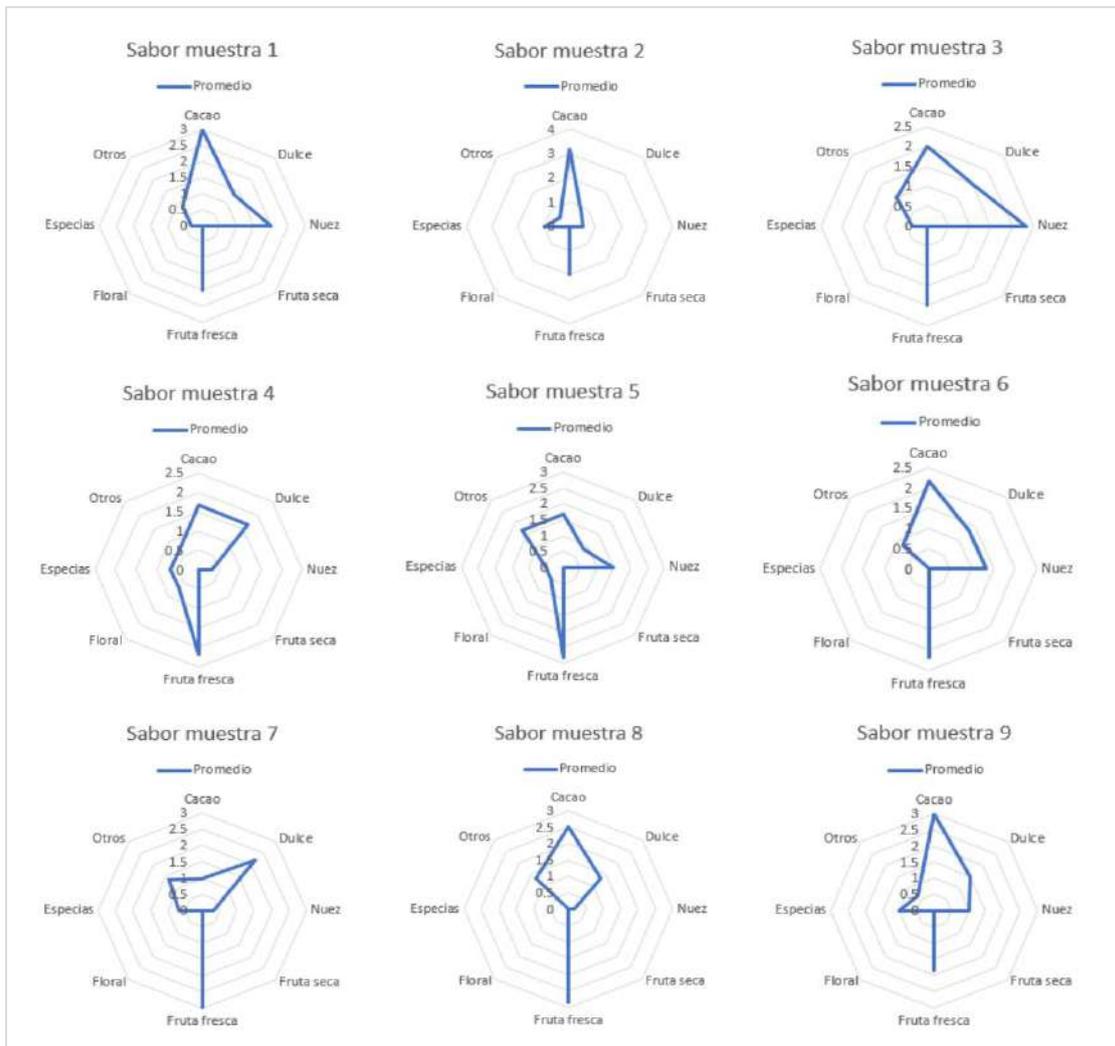


Figura 86. Perfiles sensoriales por muestra en Paimas.
Fuente: Elaboración propia.

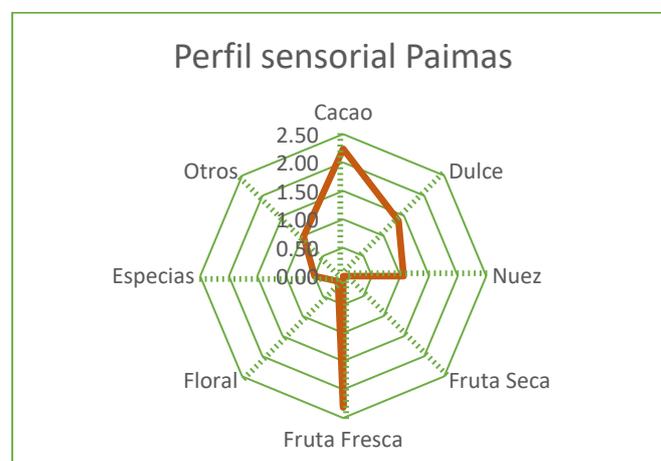


Figura 87. Perfil sensorial de cacao de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

3.1.4. Puntaje general. Primero se calculó el puntaje personal de calidad para las muestras, que se muestra en la figura 88.

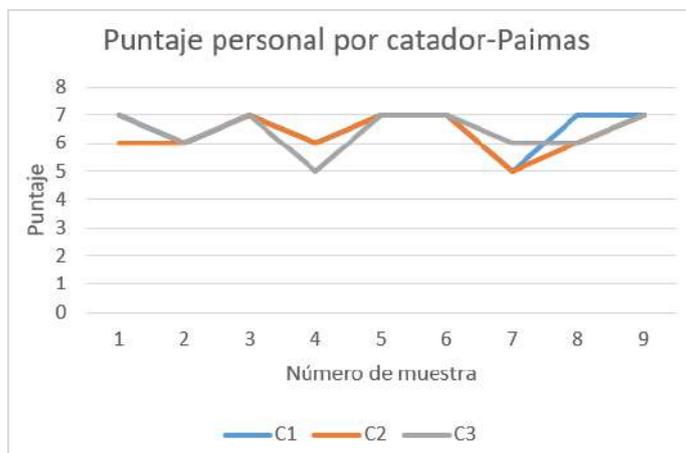


Figura 88. Puntaje personal por catador para muestras de Paimas.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Después se calculó el puntaje general por muestra para cada catador, según la tabla 18, en el orden de realización de muestras, para poder ingresar los datos al diseño experimental.

Tabla 18. Puntajes globales de cata para muestras de Paimas.

Muestra	Catador	Temperatura	Tiempo	Puntaje	Promedio
4	C1	135	3.5	62	58
4	C2	135	3.5	54	
4	C3	135	3.5	56	
6	C1	135	7.5	76	66.33
6	C2	135	7.5	67	
6	C3	135	7.5	68	
2	C1	120	5.5	64	63
2	C2	120	5.5	57	
2	C3	120	5.5	59	
8	C1	145	5.5	71	62.33
8	C2	145	5.5	57	
8	C3	145	5.5	68	
7	C1	145	3.5	58	58.67
7	C2	145	3.5	50	
7	C3	145	3.5	63	
5	C1	135	5.5	70	65.33
5	C2	135	5.5	63	
5	C3	135	5.5	69	

Tabla 18. Puntajes globales de cata para muestras de Paimas (continuación)

9	C1	145	7.5	70	68
9	C2	145	7.5	65	
9	C3	145	7.5	74	
1	C1	120	3.5	71	68.33
1	C2	120	3.5	60	
1	C3	120	3.5	68	
3	C1	120	7.5	73	70
3	C2	120	7.5	69	
3	C3	120	7.5	68	

Fuente: Elaboración propia.

3.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza. Se realizó el diseño factorial 3² en Minitab, utilizando la variable “catador” como bloque, con los datos de la tabla 18, obteniéndose el análisis de la figura 89. Se determinó que el modelo más adecuado era el lineal + interacción, debido a que los puntajes de Paimas siguen una distribución bastante lineal. Los bloques y el tiempo resultaron muy significativos; la interacción también.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	5	819.49	163.898	10.67	0.000
Bloques	2	311.63	155.815	10.14	0.001
Lineal	2	408.92	204.460	13.31	0.000
Temp	1	8.80	8.796	0.57	0.458
Tiempo	1	400.12	400.125	26.05	0.000
Interacción de 2 factores	1	68.84	68.844	4.48	0.046
Temp*Tiempo	1	68.84	68.844	4.48	0.046
Error	21	322.58	15.361		
Total	26	1142.07			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
3.91932	71.75%	65.03%	51.98%

Figura 89. ANOVA para diseño (lineal + interacción) de Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

La distribución lineal de los datos incluso puede comprobarse con los residuos, como se ve en la figura 90: La gráfica de residuos vs. orden de observación indica una ligera tendencia incremental de los datos. Como tal, no se puede observar algún punto específico que sea atípico a los demás. En la figura 91, además, se muestra el Diagrama de Pareto obtenido.

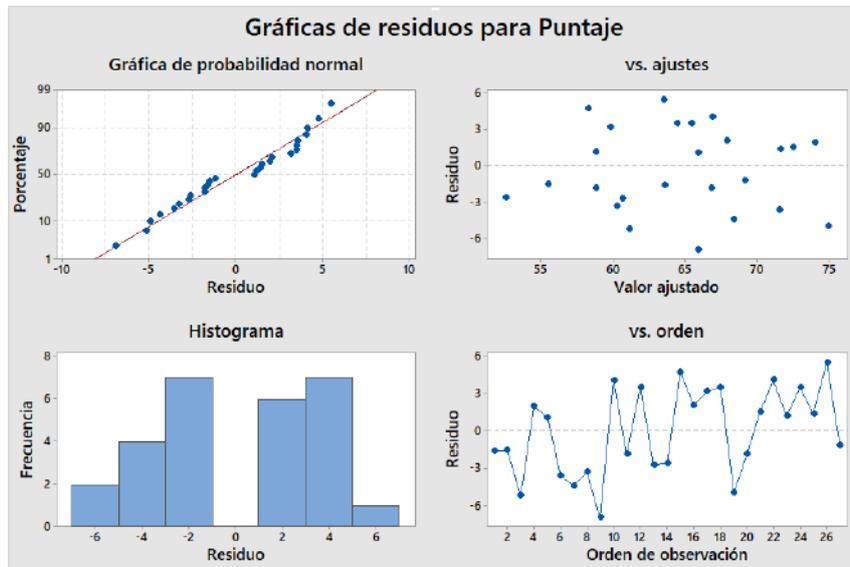


Figura 90. Gráficas de residuos del diseño (lineal + interacción) de Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

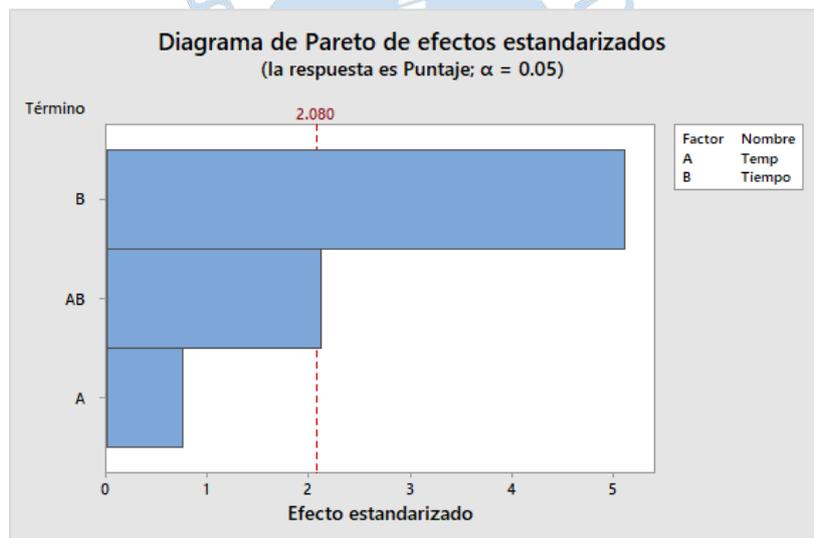


Figura 91. Diagrama de Pareto obtenido para diseño (lineal + cuadrados) de Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos, podemos explicar la relación de las variables tiempo y temperatura con la Gráfica de Interacción de la figura 92. Esta gráfica indica que, con excepción de la muestra 1, existe una marcada tendencia de aumento del puntaje, ante el aumento simultáneo de tiempo y temperatura, y que los mejores resultados se obtienen con el tiempo más prolongado, no existiendo mayor diferencia entre las temperaturas utilizadas.

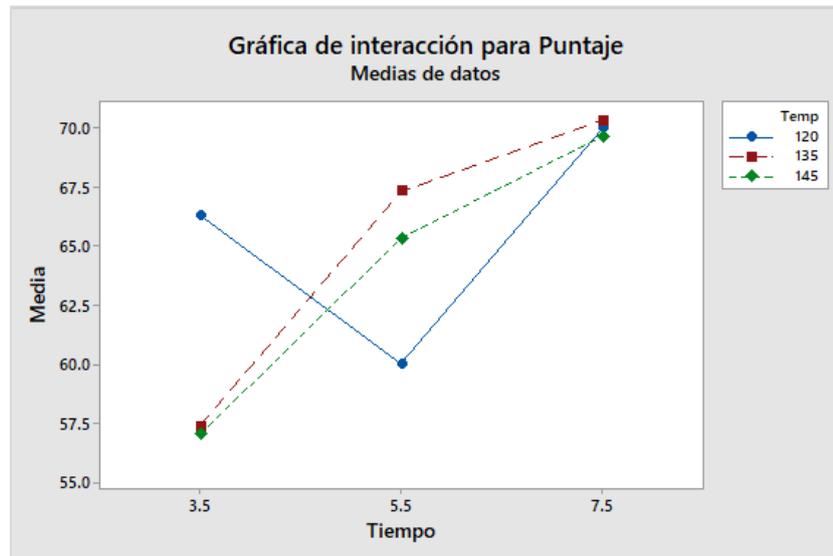


Figura 92. Gráfica de interacción de tiempo y temperatura para Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Como vemos que el tiempo es un factor decisivo en el caso de Paimas, es necesario el uso de una Gráfica de Efecto Principal del tiempo, como la de la figura 93, que nos indica más o menos lo mismo que la Gráfica de Interacción: Que un incremento positivo de tiempo da lugar a un marcado incremento directamente proporcional, del puntaje.

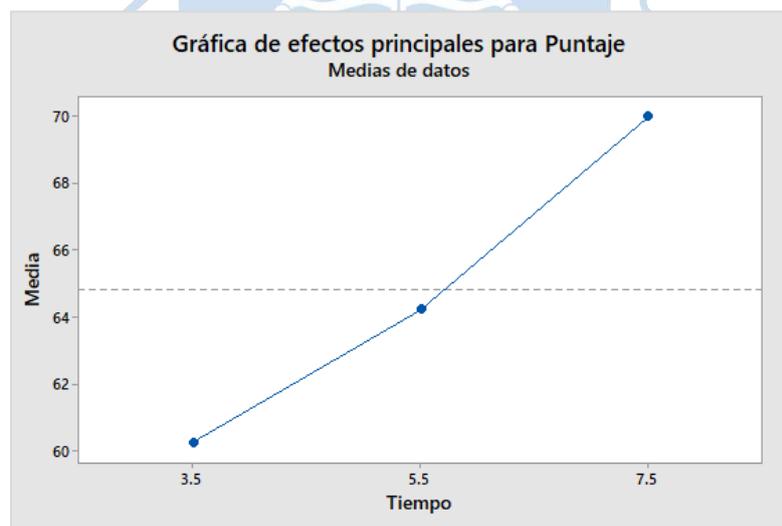


Figura 93. Gráfica de efecto principal del tiempo para Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Finalmente, dado que el modelo resultó significativo ($p=0.000$), y que el R-cuadrado tuvo un valor bastante alto, se plantea el uso de la ecuación de regresión como un modelo confiable para realizar predicciones. Dicha ecuación se muestra en la figura 94 y, en la figura 95, su respectiva superficie de respuesta.

$$\text{Puntaje} = 128.6 - 0.579 \text{ Temp} - 10.25 \text{ Tiempo} + 0.0952 \text{ Temp} \cdot \text{Tiempo}$$

Figura 94. Ecuación de regresión para Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

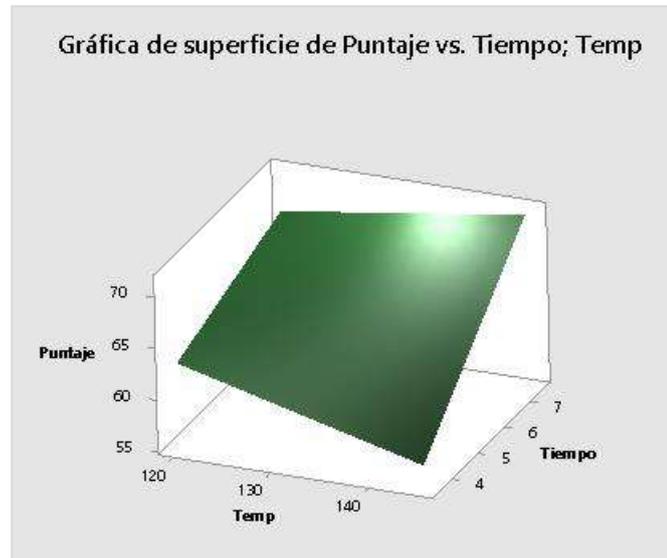


Figura 95. Superficie de respuesta para Paimas.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

4. Quemazón

Para este origen, se tomó una muestra del lote N° 1554, cuyas características del análisis físico se muestran en el Anexo C-4. Este lote tenía aproximadamente 2 meses de almacenado cuando se realizó el muestreo y tostado.

