

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**EVALUACIÓN DE LA APTITUD DE DOCE GENOTIPOS DE FRÉJOL
ARBUSTIVO (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA EL PROCESO DE ENLATADO**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

**VILLACÍS CONRADO DANIELA ALEJANDRA
danyaleja@yahoo.com.mx**

**DIRECTOR: ING. VILLACRÉS POVEDA CLARA ELENA, Msc.
elenavillacres9@hotmail.com**

**CODIRECTOR: ING. IZURIETA AMORES OSCAR BOLÍVAR
bolivar.izurieta@epn.edu.ec**

Quito, Octubre, 2011

© Escuela Politécnica Nacional 2011
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Daniela Alejandra Villacís Conrado declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Daniela Alejandra Villacís Conrado

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Daniela Alejandra Villacís Conrado, bajo mi supervisión.

Ing. Elena Villacrés, Msc

DIRECTORA DE PROYECTO

Ing. Bolívar Izurieta

CODIRECTOR DEL PROYECTO

La presente investigación contó con el auspicio financiero del Proyecto: Combinación de métodos de mejoramiento convencional, molecular y participativo para mejorar fréjol andino para resistencia a estrés biótico y abiótico en Ecuador y Ruanda. El mismo que se ejecuta en Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, INIAP.

AGRADECIMIENTO

A Mis padres y hermanos, por su paciencia y por la perseverancia brindada, gracias por estar siempre conmigo aun cuando les costaba entenderme en ciertas cosas. Los amo. A mi familia por estar siempre pendientes y apoyándome.

A mi directora de tesis, Ing. Elena Villacrés Msc., por brindarme la oportunidad de realizar mi proyecto de titulación en la “Estación Experimental Santa Catalina, INIAP”; así como también, por su guía, paciencia y comprensión. Al Ing. Bolívar Izurieta, codirector de la tesis, por compartir sus conocimientos para la realización de este proyecto. Al Ing. Eduardo Peraltapor incentivar el consumo de leguminosas y granos andinos lo cual permitió la elaboración de este proyecto; a los Ingenieros Ángel Murillo, José Pinzón y Luis Egas por compartir su tiempo y experiencia. Al personal del laboratorio de Bioprocesos por darme una apertura amable y amigable en el desarrollo del producto

A Katty Avilés, Tefa Guerra y Jani Almache, gracias por su apoyo y amistad, hicieron de esta estadía un tiempo agradable y lleno de alegría. Recuerden si eres feliz y lo disfrutas es más que solo un “trabajo”.

A Pame Carlosama, Belen Riera, Fer Moreano y Joha Jara; compañeras y amigas de lucha en el laboratorio, gracias por todos esos momentos que pasamos, por la ayuda, el empuje y apoyo que aún siento.... ¡¡¡¡Lo logramos!!!!.

A mis amigos que me han acompañado durante toda mi vida universitaria Víctor Hugo Revelo y Maritza Sánchez siempre supimos trabajar y divertirnos; Evelyn Pacheco, porque nunca me dejaste caer y siempre estuviste pendiente, Jimena Caiza gracias por escucharme y compartir conmigo, Josethe Narvárez, gracias por brindarme una amistad sincera y comprensiva; Gabriela Hidrobo gracias por compartir los sueños y esperanzas.

A mis amigas Gabriela Martínez, Mayra Cumbal y Tanya Arias, son angelitos en mi vida, capaces y llenos de vida; son geniales; sigan adelante que van a ser buenas profesionales.

DEDICATORIA

A mis padres Gabriel y Teresa por su amor incondicional, apoyo constante y empeño por sacarnos adelante.

A mis hermanos José y Juan por siempre estar ahí a su manera acolitándome.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xiv
INTRODUCCIÓN	xvii
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	1
1.1 El fréjol (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).....	1
1.1.1 Generalidades	1
1.1.2 Origen	1
1.1.3 Identificación taxonómica	2
1.1.4 Descripción botánica	2
1.1.4.1 Raíz	3
1.1.4.2 Tallo	3
1.1.4.3 Hojas	3
1.1.4.4 Inflorescencia.....	4
1.1.4.5 Flores	4
1.1.4.6 Fruto.....	5
1.1.4.7 Semilla	5
1.1.4.8 Hábitos de crecimiento	5
1.1.5 Aspectos agroecológicos	6
1.1.5.1 Zonas productoras	7
1.1.5.2 Altitud.....	7
1.1.5.3 Temperatura	7
1.1.5.4 Precipitación.....	7
1.1.5.5 Suelo.....	7
1.1.5.6 Época de siembra	8
1.1.5.7 Cosecha	8
1.1.5.8 Almacenamiento.....	8
1.1.6 Tipos varietales principales	8
1.1.6.1 Genotipos en estudio	9
1.1.7 Composición nutricional	13
1.1.7.1 Hidratos de carbono	13
1.1.7.2 Grasas	14
1.1.7.3 Vitaminas	14
1.1.7.4 Oligoelementos.....	14
1.1.7.5 Proteínas	14
1.1.8 Otros componentes del fréjol.....	15
1.2 Tratamientos térmicos.....	17
1.2.1 Cinética de destrucción térmica.....	18
1.2.1.1 Tiempo de reducción decimal (D).....	18
1.2.1.2 Incremento térmico (z).....	18
1.2.2 Cuantificación de los tratamientos térmicos.....	19
1.2.3 Métodos para el tratamiento térmico en productos envasados	21
1.2.3.1 Pasteurización.....	21

1.2.3.2	Esterilización	21
1.2.3.3	Tyndalización	22
1.2.3.4	HTST (High Temperature, Short Time).....	22
1.2.3.5	Appertización	22
1.3	Proceso de enlatado de granos	22
1.3.1	Selección materia prima	22
1.3.2	Limpieza y lavado.....	23
1.3.3	Remojo y escurrido.....	23
1.3.4	Limpieza de latas	23
1.3.5	Llenado	23
1.3.6	Evacuación de aire	24
1.3.7	Cierre o sellado	24
1.3.8	Tratamiento térmico y enfriamiento	24
1.3.9	Cuarentena	25
1.4	Evaluación sensorial de alimentos	25
1.4.1	Degustación	26
1.4.2	Tipos de degustación	26
1.4.3	Tipos de pruebas	27
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	28
2.1	Materiales.....	28
2.1.1	Materia prima	28
2.2	Determinación de las características físico-químicas en estado nativo	29
2.2.1	Diseño experimental factores físicos y químicos	30
2.2.2	Análisis estadístico	30
2.3	Determinación de los parámetros tecnológicos apropiados..... para el proceso de enlatado	31
2.4	Evaluación del proceso calórico de esterilización.	31
2.4.1	Elaboración del producto enlatado	32
2.5	Determinación del efecto del procesamiento térmico.....	33
2.5.1	Diseño experimental factores físicos y químicos	34
2.5.2	Análisis estadístico	35
2.6	Análisis sensorial	35
2.6.1	Diseño experimental	36
2.6.2	Análisis estadístico	38
2.7	Identificación de los genotipos aptos para la industria del enlatado.....	38

2.8	Determinación de los costos de producción del fréjol enlatado	38
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
3.1	Determinación de las características físico-químicas en estado nativo	39
3.1.1	Características físicas	39
3.1.2	Características químicas	45
3.2	Determinación de los parámetros tecnológicos apropiados..... para el proceso del enlatado	55
3.3	Evaluación del proceso calórico de esterilización	65
3.4	Determinación del efecto del procesamiento térmico.....	66
3.4.1	Características físicas	66
3.4.2	Composición química.....	88
3.5	Análisis sensorial	99
3.5.1	Apariencia global del producto enlatado	102
3.5.2	Apariencia del líquido de cobertura	103
3.5.3	Olor	105
3.5.4	Sabor.....	107
3.5.5	Integridad del grano.....	108
3.5.6	Color del grano	110
3.5.7	Textura del grano.....	112
3.5.8	Apariencia general del producto enlatado seleccionado.....	115
3.5.9	Apariencia del líquido de gobierno de los genotipos seleccionado.....	116
3.5.10	Olor de los genotipos seleccionados.....	117
3.5.11	Sabor de los genotipos seleccionados.....	117
3.5.12	Integridad del grano de los genotipos seleccionados.....	118
3.5.13	Color del grano de los genotipos seleccionados.....	119
3.5.14	Textura del grano de los genotipos seleccionados.....	119
3.6	Identificación de los genotipos aptos para la industria de enlatado.....	121
3.7	Determinación de los costos de producción del fréjol enlatado	127
3.7.1	Inversión	129
3.7.1.1	Inversión fija.....	129
3.7.1.2	Capital de operaciones	131
3.7.2	Costo unitario del producto	134
3.7.2.1	Costos de producción.....	134
3.7.2.2	Gastos de ventas	135
3.7.2.3	Gastos de administración.....	135
3.7.2.4	Gastos de financiamiento.....	135
3.7.3	Ventas netas	136
3.7.4	Estado de pérdidas y ganancias	136
3.7.5	Punto de equilibrio	137

4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	139
4.1	Conclusiones	139
4.2	Recomendaciones	141
	BIBLIOGRAFÍA	143
	ANEXOS	149