Es un cacao de tipo Gran Blanco, con clasificación Orgánico. Su grano es de tamaño mediano, alargado, y de color marrón-rojizo. Además, se determinó que casi el 92.5% del total de granos era de calidad exportable, lo que quiere decir que el lote es de alta calidad y buena uniformidad en sus propiedades físicas.

En cuanto al nivel de humedad, está dentro del límite con un 7%.

Se encontró un nivel leve de los siguientes defectos:

- Granos germinados
- Granos gemelos

Probablemente producidos durante la fermentación. Si bien el grado de fermentación es bastante bueno (50% fermentación completa), puede que haya habido falta de control en la

uniformidad de la fermentación; es decir, durante la remoción de granos, para que estos pasen un tiempo equitativo en el fondo y en la superficie del montón.

El porcentaje de grano blanco es considerablemente alto (61%).

4.1. Cata de Muestras. Las muestras finales etiquetadas se muestran en la figura 96.



Figura 96. Muestras etiquetadas del lote de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia

A continuación, en la tabla 19, se presenta el resumen condensado de los resultados para cada uno de los atributos sensoriales, por evaluación de cada catador, en la escala de calidad.

Tabla 19. Puntajes de calidad por catador para muestras de Quemazón.

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Aroma	7	8	7	7	8	8	6	7	8	7.33
	Acidez	8	7	8	7	8	7	6	8	8	7.44
	Amargor	8	7	8	7	7	7	6	7	8	7.22
	Astringencia	7	7	8	7	7	7	7	7	8	7.22
	Defectos*2	14	12	14	12	16	12	12	12	14	13.11
	Sabor*2	16	12	14	14	14	14	10	12	16	13.56
	Posgusto	7	6	6	6	7	7	5	6	7	6.33
	Puntaje del catador	8	6	7	6	8	6	5	6	7	6.56
	Puntaje total	75	65	72	66	75	68	57	65	76	68.78

Tabla 19. Puntajes condesados de calidad por catador para muestras de Quemazón (continuación).

	Atributo sensorial	Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C2	Aroma	4	5	8	6	7	6	6	7	8	6.33
	Acidez	7	4	8	5	8	7	6	7	8	6.67
	Amargor	3	4	8	6	9	7	6	8	7	6.44
	Astringencia	5	3	8	4	8	7	6	8	8	6.33
	Defectos*2	10	10	14	10	18	14	14	14	12	12.89
	Sabor*2	10	10	16	10	16	14	12	14	16	13.11
	Posgusto	5	5	7	5	7	7	6	6	7	6.11
	Puntaje del catador	6	6	8	5	8	7	6	6	8	6.67
	Puntaje total	50	47	77	51	81	69	62	70	74	64.56
	C3	Aroma	7	7	7	6	6	8	6	7	7
Acidez		7	7	8	7	7	8	6	7	7	7.11
Amargor		7	7	8	7	6	8	6	7	8	7.11
Astringencia		7	6	7	7	7	7	7	6	8	6.89
Defectos*2		14	14	16	12	16	14	14	14	14	14.22
Sabor*2		16	12	14	14	14	14	14	14	14	14.00
Posgusto		7	6	7	6	7	7	6	6	7	6.56
Puntaje del catador		7	6	7	6	7	7	7	7	7	6.78
Puntaje total		72	65	74	65	70	73	66	68	72	69.44

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Atributos simples. Los gráficos de línea para los atributos unitarios se muestran las figuras de la 97 a la 101.

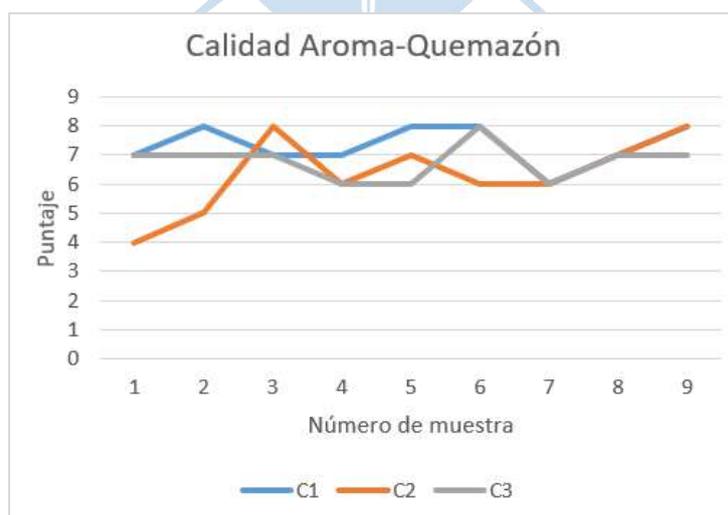


Figura 97. Puntaje por catador para Aroma en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

La intensidad de los aromas fue casi constante para todos los tratamientos. Los más destacados fueron:

- Dulce (melaza, miel, panela, algarrobina): En todos los tratamientos.
- Ligeramente agrio o acético: En los tratamientos (1, 2, 5, 6, 7).
- Granos de fermento: En los tratamientos (1, 4).

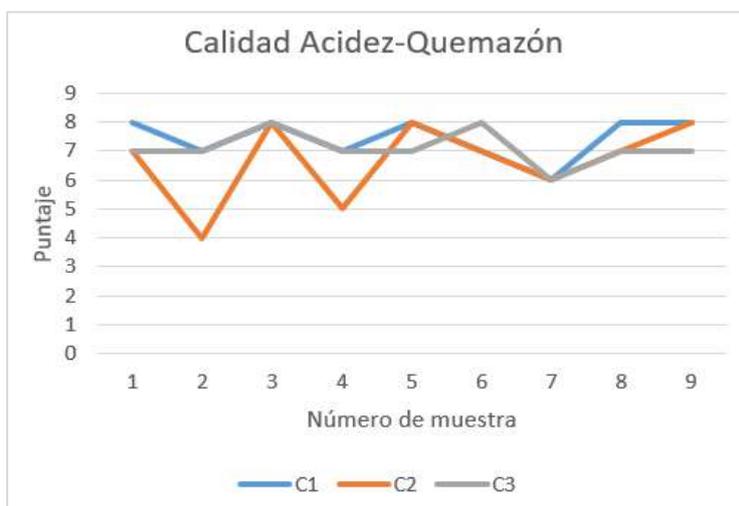


Figura 98. Puntaje por catador para Acidez en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

La acidez general para las muestras fue de tipo cítrica. También se encontraron ciertas notas de ácido acético en los tratamientos (4, 7). Por otro lado, la intensidad de la acidez general fue ligeramente menor en los tostados de menores tiempos (1, 4, 7).

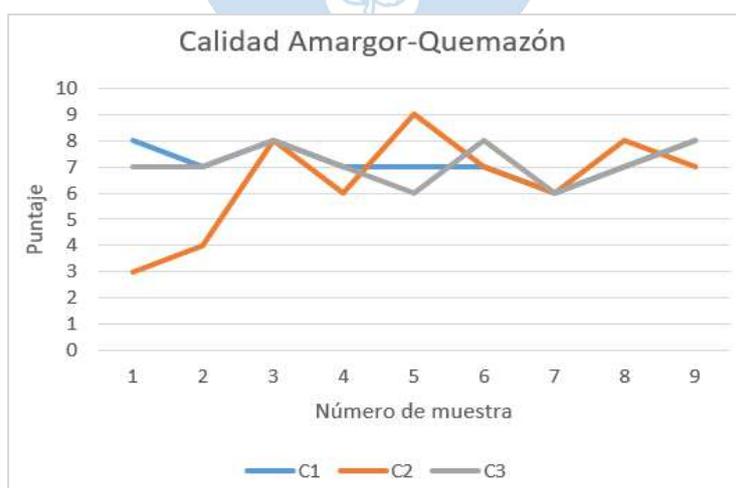


Figura 99. Puntaje por catador para Amargor en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El tipo de amargor encontrado fue de tipo corteza o verde (1, 7) y un poco de café.

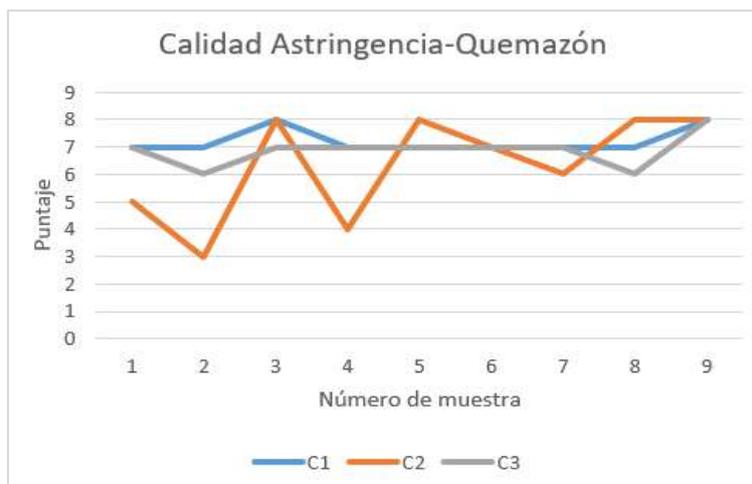


Figura 100. Puntaje por catador para Astringencia en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

El tipo de astringencia que se encontró fue similar a la madera.

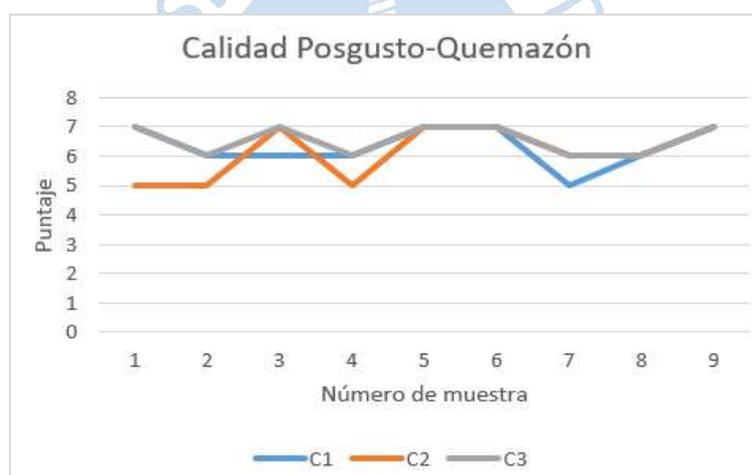


Figura 101. Puntaje por catador para Posgusto en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Lo que se pudo concluir:

- Acidulce: Generalmente combinación de algo dulce (frutas, miel) con cítricos. Se encontró en los tratamientos (1, 3, 6, 9).
- Amargo o astringente (madera, resinas, té, café): En los tratamientos (2, 3, 5, 6, 7, 8, 9).
- Un posgusto seco, en los tratamientos (6, 8).

4.1.2. Defectos. Los puntajes para la calidad de los defectos se resumen en la figura 102.

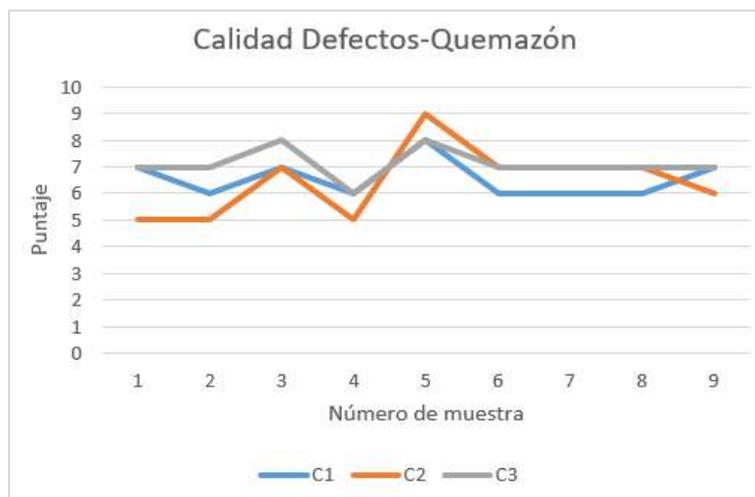


Figura 102. Puntaje por catador para Defectos en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Los principales defectos que se encontraron fueron:

- Ácido acético: En los tratamientos (1, 2, 4, 5, 7, 8).
- Agrio: En los tratamientos (2, 7, 9↓).
- Ahumado o sobre tostado: En los tratamientos (3, 5, 9).

4.1.3. Sabor. En la tabla 20 se muestra el condensado de los puntajes tanto de intensidad como de calidad por catador, para cada muestra. El resumen gráfico de los puntajes de calidad por catador, así como el resumen gráfico del promedio de los 3 catadores para la intensidad de muestras, pueden apreciarse en las figuras 103 y 104, respectivamente.

Tabla 20. Puntajes de calidad e intensidad por catador para Sabor, en Quemazón.

Catador		Calidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1		8	6	7	7	7	7	5	6	8	6.78
C2		5	5	8	5	8	7	6	7	8	6.56
C3		8	6	7	7	7	7	7	7	7	7.00
Promedio		7.00	5.67	7.33	6.33	7.33	7.00	6.00	6.67	7.67	
Catador	Atributo de sabor	Intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C1	Cacao	2	1	2	2	3	2	1	2	2	1.9
	Dulce	2	1	0.5	2	0	2	1	2.5	3	1.6
	Nuez	3	1	1	0	1	0	0.5	0	3	1.1
	Fruta Seca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Fruta Fresca	3	3	3	3	4	2	2	3	3	2.9
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Espicias	1.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0.3
	Otros	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0.4

Tabla 20. Puntajes condensados de calidad e intensidad por catador para sabor, en Quemazón (continuación).

Catador	Atributo de sabor	Intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
C2	Cacao	2.5	2.5	3	3.5	2.5	3	3.5	1.5	2.5	2.7
	Dulce	0.5	2	2	2	2	2	1.5	2	3	1.9
	Nuez	0.5	0	2	0	2	0	1	1	1.5	0.9
	Fruta Seca	0	0	1	0	1.5	0	0	0	1	0.4
	Fruta Fresca	0.5	1	2	1.5	0	2	1	2	1.5	1.3
	Floral	0	0	1	0	0.5	0	0	1.5	1	0.4
	Especias	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.1
	Otros	0	1.5	0	2	1.5	0	0	2.5	1	0.9
C3	Cacao	1	2	1	0	3	2.5	2	1.5	2	1.7
	Dulce	2	0	2	2	0	2.5	2	2	2	1.6
	Nuez	0	0	1	2	1	1.5	2	0	2	1.1
	Fruta Seca	2	1	1	0	0	0	0	2.5	2	0.9
	Fruta Fresca	2.5	2	2	2	0	2	2	2.5	2	1.9
	Floral	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Especias	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
	Otros	0	0	0	0	2	2	2.5	0	1.5	0.9
Atributo de sabor		Promedio intensidad									Promedio
		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	
Cacao		1.8	1.8	2	1.8	2.8	2.5	2.2	1.7	2.2	2.09
Dulce		1.5	1	1.5	2	0.7	2.2	1.5	2.2	2.7	1.69
Nuez		1.2	0.3	1.3	0.7	1.3	0.5	1.2	0.3	2.2	1.00
Fruta Seca		0.7	0.3	0.7	0	0.5	0	0	0.8	1	0.44
Fruta Fresca		2	2	2.3	2.2	1.3	2	1.7	2.5	2.2	2.02
Floral		0	0	0.3	0	0.2	0	0	0.5	0.3	0.15
Especias		0.5	0	0	0	0	0	0	0	0.7	0.13
Otros		0	0.5	0	0.7	1.8	0.7	0.8	1.5	0.8	0.76

Fuente: Elaboración propia.