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1. Hábitos de crecimiento del fréjol	6
Figura 2. Diagrama de flujo para la obtención de fréjol enlatado	32
Figura 3. Dureza de los genotipos de fréjol en estado nativo	41
Figura 4. Componentes del color de los genotipos rojos en estado nativo	44
Figura 5. Componentes del color de los genotipos negros en estado nativo	44
Figura 6. Componentes del color de los genotipos canarios en estado nativo	45
Figura 7. Contenido de almidón de los genotipos en estado nativo	46
Figura 8. Contenido de antocianinas en los genotipos en estado nativo	47
Figura 9. Contenido de taninos de los genotipos en estado nativo	48
Figura 10. Contenido de proteína de los genotipos de fréjol en estado nativo	49
Figura 11. a) Contenido de hierro y b) Contenido de zinc de los genotipos de fréjol en estado nativo	50
Figura 12. Diagrama del color CIELAB	53
Figura 13. Velocidad de hidratación de los genotipos muy pequeños	58
Figura 14. % Humedad de los genotipos muy pequeños	58
Figura 15. Velocidad de hidratación de los genotipos pequeños	59
Figura 16. % de Humedad de los genotipos pequeños	59
Figura 17. Velocidad de hidratación de los genotipos medianos	62
Figura 18. % de Humedad de los genotipos medianos	62
Figura 19. Velocidad de hidratación de los genotipos grandes	64
Figura 20. % de Humedad de los genotipos grandes	64
Figura 21. Largo de los genotipos de fréjol procesados	68
Figura 22. Ancho de los genotipos de fréjol procesados	69

Figura 23. Espesor de los genotipos de fréjol procesados	70
Figura 24. Dureza de los genotipos procesados	71
Figura 25. Componentes del color del fréjol rojo en el líquido de gobierno L1	74
Figura 26. Componentes del color del fréjol rojo en el líquido de gobierno L2	75
Figura 27. Componentes del color del fréjol negro, en el líquido de gobierno L1	76
Figura 28. Componentes del color del fréjol negro en el líquido de gobierno L2	77
Figura 29. Componentes del color del fréjol canario en el líquido de gobierno L1	78
Figura 30. Componentes del color del fréjol canario en el líquido de gobierno L2	78
Figura 31. Viscosidad del Líquido de Gobierno con (L1) y sin (L2) CaCl_2	83
Figura 32. Grado de Rotura de los genotipos de fréjol enlatados con (L1) y sin (L2) cloruro de calcio	85
Figura 33. Sólidos Suspendidos en el líquido de gobierno con (L1) y sin (L2) cloruro de calcio	87
Figura 34. Contenido de almidón del fréjol térmicamente procesado y envasado con dos líquidos de gobierno	91
Figura 35. Contenido de antocianinas en el fréjol procesado	92
Figura 36. Contenido de taninos en el fréjol procesado	93
Figura 37. Contenido de humedad del fréjol enlatado	95
Figura 38. Contenido de proteína del fréjol enlatado	96
Figura 39. Contenido de hierro del fréjol enlatado	97
Figura 40. Contenido de zinc del fréjol enlatado	98
Figura 41. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos negros	102
Figura 42. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos rojos	102
Figura 43. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos canarios	103
Figura 44. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos negros	104

Figura 45. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos rojos	104
Figura 46. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos canarios	105
Figura 47. Calificación promedio del olor en los genotipos negros	105
Figura 48. Calificación promedio del olor en los genotipos rojos	106
Figura 49. Calificación promedio del olor en los genotipos canarios	106
Figura 50. Calificación promedio del sabor en los genotipos negros	107
Figura 51. Calificación promedio del sabor en los genotipos rojos	107
Figura 52. Calificación promedio del sabor en los genotipos canarios	108
Figura 53. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos negros	108
Figura 55. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos rojos	109
Figura 55. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos canarios	110
Figura 56. Calificación promedio del color del grano en los genotipos negros	110
Figura 57. Calificación promedio del color del grano en los genotipos rojos	111
Figura 58. Calificación promedio del color del grano en los genotipos canarios	111
Figura 59. Calificación promedio de la textura del grano en los genotipos negros	112
Figura 60. Variación de la textura del grano en los genotipos rojos	112
Figura 61. Variación de la textura del grano en los genotipos canarios	113
Figura 62. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos seleccionados	116
Figura 63. Variación del líquido de gobierno de los genotipos seleccionados	116
Figura 64. Calificación promedio del olor de los genotipos seleccionados	117
Figura 65. Calificación promedio del sabor de los genotipos seleccionados	118
Figura 66. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos seleccionados	118
Figura 67. Calificación promedio del color de los genotipos seleccionados	119

Figura 68. Calificación promedio de la textura de los genotipos seleccionados	120
Figura 70. Diagrama del balance de masa para la obtención de enlatado de fréjol	128
Figura 71. Punto de equilibrio del enlatado de fréjol BRB 194	138

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 1. Identificación taxonómica del fréjol.....	2
Tabla 2. Características agronómicas de las variedades de fréjol en estudio	10
Tabla 3. Características morfológicas de las variedades de fréjol en estudio.....	11
Tabla 4. Características agronómicas de las líneas en estudio	13
Tabla 5. Características morfológicas de las líneas en estudio.....	13
Tabla 6. Composición nutricional del fréjol	15
Tabla 7. Potencial nutracéutico del fréjol	16
Tabla 8. Referencia de los métodos utilizados en los análisis químicos y físicos.....	29
Tabla 9. Tratamientos para la determinación de los factores físicos y químicos	30
Tabla 10. Referencia de los métodos utilizados en los parámetros	31
tecnológicos apropiados	
Tabla 11. Referencia de los métodos utilizados en la determinación.....	34
del efecto del procesamiento térmico	
Tabla 12. Tratamientos para la determinación de los factores físicos y químicos	34
Tabla 13. Composición del líquido de gobierno.....	35
Tabla 14. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel.....	36
de aceptabilidad de los genotipos rojos	
Tabla 15. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel.....	37
de aceptabilidad de los genotipos negros	
Tabla 16. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel.....	37
de aceptabilidad de los genotipos canarios	
Tabla 17. Tratamientos para los genotipos seleccionados.....	37
Tabla 18. Características físicas de los genotipos en estado nativo.....	40
Tabla 19. Componentes del color de los genotipos de fréjol en estado nativo.....	43

Tabla 20. Contenido de almidón, antocianinas y taninos de los genotipos de fréjol en estado nativo.....	46
Tabla 21. Contenido de Proteína, humedad, hierro y zinc de los genotipos de fréjol en estado nativo.....	48
Tabla 22. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de frejol.....	52
Tabla 23. Coeficiente de hidratación de los genotipos de fréjol.....	56
Tabla 24. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos de tamaño muy pequeño.....	57
Tabla 25. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los Granos Pequeños.....	58
Tabla 26. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos medianos.....	59
Tabla 27. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos grandes.....	63
Tabla 28. Proceso calórico de esterilización.....	65
Tabla 29. Tamaño y dureza de los genotipos de fréjol procesados.....	67
Tabla 30. Componentes del color en los genotipos de fréjol procesados.....	72
Tabla 31. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de fréjol, en el líquido de gobierno L1.....	79
Tabla 32. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de fréjol en el líquido de gobierno L2.....	80
Tabla 33. Características físicas del líquido de gobierno y del fréjol enlatado.....	81
Tabla 34. Escala Hedónica para la viscosidad.....	84
Tabla 35. Escala Hedónica para el grado de aglomeración.....	84
Tabla 36. Escala Hedónica para el grado de rotura.....	85
Tabla 37. Relación peso escurrido : peso inicial de grano remojado.....	86
Tabla 38. Contenido de almidón, antocianinas y taninos en el fréjol procesado.....	88
Tabla 39. Contenido de humedad, proteína, hierro y zinc en genotipos de fréjol térmicamente procesados.....	94
Tabla 40. Calificaciones promedio para atributos sensoriales de los genotipos negros.....	100

Tabla 41. Calificaciones promedio para atributos sensoriales.....	101
de los genotipos rojos	
Tabla 42. Calificaciones promedio para atributos sensoriales.....	101
de los genotipos canarios	
Tabla 43. Calificación ponderada de los atributos sensoriales para	114
los genotipos de frejol, color negro	
Tabla 44. Calificación ponderada de los atributos sensoriales para	114
los genotipos de frejol, color rojo	
Tabla 45. Calificación ponderada de los atributos sensoriales para	114
los genotipos de frejol, color canario	
Tabla 46. Variables respuesta del análisis sensorial de los genotipos escogidos	115
Tabla 47. Ponderación de las características de los genotipos seleccionados	120
Tabla 48. Calificación ponderada de los atributos sensoriales para determinar.....	121
el Índice de Calidad para enlatado	
Tabla 49. Calificación y ponderación de la base aceptable	122
Tabla 50. Calificación alcanzada en diferentes parámetros físicos,	123
para la determinación del índice de calidad para enlatado, ICP	
Tabla 51. Calificación total ponderada de los parámetros físicos	125
para varios genotipos de fréjol procesado	

ANEXOS

	PÁGINA
ANEXO I Métodos empleados en los análisis químicos	150
ANEXO II Métodos empleados en los análisis físicos	163
ANEXO III Métodos empleados en los parámetros tecnológicos apropiados	171
ANEXO IV Tabla estandarizada de la forma del fréjol	174
ANEXO V Hoja de evaluación sensorial	175
ANEXO VI Tabla de ponderación del análisis sensorial	176
ANEXO VII Tabla de ponderación del índice de calidad para enlatado	177
ANEXO VIII Codificación de las muestras del análisis sensorial	178
ANEXO IX Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para los parámetros físicos de los genotipos en estado nativo	179
ANEXO X Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para los parámetros químicos de los genotipos en estado nativo	186
ANEXO XI Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para los parámetros físicos de los genotipos procesados	187
ANEXO XII Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para los parámetros químicos de los genotipos procesados	198
ANEXO XIII Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para los parámetros físicos del enlatado	202

ANEXO XIV

Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para el primer análisis sensorial 208

ANEXO XV

Análisis de la varianza y prueba de tukey al 5% para el análisis sensorial definitivo 216

ANEXO XVI

Genotipos y equipos empleados 219

RESUMEN

La presente investigación se orientó a determinar la aptitud de doce genotipos de fréjol para el proceso de enlatado, mediante la aplicación de un tratamiento térmico y con base en la evaluación de parámetros físicos, nutricionales y sensoriales.