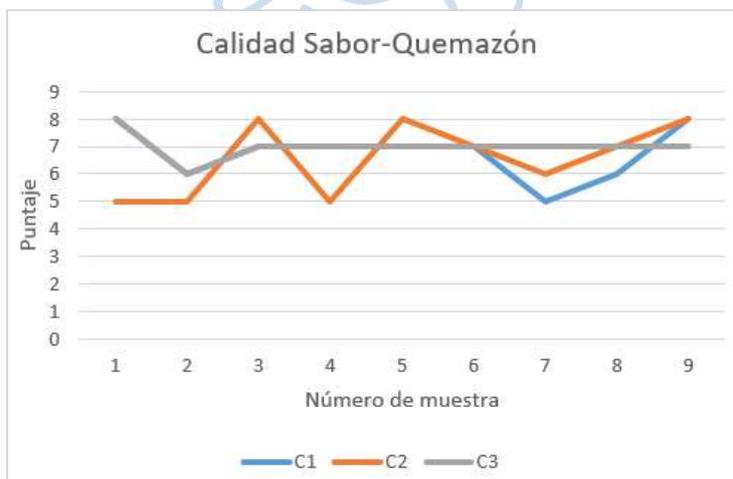


Figura 103. Puntaje de calidad por catador para Sabor en muestras de Quemazón.

Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

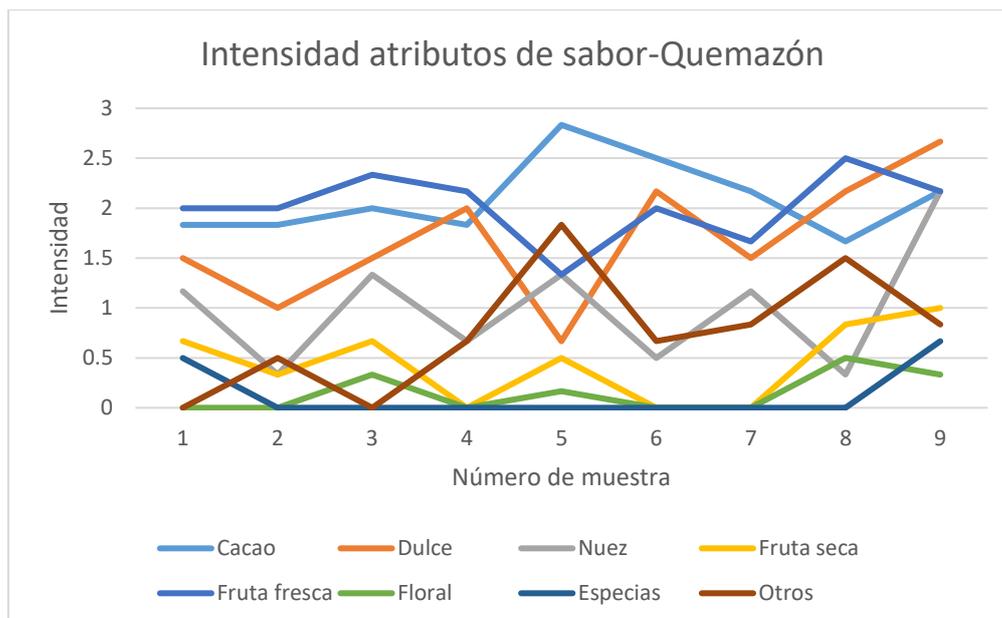


Figura 104. Intensidad de atributos de Sabor en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

En la figura 105 se muestra el Diagrama de Araña del perfil sensorial de Quemazón basado en el promedio de los perfiles de las 9 muestras. En la figura 106 se muestra, de forma desglosada, los Diagramas de Araña del perfil de sabor por cada muestra.



Figura 105. Perfil sensorial de cacao de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

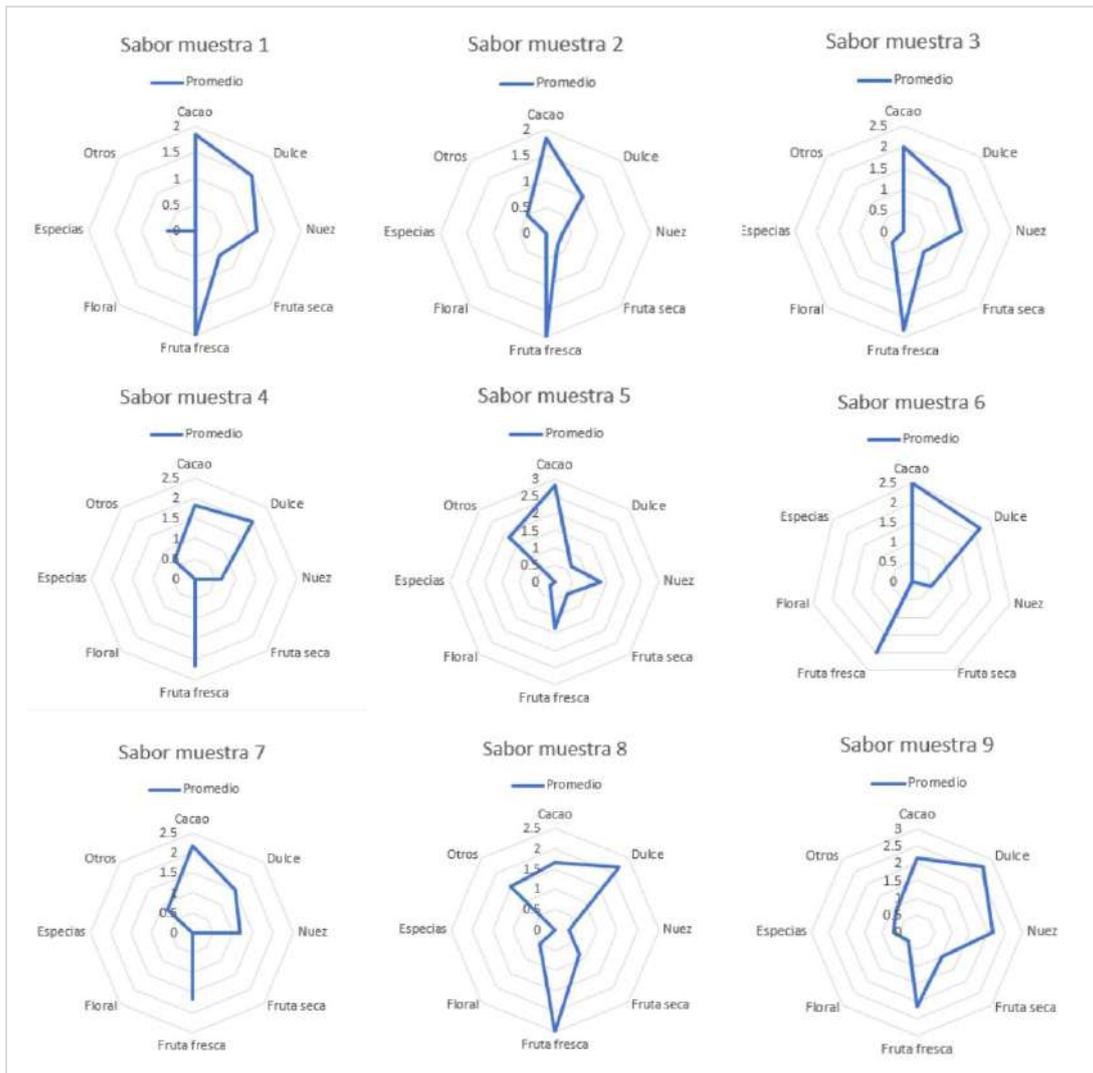


Figura 106. Perfiles sensoriales por muestra en Quemazón.
Fuente: Elaboración propia.

4.1.4. Puntaje general. Primero se calculó el puntaje personal de calidad para las muestras, el cual se muestra en la figura 107.

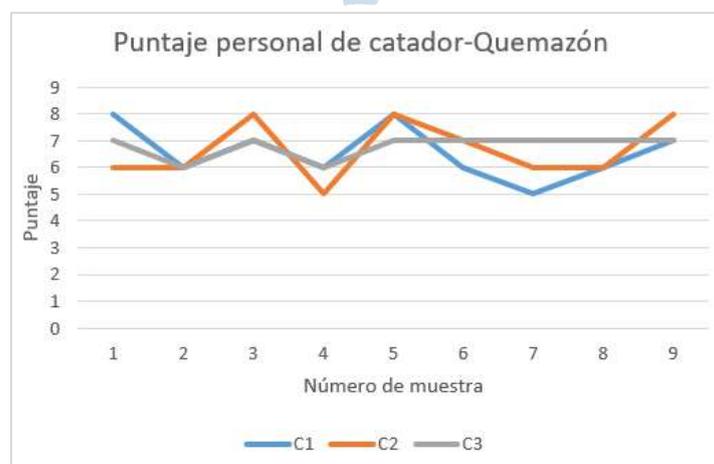


Figura 107. Puntaje personal de catador en muestras de Quemazón.
Fuente: Cooperativa Norandino. Elaboración propia.

Después se calculó el puntaje general por muestra para cada catador, según la tabla 21, en el orden de realización de muestras, para poder ingresar los datos al diseño experimental.

Tabla 21. Puntajes globales de cata para muestras de Quemazón.

Muestra	Catador	Temperatura	Tiempo	Puntaje	Promedio
5	C1	135	5.5	75	75.33
5	C2	135	5.5	81	
5	C3	135	5.5	70	
9	C1	145	7.5	76	74
9	C2	145	7.5	74	
9	C3	145	7.5	72	
6	C1	135	7.5	68	70
6	C2	135	7.5	69	
6	C3	135	7.5	73	
3	C1	120	7.5	72	74.33
3	C2	120	7.5	77	
3	C3	120	7.5	74	
4	C1	135	3.5	66	60.67
4	C2	135	3.5	51	
4	C3	135	3.5	65	
2	C1	120	5.5	65	59
2	C2	120	5.5	47	
2	C3	120	5.5	65	
7	C1	145	3.5	57	61.67
7	C2	145	3.5	62	
7	C3	145	3.5	66	
8	C1	145	5.5	65	67.7
8	C2	145	5.5	70	
8	C3	145	5.5	68	
1	C1	120	3.5	75	65.67
1	C2	120	3.5	50	
1	C3	120	3.5	72	

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Diseño Factorial 3^k y Análisis de Varianza. Se realizó el diseño factorial 3² en Minitab, utilizando la variable “catador” como bloque, con los datos de la tabla 21, obteniéndose el análisis de la figura 108. Se determinó que el modelo más adecuado era el lineal.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	598.80	149.70	2.70	0.057
Bloques	2	126.52	63.26	1.14	0.337
Lineal	2	472.28	236.14	4.27	0.027
Temp	1	12.23	12.23	0.22	0.643
Tiempo	1	460.06	460.06	8.31	0.009
Error	22	1217.72	55.35		
Total	26	1816.52			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
7.43981	32.96%	20.78%	0.30%

Figura 108. ANOVA para diseño lineal inicial de Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Ni el modelo en sí ni los bloques resultaron significativos, por lo que se concluyó que la variable 'catador' no era significativa, y se procedió a hacer el análisis de la forma inicial; es decir, sin agrupar las muestras en bloques. El ANOVA obtenido se muestra en la figura 109.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	2	472.28	236.14	4.22	0.027
Lineal	2	472.28	236.14	4.22	0.027
Temp	1	12.23	12.23	0.22	0.645
Tiempo	1	460.06	460.06	8.21	0.009
Error	24	1344.24	56.01		
Falta de ajuste	6	466.24	77.71	1.59	0.206
Error puro	18	878.00	48.78		
Total	26	1816.52			

Resumen del modelo			
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)
7.48397	26.00%	19.83%	6.37%

Figura 109. ANOVA para diseño lineal final de Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Se concluyó que el tiempo fue un factor muy significativo. Luego se analizaron las Gráficas de residuos, las cuales se presentan en la figura 110. Se consideró que el punto perteneciente a

la fila 17 (evaluación de la muestra 2 por el catador C2) era un punto atípico, y se procedió a eliminarlo. El ANOVA obtenido se muestra en la figura 111, y en la figura 112 su respectivo Diagrama de Pareto.

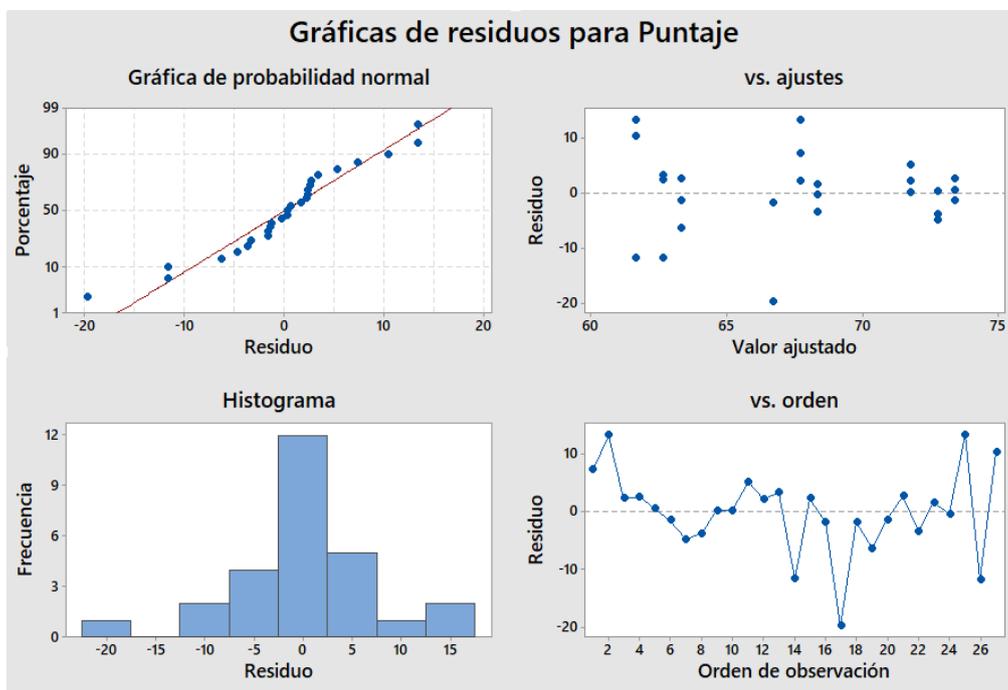


Figura 110. Gráficas de residuos del diseño lineal final de Quemazón.

Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Análisis de Varianza					
Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	2	463.69	231.846	5.84	0.009
Lineal	2	463.69	231.846	5.84	0.009
Temp	1	3.64	3.637	0.09	0.765
Tiempo	1	460.06	460.056	11.60	0.002
Error	23	912.46	39.672		
Falta de ajuste	6	250.46	41.744	1.07	0.417
Error puro	17	662.00	38.941		
Total	25	1376.15			

Resumen del modelo				
S	R-cuad.	R-cuad. (ajustado)	R-cuad. (pred)	
6.29859	33.69%	27.93%	14.30%	

Figura 111. ANOVA para diseño lineal final ajustado de Quemazón.

Fuente: Minitab. Elaboración propia.

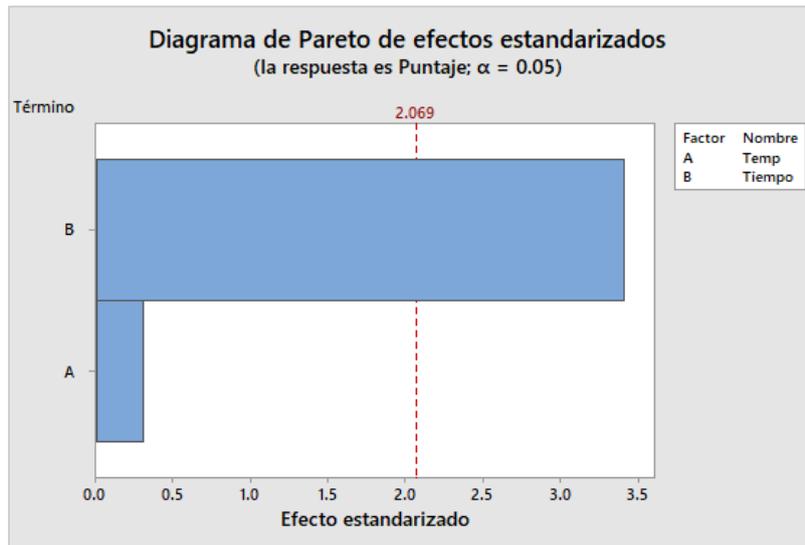


Figura 112. Diagrama de Pareto obtenido para diseño lineal final de Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Con los resultados obtenidos, podemos utilizar una Gráfica de Efecto Principal para explicar la incidencia del tiempo en el diseño, la cual se muestra en la figura 113. Como se puede observar, el puntaje incrementa visiblemente ante el incremento de tiempo en el tostado.