Con base en la caracterización física de los genotipos en estado nativo, se establecieron cuatro categorías de grano, en base al tamaño (muy pequeño, pequeño, mediano y grande). Con respecto al color, los genotipos se agruparon en rojos, negros y cremas, estos últimos denominados comúnmente como canarios. Como grano crudo, el genotipo Cóndor presentó la menor dureza (3,65mm) y el mayor contenido de proteína (29,97%), NSL el mayor contenido de almidón (74,51%), G21-212 el mayor contenido de antocianinas (534,34 mg antocianinas/100 g fréjol) y mayor contenido de hierro (89,24 ppm), BRB 195 el menor contenido de taninos (139,29 mg taninos/100 g fréjol) e ICA Quimbaya el mayor contenido de zinc (46,89 ppm).

En el ensayo de remojo se determinó que la velocidad de hidratación guarda relación con el tamaño del grano. Los de tamaño muy pequeño, tardaron entre 2 a 3 h para alcanzar el coeficiente de hidratación apropiado (1,8) para iniciar el procesamiento térmico del grano. Los granos de tamaño pequeño requirieron entre 3 a 5 h, los medianos de 5 a 7 h y los genotipos de tamaño grande alcanzaron el óptimo coeficiente de hidratación entre 6 a 8 h. Al final de período de remojo, el grano alcanzó una humedad entre 49 y 55 %.

Los diferentes genotipos de fréjol fueron envasados en dos líquidos de gobierno: L1 (cloruro de calcio, cloruro de sodio, azúcar, agua) y L2 (cloruro de sodio, azúcar, agua). Se aplicó un tratamiento térmico a 121°C, con diferentes tiempos de aplicación, según el genotipo de grano. Los enlatados se sometieron a cuarentena en condición acelerada (90% HR y 35 °C).

El grano térmicamente procesado fue caracterizado desde el punto de vista físico, químico y sensorial. Se determinó que la combinación genotipo-líquido de gobierno L1, presentó las mejores características en tamaño de grano, mayor

dureza, mejores características de color, menor viscosidad y sólidos suspendidos en el líquido de gobierno, menor grado de rotura y grado de aglomeración del grano, menor peso escurrido, mayor contenido de proteína, almidón, antocianinas, taninos, hierro y zinc, menor contenido de humedad. La relación genotipo-líquido de gobierno L2, presentó características opuestas.

El análisis del nivel de aceptabilidad reveló que el genotipo BRB 194 alcanzó la mayor preferencia entre los panelistas. Este material también presentó la mayor calificación total ponderada necesaria para el proceso de enlatado.

El análisis económico a nivel de planta piloto, determinó que el costo unitario de producción de cada unidad de producto procesado es igual a \$ 0,66. La rentabilidad calculada sobre el capital propio fue de 44,59 % y sobre la inversión total 26,75 %. El punto de equilibrio se alcanzó al operar el 54,74 % de la capacidad instalada.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la agroindustria busca mejorar los ingresos de los pequeños productores, así como también afianzar la seguridad alimentaria, por medio de la implementación de nuevos procesos de transformación que permitan dar un valor agregado a los productos primarios, así como también aumentar su tiempo de vida útil, debido a la creciente tendencia de los consumidores por los productos listos o preparados y el actual estilo de vida en el cual se demandan productos alimenticios listos para consumir.

La presente actividad como parte de las innovaciones para emprendimientos en fréjol, busca evaluar su utilización en la industria de enlatados, como una tecnología apropiada para evitar el deterioro de la calidad como lesiones de tipo físico, reacciones de oxidación, actividades enzimáticas y proliferación microbiana, garantizando un producto inocuo para el consumidor.

Dentro de los procesos de conservación térmica de alimentos, el enlatado es el más utilizado mundialmente debido a que ofrece las siguientes ventajas: hermeticidad del recipiente, lo que impide el paso de los microorganismos, resiste las altas temperaturas necesarias para la esterilización y resiste el maltrato en el transporte; además protege las vitaminas, minerales y el sabor de los alimentos, gracias a los últimos adelantos tecnológicos logrados en conservación térmica.