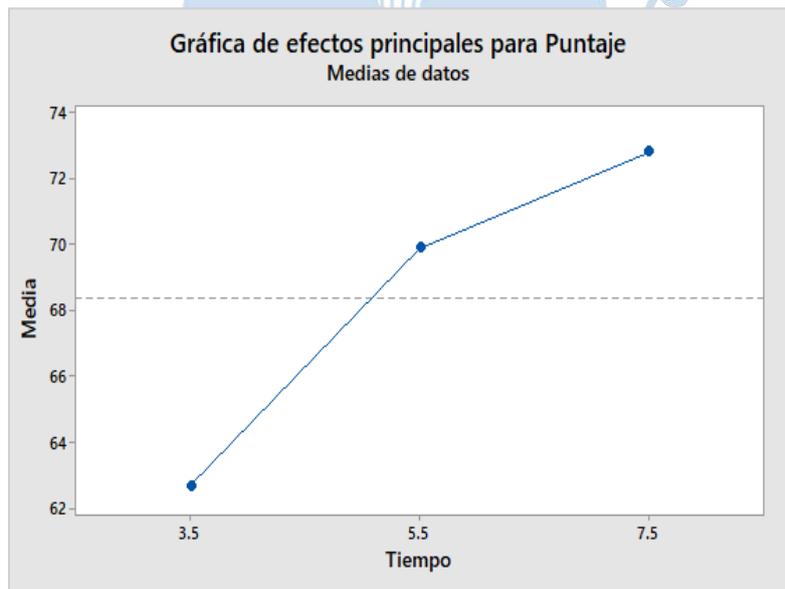


Figura 113. Gráfica de efecto principal del tiempo para Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

Finalmente, si bien el modelo no presenta un elevado grado de ajuste a los datos, sí es significativo ($p=0.027$), por lo que se procedió a obtener la ecuación de regresión del mismo, y su respectiva superficie de respuesta, las cuales se muestran en las figuras 114 y 115.

$$\text{Puntaje} = 59.4 - 0.037 \text{ Temp} + 2.528 \text{ Tiempo}$$

Figura 114. Ecuación de regresión para Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.

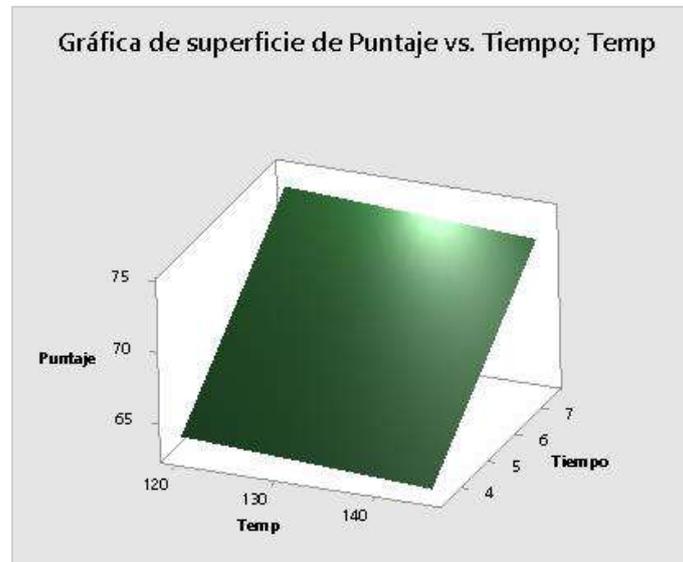
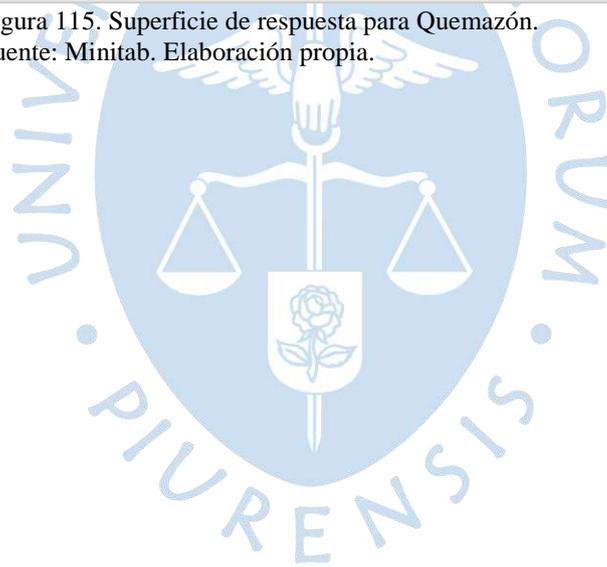


Figura 115. Superficie de respuesta para Quemazón.
Fuente: Minitab. Elaboración propia.





Capítulo 5

Análisis de resultados

En este capítulo se analizan las causas y correlaciones de los resultados obtenidos de la investigación, y presentados en el Capítulo 4, con el fin de definir el perfil sensorial de cada uno de los tipos de cacao trabajados, y analizar el comportamiento de los parámetros de su tostado en base tanto a los resultados observados como a los resultados numéricos de la cata y del diseño experimental.

Para efectos prácticos se evaluará cada tipo de cacao individualmente, mientras que los patrones de similitud encontrados serán nombrados en las conclusiones. Así mismo, se nombrarán las posibles causas químicas y físicas de ciertos sucesos que no tienen relación con el tostado pero que lo afectan, y que posiblemente tengan su origen en otros procesos como la fermentación y el secado, sobre los cuales no se tuvo ninguna influencia en la investigación. Pero cabe resaltar que estas hipótesis están basadas en las investigaciones nombradas en el capítulo de Marco Teórico, y no se hace ninguna afirmación concreta al no haber sido probadas durante este proyecto.

1. Perfil sensorial

1.1. Valle Singucate

1.1.1. Atributos simples. En el aroma, los puntos de mayor calidad fueron: C1 (3, 6, 8, 9), C2 (6, 9), C3 (1, 6, 8); es decir, los de tiempos de tostado prolongados. El perfil aromático encontrado fue predominantemente dulce, y bastante herbal ante un tostado bajo.

En cuanto a la acidez, los puntos de mayor calidad fueron: C1 (1, 4), C2 (1, 3, 4, 7) y C3 (1); es decir, aquellos de bajas temperaturas, que también coinciden con una intensidad intermedia. El perfil ácido encontrado fue cítrico.

Para el amargor no se encontró un patrón definido. El perfil encontrado fue de tipo cáscaras de cítricos, crudo o corteza.

Asimismo, en la astringencia no se encontró un patrón definido. Los tratamientos de tiempos cortos (1, 4, 7) presentaron una intensidad ligeramente mayor, pero no significativa (únicamente 0.5/5).

En cuanto al posgusto, los puntos de más alta calidad fueron: C1(8, 9), C2 (8), C3 (1, 9); en general, aquellos de mayor tostado. Lo que sucedió fue que en todos los tostados se encontraron sabores desfavorables (amargo de hierbas, forraje, crudo o madera) y unos pocos sabores dulces o cítricos, pero no fue hasta las últimas 2 muestras (8 y 9) que esos sabores desfavorables desaparecieron, y predominaron los dulces y cítricos.

En este último par de muestras, en cambio, aparecieron sabores resinosos o metálicos, pero que no afectaron mucho el posgusto porque el tostado los ocultó.

1.1.2. Defectos. La calidad de los defectos fue bastante uniforme para todos los tratamientos, excepto el 1, que fue resaltantemente elevado.

Se pudo concluir ciertas cosas (apoyándose en el apartado 2.1.1.2):

- Los sabores ahumados y picantes (1, 4, 7), que pueden haber sido causados por un secado incorrecto, y por la crudeza del grano, desaparecieron ante tostados más altos.
 - Los sabores a tierra, hojas y hierbas (1, 2, 3), que pueden haber sido causados por la falta de fermentación o el tostado incompleto, desaparecieron ante tostados más altos.
- Cabe recalcar que en este lote se encontró un número elevado de granos violetas.

Por otro lado, los tostados agresivos (6-9) causaron la aparición de otro tipo de defectos: resina, madera, agrio, acético y algo de metal. Sin embargo, la calidad de este tipo de defectos fue mayor que la de los tostados más crudos.

Por otro lado, como se mencionó en el punto 4.1., algunas muestras fueron nuevamente realizadas: la muestra 7, por no haberse realizado previamente la limpieza de la máquina de café en su tostado, y las muestras 4, 5 y 9, en las que se encontró sabores anormales (metálico, agrio, ácido fuerte, combustible).

Como en el intermedio entre el tostado y la cata de muestras de dicho lote se realizó un cambio de congelador por fallas mecánicas, se consideró un factor de riesgo externo y se las volvió a realizar. Sin embargo, el sabor metálico o a combustible volvió a encontrarse nuevamente presente en la muestra número 5', siendo muy poco probable que haya sido nuevamente contaminada.

Por otro lado, estudios químicos del grano (punto 2.1.1.2.) afirman que el sabor metálico es poco común pero recurrente, del que se conoce poco, y del que hasta ahora se afirma que probablemente tenga causas genéticas.

1.1.3. Sabor. En general, la calidad de las muestras es buena y estable (alrededor de 7 puntos). Hay ligera predilección por los tostados muy altos (8, 9) y por la muestra 1. La muestra 5 es un punto atípico, a causa del sabor metálico/combustible ya mencionado.

El perfil de sabor principal:

Sabor predominante a cacao en intensidad media, con sabor frutal medio constante (cítricos como limón y naranja, y ciertas notas a bananos maduros), sabor medio intermitente a nuez, y sabor dulce medio-bajo considerable (melaza, panela, miel y caramelo), cuya intensidad va creciendo ligeramente ante la agresividad del tostado.

Otros sabores encontrados:

Sabores a otros frutos secos se evidencian en intensidad medio-baja solo en los tratamientos muy bajos o muy altos.

Además de ello, se encontró sabores a madera (especias), que aumentan muy significativamente en los tostados más agresivos; y un sabor floral muy ligero, que disminuye ante los mismos.

1.2. Charanal

1.2.1. Atributos simples. En el aroma, la calidad es alta y estable, pero no se encontró un patrón definido. El perfil aromático encontrado fue predominantemente dulce, y con algo a cereales cocidos. Ambos aromas estuvieron más presentes en los tostados más agresivos, y especialmente en los de tiempos más prolongados.

En la acidez, la mayor calidad se encontró en los tostados intermedios. Curiosamente, se encontró acidez de mayor intensidad en los tratamientos de temperatura intermedia (4, 5, 6), cuyo nivel general aumentó conforme aumentó el tiempo. El perfil ácido encontrado fue cítrico, con una ligera acidez láctica en la muestra 1, y acética en la muestra 5.

En cuanto al amargor, su calidad fue en general alta y estable para todos los tratamientos. El perfil de amargor fue de tipo corteza.

De la astringencia podemos decir que un menor nivel se encontró en los tratamientos intermedios, pero no en una cantidad significativa.

Finalmente, en cuanto al posgusto, su perfil se definió principalmente harinoso y amargo, y plano (no permaneció en el tiempo) en los tratamientos de tiempos prolongados (3, 6, 9). Los

demás sabores que se mencionaron no cuentan con un patrón específico y no pueden ser clasificados.

1.2.2. Defectos. Los puntos de menor tostado (especialmente tiempos más cortos) fueron los que más defectos presentaron, puesto que presentaron sabores a moho y viejo, probablemente causados por el largo tiempo de almacenamiento de los granos (casi 7 meses). Los tostados más agresivos los ocultaron.

El sabor picante es un defecto recurrente en este lote, probablemente propio del grano, porque no desapareció visiblemente ante ningún tipo específico de tratamiento.

Los tostados altos, y de tiempo prolongado, resaltan el perfil cítrico de Charanal. En este caso, con un leve defecto de cáscara de naranja.

1.2.3. Sabor. La calidad general del sabor es bastante buena (alrededor de 7 puntos) y constante. Hay ligera predilección por los tostados intermedios.

El perfil de sabor principal:

Sabor medio a cacao, cuya intensidad se va incrementando visiblemente ante el aumento de agresividad del tostado; sabor dulce medio intermitente (polen con ciertas notas de miel, melaza y panela); sabor a nuez medio casi constante (principalmente a maní, pero se vuelve más complejo en los últimos tratamientos: avellanas, almendras, pecanas), y sabor cítrico medio que va incrementando notablemente (principalmente naranja, y adquiere complejidad en los últimos tratamientos: limón, maracuyá).

Otros sabores encontrados:

Son todos muy ligeros, casi imperceptibles; algún punto atípico es un factor aislado. Estos son sabores florales, a otros frutos secos, especias (principalmente madera, pero también herbal y mentolado en los primeros tratamientos), y otros (habas verdes en tratamientos bajos -1, 2, 7- y sabores intensos como malta y café tostado en tratamientos altos -6, 8, 9).

1.3. Paimas

1.3.1. Atributos simples. En el aroma, los puntos de más alta calidad fueron: C1 (1, 3, 5, 6), C2 (5, 6, 9), C3 (3, 5-9); es decir, aquellos de tostado intermedio-alto. El perfil aromático es complejo, y puede definirse como predominantemente dulce y achocolatado, con ciertas notas

a cereales cocidos y agrio/acético. También se encontró ciertos aromas a café en tratamientos de tostado bajos.

El perfil ácido encontrado fue cítrico y acético. La mayor calidad se encontró en los tratamientos de tiempo prolongado (3, 6, 9), porque coincide que la acidez de tipo acética fue eliminada por los tostados más agresivos.

En cuanto al amargor, no existe un patrón definido, pero la calidad es bastante buena. El perfil encontrado fue de tipo verde, habas verdes, corteza y un sabor ligero a cáscaras de cítricos.

En la astringencia, se encontró un nivel ligeramente menor en tostados intermedios. El perfil fue de tipo madera o resina, y levemente a frutas verdes.

Finalmente, en el posgusto, se encontró una mayor calidad en ciertos tostados agresivos. El perfil resultó amargo en los tratamientos de alto tostado, y una mezcla de oros sabores como madera y resina, corteza, astringente y frutas.

1.3.2. Defectos. En la evaluación inicial del lote (al momento del ingreso) se encontró baja presencia de hongos, posiblemente causados por una fermentación excesiva, o por un secado incorrecto. Estos factores también suelen ser los causantes del ácido acético y/o láctico encontrado en la mayoría de las muestras.

A pesar de ello, y pese al largo tiempo de almacenamiento (1 año), no se identificó sabores a moho durante la cata. Sin embargo, el tiempo sí generó la aparición de sabores rancios o guardados en los tratamientos bajos (1, 2, 4).

Nuevamente, en los tratamientos de tostado agresivos (8, 9), se encontró sabores a resina.

1.3.3. Sabor. La calidad es bastante buena y estable (alrededor de 7 puntos). Hay ligera predilección por los puntos de tiempos altos (3, 6, 9).

El perfil de sabor principal:

Sabor medio a cacao, que se vuelve intenso en los tostados muy bajos o muy altos; sabor frutal medio-intenso muy complejo (frutas maduras y cítricos: mandarina, lima, limón, naranja, toronja, maracuyá); sabor medio-bajo dulce (polen y miel con un poco de melaza); sabor a nuez medio-bajo intermitente, que va disminuyendo; y otros sabores variados de intensidad medio-baja (madera y resinas, vino, harina, mantequilla, café y vinagre).

Otros sabores encontrados:

Sabores florales y a otros frutos secos fueron prácticamente inexistentes.

1.4. Quemazón

1.4.1. Atributos simples. En el aroma, los puntos de mayor calidad fueron los de tostado intermedio-alto, y los de menor calidad aquellos de tiempos cortos (1, 4, 7). La intensidad fue casi constante. El perfil encontrado fue indiscutiblemente dulce (encontrado en todos los tratamientos), y ligeramente agrio o acético. El aroma a granos de fermento en tratamientos de tiempos cortos (1, 4) desapareció ante más altos tostados.

En cuanto a la acidez encontrada, esta fue de tipo cítrica, y la mayor calidad se encontró en los tratamientos intermedios. Ciertas notas de ácido acético aparecieron en tratamientos de tiempo bajo (4, 7), pero desaparecieron ante más altos tostados.