Los resultados de este estudio son de gran importancia para los productores, industriales e investigadores interesados en potenciar la aplicabilidad de los diversos genotipos de fréjol, innovando y ampliando las posibilidades de utilización, acceso a medianos y grandes mercados.

Finalmente, existe interés de los gobiernos locales del país, convenios y proyectos que apoyan el desarrollo del cultivo de fréjol en la zona norte (Carchi) e iniciativas para emprender en la agroindustria del fréjol de producción local. De otra parte, el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) del INIAP, ha receptado de la empresa privada su interés en variedades mejoradas de fréjol para la industria del enlatado

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 EL FRÉJOL (*Phaseolus vulgaris*L.)

1.1.1 GENERALIDADES

El frejol es uno de los cultivos importantes de leguminosas en el mundo. Históricamente ha estado asociado al desarrollo de las culturas prehispánicas y en la actualidad juega un papel primordial en la alimentación de gran parte de la población mundial, de manera muy especial de aquella que se encuentra en países poco industrializados, (Serrano, 2004; Shree, 1999).

El grano es una fuente importante de calorías, proteínas, vitaminas del complejo B como son la niacina, la riboflavina, el ácido fólico y la tiamina. Igualmente proporciona hierro, cobre, zinc, fósforo, potasio, magnesio, calcio y tiene un alto contenido de fibra. Esta leguminosa complementa a los cereales y demás alimentos ricos en carbohidratos, ya que aporta con nutrientes necesarios para el ser humano; además su ingesta contribuye a la disminución de los niveles de colesterol y riesgo de cáncer, (Nadal, 2004; Shree, 1999).

1.1.2 ORIGEN

Se han identificado dos centros de origen: uno situado en la zona andina y otro en la zona mesoamericana.

La semilla de tipo pequeño se expandió por Mesoamérica a través de México y América central, llegando por el Caribe hasta el norte de Sudamérica y Brasil; mientras que las semillas de tipo grande (tipo andino) llegaron a Europa tras el descubrimiento de América a través de España. En lo que respecta al continente africano el material llegó con el tráfico de esclavos y colonias y a los Estados Unidos, llevados por los colonos (Reyes, 2008; Nadal, 2004).

Más de cincuenta especies de *Phaseolus* se encuentran en América, pero solo cinco han sido domesticadas: *Phaseolus vulgaris*, *P. polyantus*, *P. coccineus*, *P. acutifolius* y *P. lunatus*.

El fréjol también se conoce como poroto, alubia, frijol, nuña, habichuela, vainita, caraota, feijao, haricot, common bean, snap bean, fagiolo, feijoeirs, poncha, etc. (Reyes, 2008; Ospina, 1981).

1.1.3 IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

La identificación taxonómica del fréjol se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Identificación taxonómica del fréjol.

Reino	Vegetal
División	Magnoliofitas
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Rósidas
Orden	Rosales
Familia	Leguminoseae
Subfamilia	Papilionideae
Tribu	Phaseolae
Subtribu	Phaseolinae
Género	Phaseolus
Especie	<i>Phaseolus vulgaris L.</i>

Fuente: Ospina, 1981

1.1.4 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

El género *Phaseolus* incluye alrededor de cincuenta y cinco especies de plantas anuales y semiperennes en las regiones templadas de los dos hemisferios, es difícil fijar un número definitivo de especies. Se enmarca dentro de la tribu

Phaseolae, subtribu Phaseolinae, en la que se han propuesto tres secciones: *Phaseolus*, *Alepidocalyx* y *Minkeliersia*. *Phaseolus vulgaris* L. es una especie diploide con $2n=2x=22$ (Reyes, 2008; Nadal, 2004)

1.1.4.1 Raíz

Posee un sistema radicular débil, superficial, formado por una raíz principal con abundantes raíces secundarias, tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos. Presenta nódulos distribuidos en las raíces laterales de la parte superior y media del sistema radical, lo cuales son colonizados por bacterias del género *Rhizobium*. En condiciones generales las raíces pueden alcanzar un metro de longitud (Nadal, 2004; Ospina, 1981).

1.1.4.2 Tallo

Es el eje principal de la planta, está formado por una sucesión de nudos y entrenudos. Es herbáceo y con sección cilíndrica o levemente angular. Puede ser erecto, semiprostrado o prostrado, de acuerdo al hábito de crecimiento de la variedad. El tallo puede ser glabro (sin pelos), con pelos cortos y/o largos; pero siempre se encuentran unos pelos pequeños en forma de gancho, llamados pelos unciculados (Ospina, 1981).

1.1.4.3 Hojas

Son de dos tipos: simples y compuestas; presentan estípulas. Las hojas primarias son simples, opuestas, cordiformes, unifoliadas, auriculadas y acuminadas, sus estípulas son bífidas. Las hojas compuestas son trifoliadas, ovaladas o triangulares, poseen una estípula de forma triangular (Ospina, 1981).