En el amargor, se encontró un menor nivel en tostados de tiempos más prolongados. El perfil encontrado fue de tipo corteza o verde (en los tratamientos bajos), y un poco de café.

En cuanto a la astringencia, se encontró mayor calidad en los tostados intermedio-altos. El perfil encontrado fue de tipo madera.

Finalmente, en el posgusto, los puntos de más alta calidad fueron aquellos de alto tostado, especialmente de tiempos prolongados: C1 (1, 5, 6, 9), C2 (3, 5, 6, 9), C3 (1, 3, 5, 6, 9). El perfil encontrado fue principalmente amargo o astringente (madera, resinas, té, café) y un poco acidulce (mezcla de frutas o miel, con cítricos). Este último sabor se desarrolló más ante tiempos más prolongados.

1.4.2. Defectos. Si bien la fermentación de este lote fue bastante buena, por la presencia de granos germinados y gemelos, se consideró que quizás la fermentación no había sido uniforme, por lo que ciertos granos podrían estar más fermentados que otros, o quizás el secado fue deficiente.

Esto se ve reflejado en la presencia de ácido acético en la mayoría de las muestras, pues está demostrado que los niveles de ácido acético aumentan durante la fermentación (para causar la muerte del embrión), y disminuyen un poco durante el secado.

1.4.3. Sabor. La calidad general del sabor es buena (alrededor de 7) y es más estable en los tratamientos intermedios.

El perfil de sabor principal:

Sabor medio constante a cacao; sabor medio constante y complejo a fruta fresca (frutas maduras, bananos, frutos tropicales y cítricos: mandarina, naranja, limón); sabor medio dulce altamente creciente y complejo (miel, melaza, polen, algarrobina, panela y malta); sabor bajo a nueces y maní, y bajo pero creciente a otras sustancias (principalmente madera y café).

Otros sabores encontrados:

Sabor muy leve a otros frutos secos (pasas y guindones), y floral casi imperceptible.

2. Diseño experimental

Para la población de cada origen, se procedió a realizar el Análisis de Varianza en Minitab para determinar si la diferencia entre las medias era estadísticamente significativa. Se utilizó un nivel de significancia (α) de 0.05, para aceptar o rechazar la hipótesis nula, planteada como sigue:

H_0 : Las medias de población son iguales ($\mu_1=\mu_2=\mu_3\dots=\mu_k$)

H_1 : Al menos una media es diferente

Es decir, analizar si existía una diferencia significativa entre los tratamientos, tanto para el factor tiempo, como para el factor temperatura, y la interacción entre ambos. Se añadió también la variable 'catador' como 3 bloques distintos, para neutralizar los efectos de dispersión causados por la misma, y comprobar que su efecto era realmente significativo. Para ello se analizó el valor de p, de manera que cuando $p \leq \alpha$, se rechazó la H_0 , concluyéndose que las diferencias de algunas medias sí eran estadísticamente significativas, y cuando $p > \alpha$, se aceptó la H_0 , concluyéndose que la evidencia no era suficiente para rechazarla.

2.1. Valle Singucate. Analizando el ANOVA obtenido (figura 53), se pudo concluir:

- Que los bloques sí resultaron significativos ($p=0.001$), lo que significa que, de no haberlos utilizado, la variable 'catador' hubiese agregado dispersión al diseño.
- Que el factor cuadrático y, dentro de él, específicamente el tiempo, además de la interacción entre tiempo y temperatura, fueron factores significativos en la diferencia estadística entre las muestras. Esto también se observó en el diagrama de Pareto de la figura 54. Por ello, el modelo escogido fue el cuadrático.

- El R-cuadrado fue de un 76.77%, R-cuadrado (ajustado) de un 65.93% y R-cuadrado (predicción) de un 45.52%. Además, el modelo resultó tener una significancia de $p=0.001$.

Esto nos lleva a concluir que, en el caso de Valle Singucate, el modelo cuadrático es el más acertado, por la significancia del término cuadrático e interacción. El R-cuadrado (ajustado) y el de predicción, tienen un valor más bajo por esta misma razón: el término lineal, que es el menos significativo, no puede ser eliminado del modelo por ser de un orden superior.

Como la interacción resultó significativa, la relación entre las variables tiempo y temperatura se explicó con una Gráfica de Interacción (figura 55), que indicó que, exceptuando el punto 1 que fue el más alto (120; 3.5), y que podría considerarse como una excepción), y el punto 5 (135; 5.5), considerado como atípico por contaminación, se puede observar un aumento de puntaje ante el aumento simultáneo de tiempo y temperatura, aunque la diferencia no es muy marcada.

Los puntos 8 y 9, los más altos después del punto 1, son comprensibles porque sus tostados son intermedio-agresivos en este caso; así que, además de aumentar el atributo dulce de su sabor, tuvieron un efecto positivo en cuanto a los defectos, ocultando la mayoría de ellos (herbal, terroso, ahumado y picante).

Sin embargo, solo se está analizando el puntaje global, y no se considera otros factores subjetivos que analizaron los catadores, tales como la presencia del sabor metálico que se incrementa con el tostado, y los ligeros sabores a sobre tostado.

2.2. Charanal. Analizando el ANOVA obtenido (figura 72), se pudo concluir:

- Que los bloques sí resultaron significativos ($p=0.015$), lo que significa que, de no haberlos utilizado, la variable 'catador' hubiese agregado dispersión al diseño.
- Que el factor lineal y, dentro de él, específicamente la temperatura fue un factor significativo en la diferencia estadística entre las muestras. Esto también se observó en el diagrama de Pareto de la figura 73. Por ello el modelo escogido fue lineal + cuadrados.
- El R-cuadrado fue de un 58.25%, R-cuadrado (ajustado) de un 45.06% y R-cuadrado (predicción) de un 21.66%. Además, el modelo resultó tener una significancia de $p=0.006$.

Esto nos lleva a concluir que, en el caso de Charanal, el modelo (lineal + cuadrados) es el más acertado, por los altos valores de p en la interacción. El R-cuadrado (ajustado) incrementó su valor al eliminar dicho término.

Como el factor lineal de la temperatura resultó significativo, su incidencia se explicó con una Gráfica de Efecto Principal (figura 74), que indicó que la media de los puntajes para las muestras fue visiblemente más alta ante la temperatura más elevada.

La diferencia de puntajes entre muestras es más grande que en el caso de Valle Singucate y, a pesar de que el mejor puntaje lo obtuvo la muestra 4, coincide que el siguiente grupo de mejores muestras tiene en común tostados intermedio-altos y, especialmente, tiempos largos.

Esto es debido a que, para Charanal, mientras más agresivo el tostado, más complejos se volvieron ciertos atributos de su sabor (dulce, maní y cítrico) y, además, se eliminaron defectos como acidez negativa, y sabor a moho y viejo. Sin embargo, como solo se han evaluado los puntajes globales, no hay que olvidar que los tostados muy altos desarrollaron un amargor a cáscara de naranja, y el posgusto se volvió plano en ellos.

2.3. Paimas. Analizando el ANOVA obtenido (figura 89), se pudo concluir:

- Que los bloques sí resultaron significativos ($p=0.001$), lo que significa que, de no haberlos utilizado, la variable ‘catador’ hubiese agregado dispersión al diseño.
- Que el factor lineal y, dentro de él, específicamente el tiempo, además de la interacción, fueron factores significativos en la diferencia estadística entre las muestras. Esto también se observó en el diagrama de Pareto de la figura 91. Por ello, el modelo escogido fue (lineal + interacción).
- El R-cuadrado fue de un 71.75%, R-cuadrado (ajustado) de un 65.03% y R-cuadrado (predicción) de un 51.98%. Además, el modelo resultó tener una significancia de $p=0.000$.

Esto nos lleva a concluir que, en el caso de Paimas, el modelo (lineal + interacción) es el más acertado, por los altos valores de p en el cuadrado. El R-cuadrado (ajustado) incrementó su valor al eliminar dicho término.

Como la interacción resultó significativa, la relación entre las variables tiempo y temperatura se explicó con una Gráfica de Interacción (figura 92), que indicó que, exceptuando el punto 1 que fue el más alto (120; 3.5), y que podría considerarse como una excepción), se puede

observar un aumento de puntaje ante el aumento simultáneo de tiempo y temperatura, y la diferencia en este caso sí es bastante marcada.

Además, como el factor lineal del tiempo resultó significativo, su incidencia se explicó con una Gráfica de Efecto Principal (figura 93), que indicó que la media de los puntajes para las muestras incrementó visiblemente ante el aumento de tiempo.

La razón de esto es que, por un lado, los tostados agresivos resaltaron la complejidad de los atributos de su sabor (frutal, dulce y otros sabores variados); y por el otro, los tiempos largos eliminaron la alta presencia de ácido acético, un defecto muy importante, y también eliminaron la presencia de otros tipos de defectos adquiridos por almacenamiento (rancio y guardado).

Nuevamente, habría que evaluarse si estos defectos únicamente estaban presentes en ese lote de dicho origen, pues si bien el alto tostado tuvo el mayor promedio de puntuación, también tiene un alto riesgo de quemar los granos.

2.4. Quemazón. Analizando el ANOVA obtenido (figura 109), se pudo concluir:

- Que los bloques no resultaron significativos ($p=0.337$), por lo que se procedió a hacer el diseño con cada puntaje como una réplica de una muestra.
- Que el factor lineal y, dentro de él, específicamente el tiempo, fue un factor significativo en la diferencia estadística entre las muestras. Esto también se observó en el diagrama de Pareto de la figura 112. Por ello, el modelo escogido fue el lineal.
- El R-cuadrado fue de un 33.69%, R-cuadrado (ajustado) de un 27.93% y R-cuadrado (predicción) de un 14.30%. Además, el modelo resultó tener una significancia de $p=0.009$.

Esto nos lleva a concluir que, en el caso de Quemazón, el modelo lineal es el más acertado, por los altos valores de p en el cuadrado y la interacción. El R-cuadrado (ajustado) incrementó su valor al eliminar dichos términos.

Como el factor lineal del tiempo resultó significativo, su incidencia se explicó con una Gráfica de Efecto Principal (figura 113), que indicó que la media de los puntajes para las muestras incrementó visiblemente ante el aumento de tiempo.

De forma general en los puntajes, vemos que los estos aumentan con tostados intermedios y los tiempos largos.

Esto se debe a que los tiempos largos aumentaron muy considerablemente la complejidad e intensidad de los sabores ácido y dulce, que tienen un equilibrio único en este origen de cacao. Además, los tostados intermedio-altos, eliminaron los defectos encontrados, como sabores a granos de fermento, corteza y verde. El defecto de ácido acético fue constante, posiblemente considerado genético, y por ello no influyó en los valores más altos de puntaje de los tratamientos.

El modelo de Quemazón fue el que se encontró con menos ajuste a los datos y menor capacidad de predicción de puntajes.

En esta investigación, se planteó el diseño 3^k como una primera fase exploratoria de los tratamientos de tostado para las muestras, para posteriormente evaluar la posibilidad de encontrar un modelo de regresión predictivo y determinar una combinación óptima de temperatura y tiempo para cada tipo de cacao. No se planteó un diseño 2^k pues por la naturaleza del proceso era muy poco probable que siguiera una distribución lineal, y además fue sugerido por la empresa tomar tres niveles por factor.

Sin embargo, en los distintos Análisis de Varianza realizados se pudo ver que los datos no pueden proporcionarnos un modelo que sea cuya predicción sea realmente confiable, pues solo algunos factores resultaron significativos, y estos varían según el tipo de cacao analizado.

La alternativa al diseño 3^k hubiera sido un diseño 2^2 con adición de puntos centrales, para luego, con la confirmación de la significancia de la curvatura, añadir puntos axiales para convertirlo en un Diseño Central Compuesto (DCC). Sin embargo, después de la investigación sobre el procesamiento del cacao, y la observación directa de gran parte del mismo, se cree que la variabilidad es tal que un DCC tampoco podría explicarla.

Por un lado, tenemos la variabilidad interna, que con el uso de ‘catador’ como bloques se pudo neutralizar bastante bien, exceptuando el caso de Quemazón. Sin embargo, aún queda la variabilidad externa, que para este proceso es demasiado grande y, en su mayoría, es muy difícil o imposible de controlar. Estos factores de influencia son todos pertenecientes a etapas del proceso previas al tostado. De lo que se ha analizado durante todo el desarrollo de esta investigación, se pueden nombrar los siguientes:

- Factor genético: Esto requiere que se haga experimentos separados por cada tipo de cacao (ya sea clasificación botánica o por origen).

- Factor climático: temperatura, humedad del ambiente, presencia o ausencia de lluvias, etc.
- Factor de ubicación: De la geografía depende la genética, pero esto hace referencia al contexto (cercanía a otras plantaciones que influyen en el aroma y sabor, presencia adecuada de sombra, cercanía a contaminantes, etc.).
- Factor de siembra y cosecha: Puede variar con el cambio de trabajadores o, incluso, con el mismo trabajador. Esto incluye la disposición de la siembra, la frecuencia de regado, la cosecha de frutos pintones (no maduros), entre otros.
- Factores de fermentación: Igualmente, influye el factor humano. Incluye el número de días de fermentación, las condiciones adecuadas, la fermentación equitativa de todos los granos, entre otros.
- Factores de secado: Influye el factor humano, y el método utilizado. Si es al sol, influirá el clima, el número de días, otros factores de la intemperie. También influye el secado uniforme (remoción de granos), cercanía a humo y otros contaminantes, y la fermentación anterior (dependiendo del grado de fermentación será necesario un mayor o menor secado).
- Factores de almacenamiento: Incluso si todo lo anterior está estable, un almacenamiento con muy altas o muy bajas temperaturas, u otros factores, puede generar que los granos ganen humedad, adquieran olores extraños, o sean infestados por hongos e insectos.
- Factor de nivel de humedad: Esto está condicionado tanto por la fermentación y el secado, como por el almacenamiento. Claramente, los granos de cacao con una humedad muy alta requerirán un menor tostado, y viceversa.
- Factor de control de calidad y limpieza: Si están incompletos o mal realizados, ciertos contaminantes pueden influir en el aroma y sabor.
- Factor de descascarillado: El hecho de no extraer completamente la cascarilla da un amargor al sabor, y esto puede variar de un lote a otro.

En el procedimiento de tostado realizado también existieron otros factores de variabilidad, pero que se consideran mínimos al haberse controlado bastante bien: cambio de operarios (únicamente yo realicé el tostado de muestras), error humano del operario (cada muestra se compone de 4 pequeñas submuestras tostadas de forma independiente), y almacenamiento (se utilizó el frigorífico especial de la empresa, y todas las muestras se encontraban en el mismo lugar).

Por todo lo anterior, se considera que, a menos que se pueda estandarizar la gran mayoría de los factores ya mencionados, no se podrá encontrar un óptimo con alta validez de predicción. Sin embargo, conocer los perfiles sensoriales de los tipos de cacao es igualmente importante porque, al fin y al cabo, el grado de tostado depende mucho del cliente, y este puede no querer el 'óptimo' de la empresa, si no su propio óptimo.





Conclusiones

1. Los tostados de altos tiempos y temperaturas, siendo en ellos mucho más importante el factor tiempo, desarrollan significativamente más los aromas y sabores propios de algún tipo de cacao, tanto en complejidad como en intensidad. También tienen la capacidad de eliminar o disimular defectos adquiridos (no genéticos), por cosecha, fermentación, secado o almacenamiento incorrectos, o por algún otro factor externo. Y, finalmente, favorecen al proceso de descascarillado, pues facilitan el desprendimiento de la cáscara del grano, la cual muchas veces es la causante de cierto amargor en el licor.
2. En lo negativo, los tostados de altos tiempos y temperaturas tienen riesgo de quemar los granos, o desarrollar otro tipo de sabores fuertes y amargos. Por otro lado, afectan la textura, pues las temperaturas muy altas pueden hacer que parte de la manteca del grano migre hacia la cáscara y se pierda, generando licores aguados y de bajo rendimiento.
3. Los tostados de bajos tiempos y temperaturas, si bien tienen una textura cremosa, y no tienen riesgo de desarrollar sabores a quemado, presentan mayores desventajas, pues no desarrollan los aromas y sabores propios del cacao, no ocultan ningún tipo de defectos adquiridos, y presentan otros tipos de sabores amargos propios del grano crudo. Además de ello, tienen mayor riesgo de dejar pasar cascarillas al conchado, al no poder retirarse la cáscara fácilmente, y generar mayor amargor en el licor.
4. El perfil sensorial de Valle Singucate se encontró principalmente achocolatado medio, cítrico medio (limón y naranja), y dulce medio-bajo, con algunas notas de nuez y frutos secos, y sabor incremental a madera. Ante tostados bajos se encontró sabores amargos a hierbas, forraje, ahumado y picante. Ante tostados agresivos destacaron los sabores a resina y madera, agrio, acético y metal (defecto del lote, posiblemente genético). Tuvo predilección por los tostados agresivos, pero la diferencia entre los puntajes de sus muestras fue bastante baja. El ANOVA indicó que el tiempo y la interacción fueron factores estadísticamente influyentes, por lo que el modelo escogido para la Ecuación de Regresión fue el cuadrático.
5. El perfil sensorial de Charanal se encontró principalmente achocolatado medio, cítrico medio a naranja que incrementa en complejidad (limón y maracuyá), nuez medio que aumenta en complejidad (avellanas, almendras, pecanas), y dulce medio intermitente (principalmente polen). También fue uniformemente picante. El posgusto fue característicamente harinoso y amargo, pero podría haber sido influenciado por el almacenamiento prolongado. Los tostados altos y prolongados originaron amargor a cáscara

de naranja y un posgusto plano. Tuvo predilección por los tostados intermedio-altos, y la diferencia entre sus muestras fue significativa. El ANOVA indicó que el componente lineal de la temperatura fue un factor estadísticamente influyente, por lo que el modelo escogido para la Ecuación de Regresión fue el (lineal + cuadrados).