En las axilas de cada hoja trifoliada existe un conjunto de tres yemas, una central y dos laterales, denominadas triada. Según el hábito de crecimiento de la planta y

de la posición de la triada, su desarrollo estructural puede ser completamente vegetativo, floral y vegetativo y completamente floral (Nadal, 2004).

1.1.4.4 Inflorescencia

Pueden ser laterales o terminales, está formada por: pedúnculo, raquis, brácteas y botones florales. Son considerados ramilletes de triadas florales (racimo principal compuesto de racimos secundarios); en cada triada floral las dos yemas laterales producen dos flores visibles, mientras que la yema central puede producir un pequeño eje con otra triada floral (Ospina, 1981).

La estructura de la triada es repetitiva, teóricamente se puede esperar más de dos o tres inserciones florales por racimo en el raquis, y más de dos vainas por cada inserción (Ospina, 1981).

1.1.4.5 Flores

Es una flor papilionácea, de simetría bilateral y con las siguientes características: Un pedicelo glabro o subglabro con pelos uncinulados, en la base una pequeña bráctea no persistente, unilateral (bráctea pedicelar); el cáliz es gamosépalo, campanulado, con cinco dientes triangulares dispuestos como labios; la corola es pentámera, papilionácea y con tres pétalos no soldados. El androceo está formado por nueve estambres; el gineceo supero incluye el ovario comprimido (Ospina, 1981).

La morfología floral favorece al mecanismo de autopolinización, cuando se produce la dehiscencia de las anteras, el polen cae directamente sobre el estigma (Ospina, 1981).

1.1.4.6 Fruto

Es una vaina con dos valvas, las cuales provienen del ovario comprimido, dos suturas aparecen en la unión de las valvas: una es la sutura dorsal llamada placentar; la otra es la sutura ventral. Las semillas alternan en la sutura placentar (Ospina, 1981).

Las vainas son generalmente glabras o subglabras, a veces la epidermis es cerosa; puede ser de diversos colores, uniformes o con rayas (Ospina, 1981).

1.1.4.7 Semilla

Es exalbuminosa, se origina de un óvulo campilótropo. Sus partes externas son la testa, el rafe, hilum y micrópilo. Internamente está constituida solo por el embrión, el cual está formado por la plúmula, las dos hojas primarias, el hipocótilo, los cotiledones y la radícula. Puede tener varias formas (cilíndrica, de riñón, esférica u otras), color (blanco, rojo, crema, negro, café, etc.) y brillo (Ospina, 1981).

1.1.4.8 Hábitos de Crecimiento

En la figura 1, se distinguen los cuatro hábitos de crecimiento entre el fréjol arbustivo determinado e indeterminado (Nadal, 2004; Shree, 1999)

- **Tipo I:** Determinado arbustivo o trepador: El tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia. La floración y formación de vainas se ve afectada por el tiempo y espacio. El tallo principal es fuerte con un reducido número de nudos (5 a 10 comúnmente cortos). La altura puede variar entre 30 y 50 cm (Nadal, 2004; Ospina, 1981; Shree, 1999).
- **Tipo II:** Indeterminado Arbustivo: En estas plantas se produce una floración tras la cual los tallos continúan su crecimiento, desarrollando el tallo principal una guía de escaso crecimiento y sin aptitud para trepar. Nuevas ramas nacen del tallo principal con porte también erecto (Nadal, 2004; Ospina, 1981).

- **Tipo III:** Indeterminado, de tallo débil, postrado, no trepador o semitrepador: Las plantas presentan un hábito postrado o semipostrado (distinguiéndose el tipo IIIa o el IIIb, respectivamente), con una gran ramificación en los nudos bajos del tallo principal. La etapa de floración no es tan concentrada como en los tipos I y II (Nadal, 2004; Shree, 1999).
- **Tipo IV:** Indeterminado, de tallo débil, trepador: El tallo principal puede llegar a más de dos metros de altura y posee de 20 a 30 nudos. Este crecimiento presenta una fuerte dominancia apical. Dentro de este grupo se distinguen los tipos IVa (gran producción de nudos en el tallo principal luego de la floración y presencia de ramas laterales), y IVb (no presenta desarrollo de ramas laterales por lo que los frutos se distribuyen en los nudos superiores del tallo principal) (Nadal, 2004; Ospina, 1981).