6. El perfil sensorial de Paimas se encontró muy complejo, principalmente achocolatado medio, frutal medio-intenso complejo (frutas maduras y cítricos variados), con sabores medio-bajos a algo dulce (polen y miel), a nuez intermitente, y a otros sabores variados. Se encontró un amargor constante, a cáscaras de cítricos, frutas verdes y resinas, que se destacan ante tostados altos. Los defectos de guardado como rancio y acético se ocultaron en tostados prolongados. Tuvo predilección por los tostados altos y tiempos largos, y la variabilidad entre sus muestras fue bastante marcada. El ANOVA indicó que el componente lineal del tiempo, y la interacción, fueron factores estadísticamente influyentes, por lo que el modelo escogido para la Ecuación de Regresión fue el (lineal + interacción)
7. El perfil sensorial de Quemazón también se encontró bastante complejo, principalmente acidulce (frutas maduras, miel y algarrobina con cítricos y frutos tropicales), creciente en complejidad; achocolatado medio, y ciertas notas a nuez y maní. Se encontró un amargor constante a café, madera y resinas, y un defecto recurrente que fue la presencia de ácido acético. Al no ser este eliminado con los tostados agresivos, se atribuye probablemente a un factor genético. Tuvo predilección a los tostados intermedios, pero tiempos largos, y la diferencia de puntaje entre sus muestras sí fue significativa. El ANOVA indicó que el componente lineal del tiempo fue un factor estadísticamente influyente, por lo que el modelo escogido para la Ecuación de Regresión fue el lineal.
8. El tostado promedio realizado en el laboratorio de la Cooperativa Norandino (datos registrados durante los inicios de esta investigación), rondaba alrededor de los 125°C de temperatura, y 5-6 minutos de tiempo, indistintamente del tipo de cacao a trabajar. Sin embargo, esta investigación ha determinado que, en general, se obtienen mejores resultados con un tostado ligeramente más elevado, entre los 135-145 °C de temperatura, y con un tiempo aproximado de 7 minutos y medio.
9. El procesamiento general del grano de cacao tiene una gran variabilidad causada por diversos factores de tipo genético (propios del grano), climático, de ubicación, de siembra y cosecha, fermentación, secado, almacenamiento, y descascarillado; todos ellos son previos al tostado y por tanto lo afectan. A pesar de que se intente estandarizar los métodos y prácticas, muchos factores no son controlables. Así mismo, la cata de licor de cacao también es un método subjetivo de alta variabilidad, que depende de los catadores, su tipo

de entrenamiento, su experiencia, sus preferencias, entre otros. Por todo ello no es posible obtener un tratamiento de tostado que sea óptimo para todas las ocasiones, así se trate del mismo tipo de grano, el mismo origen e, incluso, el mismo lote.





Recomendaciones

1. A pesar de que, por variabilidad antes mencionada, esta investigación (al igual que otras similares) no pueda tomarse como una fórmula exacta, sí se sugiere ser utilizada como guía para la Cooperativa Norandino, específicamente en la consideración del incremento tanto de la temperatura como del tiempo promedio que actualmente utilizan en el tostado de sus muestras de laboratorio.
2. Se sugiere investigar sobre los métodos de fermentación y secado de Paimas y Quemazón, para comprobar si los defectos encontrados solo fueron en el lote utilizado en esta investigación, o si son recurrentes. En el caso de Paimas, controlar que no se cosechen frutos pintones y que la fermentación y secado se lleven a cabo de forma completa. En el caso de Quemazón, controlar que la remoción de los granos sea uniforme y constante, pues a pesar de tener una alta cantidad de granos totalmente fermentados, hay gran cantidad de granos gemelos y germinados también.
3. Se sugiere realizar un nuevo experimento de tostado con otro(s) lote(s) de Valle Singuate, con el fin de determinar si el defecto encontrado de sabor metálico o a combustible es realmente genético, o si se puede clasificar como un factor aislado, presente únicamente en esta investigación.



Referencias Bibliográficas

Aldave, G. J. (2016), Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (*Theobroma cacao* L.) procedente de Uchiza, San Martín – Perú para la obtención de NIBS. Tesis para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias de Alimentos. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Barrientos, P. (2015). La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Semestre Económico*, 18 (37), 159-156.

Cacao: Propiedades, beneficios y usos de este alimento. (s/f). Recuperado 26 de febrero, 2019, de <https://www.ecoagricultor.com/cacao-propiedades-beneficios/>

CAOBISCO/ECA/FCC Cocoa Beans: Chocolate and Cocoa Industry Quality Requirements (2015). End, M. J. & Dand, R. (Ed.)

Características físicas y organolépticas (s/f). Recuperado 8 de julio, 2019, de <http://trincheras.intercacao.com/>

Chávez, K. N. (2015). Actividad antiinflamatoria de los coproductos de cacao (*Theobroma cacao*) en células humanas cancerígenas (HT-29). Proyecto especial para la obtención de título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Farah, D. M. H. *et al.* (2012). Effect of Roasting Process on the Concentration of Acrylamide and Pyrazines in Roasted Cocoa Beans from Different Origins. *APCBEE Procedia*, 4, 204-208.

Gonzales, J. (s/f). El Cultivo del Cacao. Recuperado 05 de febrero 2019, Agropedia, Agrotendencia TV: <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-cacao/>

Kosacoff, B. & Campanario, S. (2007). La revalorización de las materias primas y sus efectos en América Latina. Recuperado 15 febrero, 2019, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL): <https://repositorio.cepal.org/>

Lares, M. D. C. *et al.* (2012). Efecto del tostado sobre las propiedades físicas, fisicoquímicas, composición proximal y perfil de ácidos grasos de la manteca de granos de cacao del estado Miranda, Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12 (2), 439-446.

Montgomery, C. (2004). *Diseño y análisis de experimentos* (2). México D. F: Limusa Wiley S.A.

Portillo, E. *et al.* (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento postcosecha en Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9 (2), 458-468.

Programa de Desarrollo de Cooperativas USAID/Equal Exchange/TCHO: Protocolo para la preparación de licor de cacao para el análisis sensorial (2018).

Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics Vol. XLIV, N°3 (2017/18). Recuperado 19 de febrero, 2019, The International Cocoa Organization (ICCO): <https://www.icco.org/>

Quintero, M. L. & Díaz, K. M. (2004). El mercado mundial de cacao. *Agroalimentaria*, 18, 47-59.

Romero, C. A. (s/f). Estudio del cacao en el Perú y en el mundo: Un análisis de la producción y el comercio. Recuperado 02 marzo 2019, Dirección General de Políticas Agrarias (DGPA): http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/videoconferencias/2017/estudio_cacao_para_iica.pdf

Salas, K. E. (2014). Análisis de la competitividad del cacao fino de aroma ecuatoriano en el mercado argentino. Tesis para la obtención de título como Ingeniero en Comercio Exterior, Integración y Aduanas (p. 126). Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador.

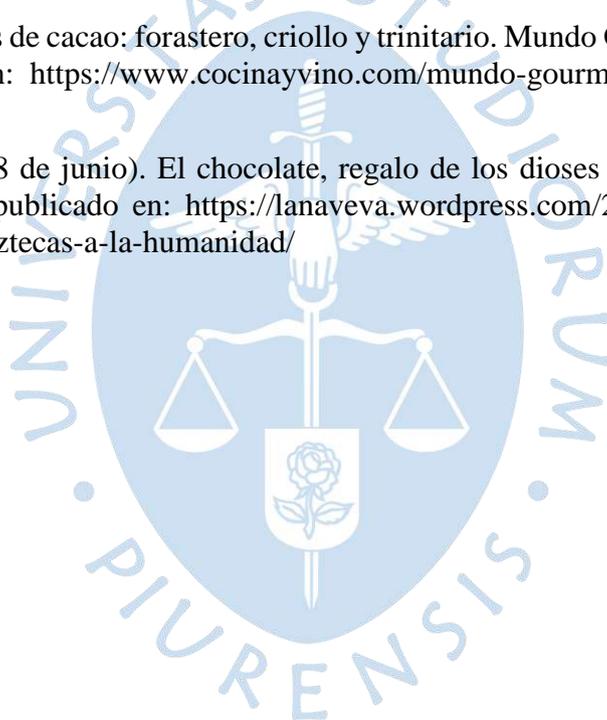
Tecnologías limpias: Etapas y equipos del proceso. (s/f). Recuperado 08 de marzo, 2019, de https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/Tecnologias_limpias.pdf

USAID/Equal Exchange/TCHO Cooperative Development Project: Guide to the Cacao Sensory Analysis Tasting Form (2018).

Vega, F. *et al.* (2016). Optimización del proceso de tostado de *Theobroma cacao* var. Criollo en función del perfil cromatográfico. Recuperado 3 octubre, 2019, Academia Mexicana e Investigación y Docencia en Ingeniería Química A. C. (AMIDIQ): <http://www.amidiq.com/>

Vera, G. (s/f). Tipos de cacao: forastero, criollo y trinitario. Mundo Gourmet, Cocina y Vino. Mensaje publicado en: <https://www.cocinayvino.com/mundo-gourmet/tipos-cacao-forastero-criollo-trinitario/#>

Yubero, F. (2009, 8 de junio). El chocolate, regalo de los dioses aztecas a la humanidad. Wordpress. Mensaje publicado en: <https://lanaveva.wordpress.com/2009/06/08/el-chocolate-regalo-de-los-dioses-aztecas-a-la-humanidad/>



Anexos



Anexo A. Requisitos de calidad en la industria

Quality	Quality
Buenos atributos intrínsecos de sabor	Cumple con las especificaciones para el Grado 1 internacional
Libre de sabores indeseados, sobre todo:- Sabor a humo Moho Acidez excesiva Amargor y astringencia excesivas	Granos de tamaño uniforme, con un peso medio de al menos 1g
Cultivado, cosechado, fermentado, secado y almacenado de acuerdo con prácticas recomendadas con el fin de asegurar unos niveles de contaminación lo más bajos posibles, y de cumplir con la legislación en materia de seguridad alimentaria. Alérgenos Bacterias Dioxinas y PBC Materia extraña Metales pesados Infestaciones	Bien fermentados y bien secados, con un contenido de humedad del orden del 7%, y de un máximo absoluto del 8%
Hidrocarburos de Aceites Minerales Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAP) Micotoxinas, incluida la OTA Residuos de Plaguicidas	Calidad uniforme dentro de cada lote y entre envíos
	Prácticamente libre de insectos vivos
	Libre de materia extraña
	Contenido de ácidos grasos libres inferior al 1%
	Además, los fabricantes prefieren que el grano de cacao tenga lo siguiente:-
	Contenido de grasa del 55-58% (grano descortezado seco)
	Contenido de cáscara del 11-12%
	Manteca de cacao dura

Anexo B. Recomendaciones para la evaluación de atributos sensoriales



CACAO
SENSORY ANALYSIS

The goal of these instructions is to give users of the form a quick and basic guide to its use. For more in-depth information, please reference the *Guide to the Cacao Sensory Analysis Tasting Form* or contact us at cacaoquality@gmail.com

Tasting Form Instructions

Filling in the Form

Aroma Smell the sample. Mark the intensity of the aroma on the first scale, write any characteristics that you find in the notes section, and score the quality. Remember that a low intensity or even absence of aroma does not imply a lower quality.

Acidity The relationship between intensity and quality varies depending on the perception and description of the acids that the taster finds during the evaluation. For example, if the taster perceives a citric or fruity acid, the score may be higher than if the acidity is more like vinegar (acetic acid).

Bitterness and Astringency These are inherent characteristics of cacao, but the level of intensity can influence the quality, and there is often an inverse relationship. For example, a bitterness level that is 'Clearly Present' with an intensity of 2, might have a score between 'Good' and 'Excellent' in quality; while a higher intensity of bitterness may decrease the quality.

Example:

CATEGORIES	INTENSITY	NOTES	QUALITY (0-10)	POINTS
Bitterness	0 1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	mild bitterness	8	x 1 = 8

This example is consistent with the guideline provided on the form for bitterness and astringency, which indicates that an intensity score lower than or equal to 2.5 may result in a quality score of 5 or higher.

Defects Increased intensity of defects means a lower score in quality. For example, if you find a strong flavor such as dirt that is 'Dominant' with an intensity of 4, your quality score will likely be between 'Terrible' and 'Bad'.

Example:

CATEGORIES	INTENSITY	NOTES	QUALITY (0-10)	POINTS
Defects	0 1 2 3 4 5 <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	dirt	1.5	x 2 = 3

If quality points are deducted, the taster should write the name of the specific defect in the notes section. If the sample is clean or free of defects, it should be scored as 'Excellent' in quality. To the right we offer some general categories of defects and some specific examples of common defects within those categories.

Flavor The taster need only evaluate the characteristics that are perceived, as not all can be found in every sample. The quality score is based on a combination of factors including the harmony, clarity and complexity of the flavors.

Aftertaste The residual flavor left in the mouth after the sample has dissolved completely.

Taster's Points The taster's general impression and subjective quality score for the sample.

Comments This space is for observations which are not noted elsewhere (for example: appearance, texture). The taster may also use Comments to prepare a summary of the evaluation and recommendations.

Final Score A cumulative total of all quality points. The highest possible final score is 100 points.

Using the Scales

This form contains two types of scales. The purpose of the Intensity Scale is to develop a **flavor profile** of the samples, while the Quality Scale helps to identify the sample's **potential**. Remember that there is no direct relationship between intensity and quality, except in the case of Bitterness, Astringency and Defects. Half points are permitted when scoring on either scale.

INTENSITY SCALE

0	1	2	3	4	5
None/Not Detectable	Faint	Clearly Present	Moderate	Dominant	Extreme

QUALITY SCALE

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Terrible		Bad		Ordinary		Good		Excellent		

Examples of Defects



MOLD
musty, basement, mildew

DIRT
mud, wet earth, dust

RAW
vegetal, unripe, grassy, green

CONTAMINANTS
plastic, chemical, smoke, metal, petrol

DECOMPOSITION
hammy, meaty, rancid, putrid, compost

Note: Do not deduct points in defects for aroma, bitterness or astringency—these are evaluated in their respective categories.

TIP

A maximum evaluation time of 10 minutes per sample is recommended.

Anexo C-1. Ficha de calidad Valle Singucate 1529

COOPERATIVA AGRARIA NORANDINO LTDA. Planta de Procesamiento de Cacao LABORATORIO DE CALIDAD																								
	N° CERTIFICADO 29-2019 REFERENCIA PC 1529																							
CERTIFICADO DE CALIDAD DE GRANOS DE CACAO																								
CLIENTE ORIGEN	NORANDINO																							
CLIENTE DESTINO	NORANDINO																							
TIPO DE CACAO	GRAN BLANCO																							
TIPO DE MUESTRA	INGRESO																							
COMENTARIOS	LOTE DE 155 SACOS DE CACAO																							
FECHA MUESTRA	23/03/2019																							
ORIGEN DE CACAO	VALLE DE SINGUCATE																							
CERTIFICACION	ORGANICO																							
ANALISIS DE LABORATORIO																								
HUMEDAD	Muestra1 6% Muestra2 5% Muestra3 6% Promedio 5.67%																							
CALIBRE	Prueba1 119.14 Prueba2 116.17 Promedio 117.66																							
APARIENCIA DEL GRANO																								
TAMAÑO	<table border="1"> <tr><td>PEQUEÑO</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>MEDIANO</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>GRANDE</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> </table>	PEQUEÑO	<input type="checkbox"/>	MEDIANO	<input type="checkbox"/>	GRANDE	<input checked="" type="checkbox"/>																	
PEQUEÑO	<input type="checkbox"/>																							
MEDIANO	<input type="checkbox"/>																							
GRANDE	<input checked="" type="checkbox"/>																							
FORMA	<table border="1"> <tr><td>ALARGADO</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>REDONDO</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	ALARGADO	<input checked="" type="checkbox"/>	REDONDO	<input type="checkbox"/>																			
ALARGADO	<input checked="" type="checkbox"/>																							
REDONDO	<input type="checkbox"/>																							
MALLAS	<table border="1"> <tr><td>DETALLE</td><td>CALIBRE</td><td>PESO</td><td>%</td></tr> <tr><td>PASILLA</td><td>PASILLA</td><td>4</td><td>0.40%</td></tr> <tr><td>CACAO SEGUNDA</td><td>< 0.8</td><td>47.98</td><td>4.80%</td></tr> <tr><td rowspan="2">CACAO EXPORTABLE</td><td>> 0.8-1.2 <</td><td>948.02</td><td>94.80%</td></tr> <tr><td>>1.2</td><td></td><td>0.00%</td></tr> <tr><td></td><td>1000</td><td></td><td>100%</td></tr> </table>	DETALLE	CALIBRE	PESO	%	PASILLA	PASILLA	4	0.40%	CACAO SEGUNDA	< 0.8	47.98	4.80%	CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	948.02	94.80%	>1.2		0.00%		1000		100%
DETALLE	CALIBRE	PESO	%																					
PASILLA	PASILLA	4	0.40%																					
CACAO SEGUNDA	< 0.8	47.98	4.80%																					
CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	948.02	94.80%																					
	>1.2		0.00%																					
	1000		100%																					
OLOR	YUTE																							
COLOR	<table border="1"> <tr><td>Marrón Claro</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Marrón Oscuro</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Almendra</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Marrón Rojizo</td><td><input checked="" type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Superficie blanca</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Superficie Negra</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> <tr><td>Otros</td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>	Marrón Claro	<input type="checkbox"/>	Marrón Oscuro	<input type="checkbox"/>	Almendra	<input type="checkbox"/>	Marrón Rojizo	<input checked="" type="checkbox"/>	Superficie blanca	<input type="checkbox"/>	Superficie Negra	<input type="checkbox"/>	Otros	<input type="checkbox"/>									
Marrón Claro	<input type="checkbox"/>																							
Marrón Oscuro	<input type="checkbox"/>																							
Almendra	<input type="checkbox"/>																							
Marrón Rojizo	<input checked="" type="checkbox"/>																							
Superficie blanca	<input type="checkbox"/>																							
Superficie Negra	<input type="checkbox"/>																							
Otros	<input type="checkbox"/>																							
COMENTARIO	4.80 % CACAO SEGUNDA 94.80 % CACAO GRANO EXPORTABLE																							
RESULTADOS PRUEBA DE CORTE																								
Prueba de Corte 50	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	PROMEDIO														
Violetas	11	9	20			-																		
Violetas Parcialmente Fermentadas	7	7	14			-																		
Violetas Fermentadas	5	5	10			-																		
Blanco No Fermentados	6	15	21			-																		
Blancos Parcialmente Fermentados	12	9	21			-																		
Blancos Fermentados	9	5	14			-																		
Fermentación Parcial	19	16	35			-																		
Fermentación Completa	14	10	24			-																		
TOTAL GRANO BLANCO	27	29	56			-																		
Total Fermentados	33	26	59			-																		
DEFECTOS	INCIDENCIA			COMENTARIO																				
	BAJA	MEDIA	ALTA	35% FERMENTACION PARCIAL 24% FERMENTACION COMPLETA 20% CACAO GRANO VIOLETA 56% CACAO GRANO BLANCO																				
Mohos																								
Pizarrosos																								
Atacado por insectos																								
Granos Pasilla																								
Germinados	X																							
Gemelos																								
RESULTADOS FINALES	ALTO PORCENTAJE DE GRANO VIOLETA						CALIFICACIÓN FINAL																	
	NIVEL OPTIMO DE DEFECTOS						ACEPTADO	X																
	BUENA APARIENCIA FISICA DEL GRANO						OBSERVADO																	
							RECHAZADO																	
							OTRO																	
	RESPONSABLE DE CALIDAD:						VB																	
																								

Anexo C-2. Ficha de calidad Charanal 1496

 COOPERATIVA AGRARIA NORANDINO LTDA. Planta de Procesamiento de Cacao LABORATORIO DE CALIDAD																																																																																
N° CERTIFICADO PCO-0130-2018 REFERENCIA PC 1496																																																																																
CERTIFICADO DE CALIDAD DE GRANOS DE CACAO																																																																																
CLIENTE	NORANDINO Fecha MUESTRA 14/11/2018																																																																															
CERTIFICACION	Convencional <input type="checkbox"/> Orgánico <input checked="" type="checkbox"/> Fairtrade <input type="checkbox"/> SPP <input type="checkbox"/> Otro:																																																																															
TIPO DE CACAO	Gran Blanco <input type="checkbox"/> Piura Blanco <input type="checkbox"/> Chulucanas <input checked="" type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Amazonas <input type="checkbox"/> Tumbes <input type="checkbox"/> Morropón <input type="checkbox"/>																																																																															
ORIGENES	CHARANAL																																																																															
MUESTRA	Ingreso <input checked="" type="checkbox"/> Preembarque <input type="checkbox"/> Embarque <input type="checkbox"/>																																																																															
COMENTARIOS	LOTE DE 143 SACOS																																																																															
ANALISIS DE LABORATORIO																																																																																
HUMEDAD	Muestra1 6% Muestra2 5% Muestra3 5% Promedio 5.17%																																																																															
CALIBRE	Prueba1 100.13 Prueba2 99.19 Promedio 99.66																																																																															
APARIENCIA DEL GRANO	<table border="0"> <tr> <td> PEQUEÑO <input type="checkbox"/> MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/> </td> <td>OLOR</td> <td> FERMENTADO <input type="checkbox"/> MARRÓN CLARO <input type="checkbox"/> MARRÓN OSCURO <input type="checkbox"/> ALMENDRA <input type="checkbox"/> MARRÓN ROJIZO <input checked="" type="checkbox"/> SUPERFICIE BLANCA <input type="checkbox"/> SUPERFICIE NEGRA <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> </td> </tr> <tr> <td> ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/> REDONDO <input type="checkbox"/> </td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	PEQUEÑO <input type="checkbox"/> MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/>	OLOR	FERMENTADO <input type="checkbox"/> MARRÓN CLARO <input type="checkbox"/> MARRÓN OSCURO <input type="checkbox"/> ALMENDRA <input type="checkbox"/> MARRÓN ROJIZO <input checked="" type="checkbox"/> SUPERFICIE BLANCA <input type="checkbox"/> SUPERFICIE NEGRA <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>	ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/> REDONDO <input type="checkbox"/>																																																																											
PEQUEÑO <input type="checkbox"/> MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/> GRANDE <input type="checkbox"/>	OLOR	FERMENTADO <input type="checkbox"/> MARRÓN CLARO <input type="checkbox"/> MARRÓN OSCURO <input type="checkbox"/> ALMENDRA <input type="checkbox"/> MARRÓN ROJIZO <input checked="" type="checkbox"/> SUPERFICIE BLANCA <input type="checkbox"/> SUPERFICIE NEGRA <input type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/>																																																																														
ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/> REDONDO <input type="checkbox"/>																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DETALLE</th> <th>CALIBRE</th> <th>PESO</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PASILLA</td> <td>PASILLA</td> <td>6.72</td> <td>0.67%</td> </tr> <tr> <td>CACAO SEGUNDA</td> <td>< 0.8</td> <td>58.73</td> <td>5.87%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CACAO EXPORTABLE</td> <td>> 0.8-1.2 <</td> <td>934.55</td> <td>93.46%</td> </tr> <tr> <td>>1.2</td> <td></td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1000</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	DETALLE	CALIBRE	PESO	%	PASILLA	PASILLA	6.72	0.67%	CACAO SEGUNDA	< 0.8	58.73	5.87%	CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	934.55	93.46%	>1.2		0.00%			1000	100%	COMENTARIO BUENA APARIENCIA FISICA DE GRANO 5.87% CACAO SEGUNDA 93.46% CACAO EXPORTABLE																																																								
DETALLE	CALIBRE	PESO	%																																																																													
PASILLA	PASILLA	6.72	0.67%																																																																													
CACAO SEGUNDA	< 0.8	58.73	5.87%																																																																													
CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	934.55	93.46%																																																																													
	>1.2		0.00%																																																																													
		1000	100%																																																																													
Prueba de Corte 50	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CORTE 1</th> <th>CORTE 2</th> <th>100%</th> <th>CORTE 1</th> <th>CORTE 2</th> <th>100%</th> <th>COMENTARIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Violetas</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td rowspan="10">NIVEL OPTIMO DE FERMENTACION 46% DE GRANO BLANCO 2% DE GRANO VIOLETA</td> </tr> <tr> <td>Violetas Parcialmente Fermentadas</td> <td>12</td> <td>8</td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Violetas Fermentadas</td> <td>15</td> <td>17</td> <td>32</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Blanco No Fermentados</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Blancos Parcialmente Fermentados</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>14</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Blancos Fermentados</td> <td>14</td> <td>16</td> <td>30</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fermentación Parcial</td> <td>19</td> <td>15</td> <td>34</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Fermentación Completa</td> <td>29</td> <td>33</td> <td>62</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>TOTAL GRANO BLANCO</td> <td>22</td> <td>24</td> <td>46</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> <tr> <td>Total Fermentados</td> <td>48</td> <td>48</td> <td>96</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>		CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	COMENTARIO	Violetas	1	1	2			-	NIVEL OPTIMO DE FERMENTACION 46% DE GRANO BLANCO 2% DE GRANO VIOLETA	Violetas Parcialmente Fermentadas	12	8	20			-	Violetas Fermentadas	15	17	32			-	Blanco No Fermentados	1	1	2			-	Blancos Parcialmente Fermentados	7	7	14			-	Blancos Fermentados	14	16	30			-	Fermentación Parcial	19	15	34			-	Fermentación Completa	29	33	62			-	TOTAL GRANO BLANCO	22	24	46			-	Total Fermentados	48	48	96			-
	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	COMENTARIO																																																																									
Violetas	1	1	2			-	NIVEL OPTIMO DE FERMENTACION 46% DE GRANO BLANCO 2% DE GRANO VIOLETA																																																																									
Violetas Parcialmente Fermentadas	12	8	20			-																																																																										
Violetas Fermentadas	15	17	32			-																																																																										
Blanco No Fermentados	1	1	2			-																																																																										
Blancos Parcialmente Fermentados	7	7	14			-																																																																										
Blancos Fermentados	14	16	30			-																																																																										
Fermentación Parcial	19	15	34			-																																																																										
Fermentación Completa	29	33	62			-																																																																										
TOTAL GRANO BLANCO	22	24	46			-																																																																										
Total Fermentados	48	48	96			-																																																																										
DEFECTOS	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>CORTE 1</th> <th>CORTE 2</th> <th>100%</th> <th>CORTE 1</th> <th>CORTE 2</th> <th>100%</th> <th>COMENTARIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mohos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td rowspan="7">SIN MOHO, SIN DEFECTOS</td> </tr> <tr> <td>Pizarrosos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Atacado por insectos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Granos Pasilla</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Germinados</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gemelos</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TOTAL DEFECTOS</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	COMENTARIO	Mohos							SIN MOHO, SIN DEFECTOS	Pizarrosos							Atacado por insectos							Granos Pasilla							Germinados							Gemelos							TOTAL DEFECTOS																											
	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	COMENTARIO																																																																									
Mohos							SIN MOHO, SIN DEFECTOS																																																																									
Pizarrosos																																																																																
Atacado por insectos																																																																																
Granos Pasilla																																																																																
Germinados																																																																																
Gemelos																																																																																
TOTAL DEFECTOS																																																																																
RESULTADOS FINALES	CUIDAR DE LA FERMENTACION Y EL SECADO DEL GRANO NIVEL PERMITIDO DE DEFECTOS <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">CALIFICACIÓN FINAL</th> </tr> <tr> <th>GRADO 1</th> <th>GRADO 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td></td> </tr> <tr> <td>ACEPTADO</td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>RECHAZADO</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	CALIFICACIÓN FINAL		GRADO 1	GRADO 2	X		ACEPTADO	<input checked="" type="checkbox"/>	RECHAZADO	<input type="checkbox"/>																																																																					
CALIFICACIÓN FINAL																																																																																
GRADO 1	GRADO 2																																																																															
X																																																																																
ACEPTADO	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																															
RECHAZADO	<input type="checkbox"/>																																																																															
RESPONSABLE DE CALIDAD	VB																																																																															

Anexo C-3. Ficha de calidad Paimas 1511

COOPERATIVA AGRARIA NORANDINO LTDA. Planta de Procesamiento de Cacao LABORATORIO DE CALIDAD																												
																												
N° CERTIFICADO	PCO-0145-2018																											
REFERENCIA	PC 1511																											
CERTIFICADO DE CALIDAD DE GRANOS DE CACAO																												
CLIENTE	NORANDINO																											
CERTIFICACION	Conventional <input type="checkbox"/> Orgánico <input checked="" type="checkbox"/> Fairtrade <input type="checkbox"/> SPP <input type="checkbox"/> Otro:.....																											
TIPO DE CACAO	Gran Blanco <input type="checkbox"/> Piura Blar <input checked="" type="checkbox"/> Chulucanas <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/> Amazonas <input type="checkbox"/> Tumbes <input type="checkbox"/> Morropón <input type="checkbox"/>																											
ORIGENES	PAIMAS																											
MUESTRA	Ingreso <input checked="" type="checkbox"/> Preembarque <input type="checkbox"/> Embarque <input type="checkbox"/>																											
COMENTARIOS	LOTE DE 212 SACOS																											
ANALISIS DE LABORATORIO																												
HUMEDAD	Muestra1 5% Muestra2 5% Muestra3 5% Promedio 4.67%																											
CALIBRE	Prueba1 108.1 Prueba2 103.22 Promedio 105.66																											
APARIENCIA DEL GRANO	<table border="0"> <tr> <td>PEQUEÑO <input type="checkbox"/></td> <td rowspan="3">OLOR</td> <td>GUARDADO</td> <td rowspan="3">COLOR</td> <td>Marrón Claro <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/></td> <td>HARINA</td> <td>Marrón Oscuro <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>GRANDE <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td>Almendra <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>Marrón Rojizo <input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>REDONDO <input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> <td>Superficie blanca <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Superficie Negra <input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>Otros <input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	PEQUEÑO <input type="checkbox"/>	OLOR	GUARDADO	COLOR	Marrón Claro <input type="checkbox"/>	MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/>	HARINA	Marrón Oscuro <input type="checkbox"/>	GRANDE <input type="checkbox"/>		Almendra <input type="checkbox"/>	ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/>			Marrón Rojizo <input checked="" type="checkbox"/>	REDONDO <input type="checkbox"/>			Superficie blanca <input type="checkbox"/>				Superficie Negra <input type="checkbox"/>				Otros <input type="checkbox"/>
PEQUEÑO <input type="checkbox"/>	OLOR	GUARDADO		COLOR		Marrón Claro <input type="checkbox"/>																						
MEDIANO <input checked="" type="checkbox"/>		HARINA				Marrón Oscuro <input type="checkbox"/>																						
GRANDE <input type="checkbox"/>			Almendra <input type="checkbox"/>																									
ALARGADO <input checked="" type="checkbox"/>			Marrón Rojizo <input checked="" type="checkbox"/>																									
REDONDO <input type="checkbox"/>			Superficie blanca <input type="checkbox"/>																									
			Superficie Negra <input type="checkbox"/>																									
			Otros <input type="checkbox"/>																									
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>DETALLE</th> <th>CALIBRE</th> <th>PESO</th> <th>%</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PASILLA</td> <td>PASILLA</td> <td>5.34</td> <td>0.53%</td> </tr> <tr> <td>CACAO SEGUNDA</td> <td>< 0.8</td> <td>82.27</td> <td>8.23%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">CACAO EXPORTABLE</td> <td>> 0.8-1.2 <</td> <td>912.39</td> <td>91.24%</td> </tr> <tr> <td>>1.2</td> <td></td> <td>0.00%</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>1000</td> <td>100%</td> </tr> </tbody> </table>	DETALLE	CALIBRE	PESO	%	PASILLA	PASILLA	5.34	0.53%	CACAO SEGUNDA	< 0.8	82.27	8.23%	CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	912.39	91.24%	>1.2		0.00%			1000	100%	COMENTARIO BUENA APARIENCIA FISICA 8.23% CACAO SEGUNDA 91.24% CACAO EXPORTABLE			
DETALLE	CALIBRE	PESO	%																									
PASILLA	PASILLA	5.34	0.53%																									
CACAO SEGUNDA	< 0.8	82.27	8.23%																									
CACAO EXPORTABLE	> 0.8-1.2 <	912.39	91.24%																									
	>1.2		0.00%																									
		1000	100%																									
Prueba de Corte 50	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	COMENTARIO																					
Violetas	5	5	10			-	45% ALTA FERMENTACION PARCIAL 10% CACAO GRANO VIOLETA 37% CACAO GRANO BLANCO																					
Violetas Parcialmente Fermentadas	17	15	32			-																						
Violetas Fermentadas	8	13	21			-																						
Blanco No Fermentados	3	3	6			-																						
Blancos Parcialmente Fermentados	7	6	13			-																						
Blancos Fermentados	10	8	18			-																						
Fermentación Parcial	24	21	45			-																						
Fermentación Completa	18	21	39			-																						
TOTAL GRANO BLANCO	20	9	37			-																						
Total Fermentados	42	42	84			-																						
DEFECTOS							COMENTARIO																					
Mohos	X						TEXTURA INTERMEDIA																					
Pizarrosos																												
Atacado por insectos																												
Granos Pasilla																												
Germinados				X																								
Gemelos				X																								
TOTAL DEFECTOS																												
RESULTADOS FINALES	CUIDAR MUCHO DE LA COSECHA DE FRUTOS, COSECHAR SOLO FRUTOS MADUROS.		CALIFICACIÓN FINAL		GRADO 1	GRADO 2																						
	EL ALTO PORCENTAJE DE FERMENTACION PARCIAL (45%), INDICA UNA FERMENTACION DEFICIENTE CON COSECHA DE FRUTOS PINTONES				X																							
					ACEPTADO	<input checked="" type="checkbox"/>																						
					RECHAZADO	<input type="checkbox"/>																						
	RESPONSABLE DE CALIDAD		VB																									

Anexo C-4. Ficha de calidad Quemazón 1554

	COOPERATIVA AGRARIA NORANDINO LTDA. Planta de Procesamiento de Cacao LABORATORIO DE CALIDAD									
	N° CERTIFICADO	100-2019	REFERENCIA	PC 1554						
CERTIFICADO DE CALIDAD DE GRANOS DE CACAO										
CLIENTE ORIGEN	LA QUEMAZON		FECHA MUESTRA	27/05/2019						
CLIENTE DESTINO	NORANDINO									
TIPO DE CACAO	GRAN BLANCO		ORIGEN DE CACAO	LA QUEMAZON						
TIPO DE MUESTRA	INGRESO		CERTIFICACION	ORGANICO						
COMENTARIOS	LOTE DE 107 SACOS DE CACAO									
ANALISIS DE LABORATORIO										
HUMEDAD	Muestra1	7%	Muestra2	7%	Muestra3	7%	Promedio	7.00%		
CALIBRE	Prueba1	114.87	Prueba2	108.14	Promedio	111.51				
APARIENCIA DEL GRANO										
TAMAÑO	PEQUEÑO	<input type="checkbox"/>	OLOR	PAN DE TRIGO		COLOR	Marrón Claro	<input type="checkbox"/>		
	MEDIANO	<input checked="" type="checkbox"/>		Marrón Oscuro	<input type="checkbox"/>					
	GRANDE	<input type="checkbox"/>		Almendra	<input type="checkbox"/>					
FORMA	ALARGADO	<input checked="" type="checkbox"/>	Marrón Rojizo	<input checked="" type="checkbox"/>						
	REDONDO	<input type="checkbox"/>	Superficie blanca	<input type="checkbox"/>						
MALLAS	DETALLE		CALIBRE	PESO	%	COMENTARIO	Superficie Negra	<input type="checkbox"/>		
	PASILLA		PASILLA	3.68	0.37%		7.16% CACAO SEGUNDA 92.47% CACAO GRANO EXPORTABLE	Otros	<input type="checkbox"/>	
	CACAO SEGUNDA		< 0.8	71.61	7.16%					
	CACAO EXPORTABLE		> 0.8-1.2 <	924.71	92.47%					
		> 1.2		0.00%						
			1000	100%						
RESULTADOS PRUEBA DE CORTE										
Prueba de Corte 50	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	CORTE 1	CORTE 2	100%	PROMEDIO
Violetas	8	7	15			-				
Violetas Parcialmente Fermentadas	5	5	10			-				
Violetas Fermentadas	6	8	14			-				
Blanco No Fermentados	7	5	12			-				
Blancos Parcialmente Fermentados	6	7	13			-				
Blancos Fermentados	18	18	36			-				
Fermentación Parcial	11	12	23			-				
Fermentación Completa	24	26	50			-				
TOTAL GRANO BLANCO	31	30	61			-				
Total Fermentados	35	38	73			-				
DEFECTOS			INCIDENCIA			COMENTARIO				
			BAJA	MEDIA	ALTA	23% FERMENTACION PARCIAL 50% FERMENTACION COMPLETA 15% CACAO GRANO VIOLETA 61% CACAO GRANO BLANCO				
Mohos										
Pizarrosos										
Atacado por insectos										
Granos Pasilla										
Germinados			X							
Gemelos			X							
RESULTADOS FINALES			PRESENCIA DE POLVILLO BLANCO SOBRE LA TESTA DEL GRANO 7.16% GRANO SEGUNDA 50% FERMENTACION COMPLETA			CALIFICACIÓN FINAL ACEPTADO <input checked="" type="checkbox"/> OBSERVADO <input type="checkbox"/> RECHAZADO <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>				
RESPONSABLE DE CALIDAD:			 VB							

Anexo D. Ejemplos fichas de degustación de muestras

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAÓ
 Ficha de Catación.

MUESTRA: MC-Vello Sangre (5)
 CATAADOR: Marianela Domínguez Vainza
 FECHA: 20-06-19

CATEGORÍA	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	7	Cacao, Aceite	7	XI = 7
Acidez	7	Acidulado	7	XI = 7
Amargor	7		7	XI = 7
Astringencia	7		7	XI = 7
Defectos	4	Acido, rancio	4	XI = 8
Sabor	5	Cacao	5	XI = 10
Pos gusto	5	Cacao, Placa	5	XI = 5
COMENTARIOS: Frijol Placa			PUNTOS DE CATAADOR: 5 XI = 5	
PUNTAJE FINAL				

ESCALA DE INTENSIDAD: 0-5 (Nada, Poco, Moderado, Mucho, Extremo)

ESCALA DE CALIDAD: 0-10 (Mala, Mala, Regular, Buena, Excelente)

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS: Escala circular con defectos: Amargo, Astringencia, Acidez, Aroma, Sabor, Posgusto.

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAÓ
 Ficha de Catación.

MUESTRA: Rainier (57)
 CATAADOR: H. GARCIA
 FECHA: 30/07/19

CATEGORÍA	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	7	Cacao, Chocolate	7	XI = 7
Acidez	6	Acidulo	6	XI = 6
Amargor	6		6	XI = 6
Astringencia	6		6	XI = 6
Defectos	7	Acido, Rancio, Tostado	7	XI = 7
Sabor	7	Cacao, Placa, Cacao, Placa	7	XI = 16
Pos gusto	7	Cacao, Placa, Cacao, Placa	7	XI = 7
COMENTARIOS: Frijol Placa, cafe y cacao para			PUNTOS DE CATAADOR: 7 XI = 7	
PUNTAJE FINAL				

ESCALA DE INTENSIDAD: 0-5 (Nada, Poco, Moderado, Mucho, Extremo)

ESCALA DE CALIDAD: 0-10 (Mala, Mala, Regular, Buena, Excelente)

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS: Escala circular con defectos: Amargo, Astringencia, Acidez, Aroma, Sabor, Posgusto.

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAÓ
 Ficha de Catación.

MUESTRA: Chavinal 1
 CATAADOR: Marianela Domínguez
 FECHA: 24-06-19

CATEGORÍA	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	6	Placa, Placa	6	XI = 6
Acidez	7	Acidulo	7	XI = 7
Amargor	8		8	XI = 8
Astringencia	8		8	XI = 8
Defectos	6	Acido, Rancio	6	XI = 12
Sabor	4	Cacao, Placa	4	XI = 14
Pos gusto	6	Cacao, Placa	6	XI = 6
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATAADOR: 6 XI = 6	
PUNTAJE FINAL				

ESCALA DE INTENSIDAD: 0-5 (Nada, Poco, Moderado, Mucho, Extremo)

ESCALA DE CALIDAD: 0-10 (Mala, Mala, Regular, Buena, Excelente)

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS: Escala circular con defectos: Amargo, Astringencia, Acidez, Aroma, Sabor, Posgusto.

ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAÓ
 Ficha de Catación.

MUESTRA: Rainier (7)
 CATAADOR: Esteban Vainza
 FECHA: 26-06-2019

CATEGORÍA	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Aroma	5	Medicamento, rancio	5	XI = 5
Acidez	7	Acidulo	7	XI = 7
Amargor	5	Acido, Rancio, Tostado	5	XI = 5
Astringencia	4		4	XI = 4
Defectos	5	Acido, Rancio, Tostado	5	XI = 10
Sabor	6	Cacao, Placa, Cacao, Placa	6	XI = 12
Pos gusto	5	Cacao, Placa, Cacao, Placa	5	XI = 5
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATAADOR: 6 XI = 6	
PUNTAJE FINAL				

ESCALA DE INTENSIDAD: 0-5 (Nada, Poco, Moderado, Mucho, Extremo)

ESCALA DE CALIDAD: 0-10 (Mala, Mala, Regular, Buena, Excelente)

TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS: Escala circular con defectos: Amargo, Astringencia, Acidez, Aroma, Sabor, Posgusto.

Anexo E. Fotografías del proceso general



Expertos catadores llenando las Fichas de Degustación de muestras.



Separación entre cascarilla y grano en recipientes distintos.



Muestra de licor de cacao recién preparada.



Algunas muestras preparadas, y granos durante el descascarillado.



Las 3 máquinas conchadoras del laboratorio, y parte de la instrumentación.



9 muestras de cacao envasadas y etiquetadas después del tostado.

Apéndices



Apéndice A. Resultados generales condensados.

Característica	Valle Singuate	Charamal	Paimas	Quemazón
N° lote	1529	1496	1511	1554
Tipo	Gran Blanco (Orgánico)	Chuhcanas (Orgánico)	Pira Blanco (Orgánico)	Gran Blanco (Orgánico)
Humedad inicial	5.60%	5.17%	4.67%	7%
Defectos iniciales	Ninguno	Ninguno	Mobos, granos gemelos y germinados	Granos gemelos y germinados
Fecha ingreso	23/03/2019	14/11/2018	20/06/2018	27/05/2019
Fecha evaluación	May-2019	Jun-2019	Jun-2019	Jul-2019
Muestras re-bechas	M4, M5, M7, M9	-	-	-
Aroma	Herbal en tostados bajos	Cereales cocidos leve	Dulce, chocolate	Dulce constante
	Dulce	Dulce incremental	Café en tostados bajos	Agrio o acético
Acidez	Calidad: 6.8	Calidad: 7	Agrio/acético (M2, M4, M8)	Fermento (M1, M4)
	Cáscara (limón y naranja)	Cáscara (naranja, limón, naracuyá)	Coccido/caliente: M5, M6	Calidad: 6.8
Amargor	Calidad: 6.8	Láctica (M1) y acética	Calidad: 6.8	Calidad: 7.1
	Cáscaras de cítricos, crudo, corteza	Corteza	Verde, habas verdes, corteza, cáscaras cítricos	Corteza, verde, café leve
Astringencia	Calidad: 6.4	Calidad: 7.4	Calidad: 6.9	Calidad: 6.9
	Calidad: 5.7	Calidad: 7	Madera/resna	Madera
Postgusto	Calidad: 5.85	Calidad: 6.1	Calidad: 6.2	Calidad: 6.8
	Herba, crudo, madera	Harina y amargo	Frutas verdes leve	Aciduke en tiempos largos
Puntaje catador	Calidad: 6.3	Calidad: 6.6	Calidad: 6.4	Calidad: 6.7
	Dulce incremental	Rancio y moho (M2, M5)	Amargo (M5, M6, M9)	Amargo o astringente
	Resna, metal (M8, M9)	Plano en tostado alto	Otros sabores aislados	Seco (M6, M8)
	Calidad: 5.85	Calidad: 6.1	Calidad: 5.9	Calidad: 6.3
	Calidad: 6.3	Calidad: 6.6	Calidad: 6.4	Calidad: 6.7

Apéndice A. Resultados generales condensados (continuación)

Característica	Valle Singucate	Charanal	Paimas	Que mazón
	6.1	6.3	6.2	6.7
Almuerzo/picante	M1, M4, M7	M1, M3, M5, M6, M7, M8		
Herbal/terro	M1, M2, M3			
Resina/madera	M6-M9		M1, M8, M9	
Agrio/ acético	M6-M9			Todos, excepto M3, M6
Metálico	M5-M9			
Moho/ viejo/ rancio				
Sobretostado o quemado		M1, M2, M4, M5, M7	M1, M2, M4	
Otros		M2, M5, M9	M5, M8	M3, M5, M9
		Cáscara naranja leve (M6, M9)	Acido (acético o láctico): M1-M3, M3-M8	
Calidad	6.5	7	6.7	6.8
Cacao	2.4	2.3	2.2	2.1
	Achocolatado	Achocolatado	Achocolatado	Achocolatado
Dulce	1.3	1.5	1.4	1.7
	Melaza, panela, miel, caramelo	Polen intermitente. Notas de miel, melaza, panela	Polen y miel Melaza leve	Complejo incremental Miel melaza, polen, algarrobina, panela, malta
Nuez	1.8	1.8	1.1	1
	Intermitente	Mani	Intermitente	Nuez y mani
Fruta seca	0.6	0.5	0	0.4
		Avellanas, almendras, pecanas		Pasas y guandones
Sabor	1.6	1.5	2.3	2
	Cítrico (limón, naranja), bananos maduros leve	Cítrico (naranja, limón, maracuyá)	Muy complejo	Complejo. Frutas maduras, bananas, frutos tropicales y cítricos)

Apéndice A. Resultados generales condensados (continuación)

Característica	Valle Singucate	Charanal	Païmas	Que mañón
Floral	X 0.6	X 0.2	X 0.1	X 0.1
Espicias	X 1.2 Madera (incremental)	X 0.5	X 0.5	X 0.1
Otros	X 0	X 0.5	X 1	X 0.8
Mejores muestras Peores muestras Calidad muestras	M1, M9, M8 M5 (contaminada) 63	M4, M8, M9 M2, M1, M5 68	M6, M3, M9 M7, M4, M2 64.5	M5, M3, M9 M2, M4, M7 67.6
Predilección de tostado	Medio-alto	Medio-alto	Alto. Tiempo largo.	Medio. Tiempo largo.
Efectos importantes	Cuadrado e interacción	Lineal y cuadrado	Lineal e interacción	Lineal
Factores significativos	Ninguno	Ninguno	Tiempo ($p=0.041$)	Ninguno (pero el tiempo tiene $p=0.51$)
R-cuadrado	68.79%	68.72%	73.62%	50.31%
R-cuad ajustado	16.79%	37.44%	57.78%	33.75%
Efectos importantes	Lineal + cuadrados	Lineal + interacción	Lineal	Lineal
R-cuadrado	64.27%	87.28%	56.06%	86.75%
Factores más influyentes	Tiempo (+2.5 de dispersión por +1 unidad	Tiempo (+2.7 de dispersión por +1 unidad	Tiempo (-0.07 de dispersión por +1 unidad	Tiempo (-0.26 de dispersión por +1 unidad

Leyenda					
Escala de intensidad	1	2	3	4	5
Símbolo de 'muestra'	M				
Puntaje de calidad del 1-10	'Calidad' de atributos				
suma de calidad de atributos	'Calidad de muestras'				