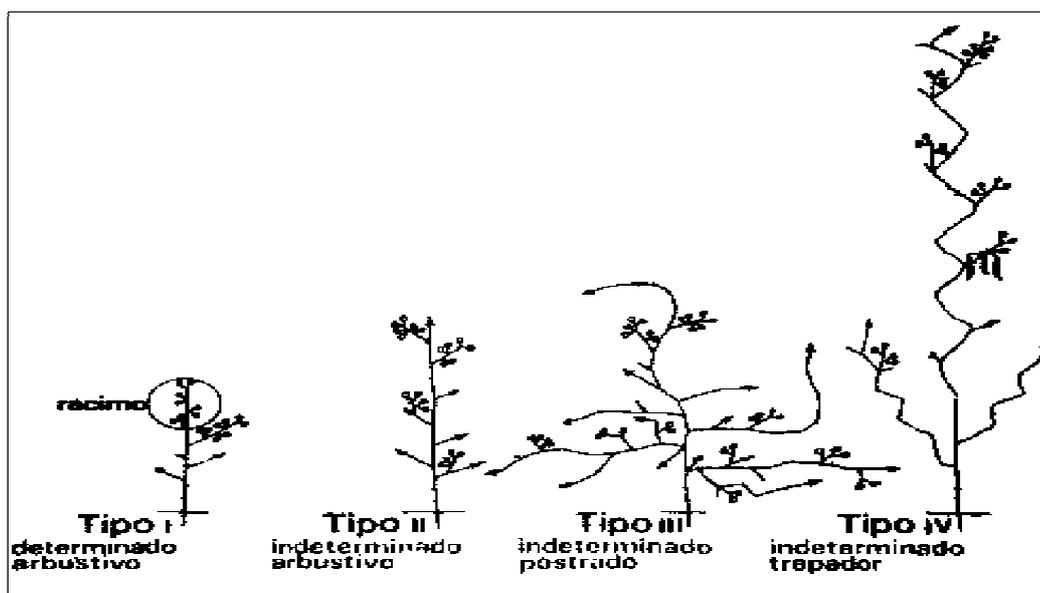


Figura 1. Hábitos de crecimiento del fréjol (FAO, 1984)

1.1.5 ASPECTOS AGROECOLÓGICOS

El fréjol es una planta anual, herbácea, intensamente cultivada desde el trópico hasta las zonas templadas, aunque es una planta termófila (no soporta heladas), (Ospina, 1981).

1.1.5.1 Zonas productoras

En el Ecuador las principales zonas de cultivo en la región Sierra son: Carchi, Imbabura, Pichincha, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Azuay, Loja (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.2 Altitud

El cultivo del fréjol se desarrolla mejor en climas cálidos, en altitudes comprendidas entre 200 y 2900 m.s.n.m. (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.3 Temperatura

Su temperatura óptima de crecimiento está entre 16-21°C, la temperatura máxima es de 27°C y la mínima es de 10°C (cero vegetación). Por encima de los 30°C las hojas tienden a caer, y sobre los 35°C no se produce ningún fruto (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.4 Precipitación

El cultivo requiere de 500 a 900 mm de precipitación en el ciclo y riego complementarios (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.5 Suelo

El suelo óptimo para su cultivo es el franco arcilloso limoso, con pH entre 5,5 y 7,5. Deben descartarse los arcillosos finos y los arenosos. Son plantas muy sensibles a la salinidad del suelo (Nadal, 2004). Son muy sensibles a concentraciones de Al, B, Mn y Na. Por debajo de un pH de 5,2 la toxicidad con Mn puede ser un serio problema. En suelos calizos, con pH superior a 7,2, se

podía ocasionar problemas de clorosis en las plantas por falta de asimilación de hierro y zinc(Nadal, 2004).

1.1.5.6 Época de siembra

Dependiendo de la zona en Ecuador las épocas de siembra están comprendidas entre febrero a abril, en la costa y septiembre a noviembre o diciembre, en la sierra(Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.7 Cosecha

La cosecha en vaina seca se realiza cuando la planta a alcanzado la madurez fisiológica (plantas completamente defoliadas, vainas secas y 18 a 20% de humedad en el grano) (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.5.8 Almacenamiento

Se debe almacenar el grano en lugares frescos y secos (10-12°C), con un 60% de humedad relativa, libres de gorgojo y con una humedad de grano inferior al 13% (Peralta *et al.*, 1998).

1.1.6 TIPOS VARIETALES PRINCIPALES

De entre todas las leguminosas, el fréjol es el que presenta mayor diversidad en coloración, tamaño y forma de las semillas.

Con respecto al color, existen cinco dominantes principales: negro (azul violáceo), violeta, rojo, marrón y blanco. En Latinoamérica se prefieren las que tienen un color de cubierta y de hilo fuerte y brillante (Nadal, 2004).

En lo referente al tamaño, se las puede clasificar en cuatro tipos: Red kidney beans (1,5 o más de longitud), Medium field beans (1,0-1,2 cm de longitud), Narrow beans (1-1,5 cm de longitud), Pea o navy bean (8mm o menos de longitud) (Nadal, 2004).

En cuanto a la forma, pueden ser con forma de riñón (kidney), cilíndricas, o redondeadas (Nadal, 2004).

1.1.6.1 Genotipos en estudio

Una de las estrategias del Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos (PRONALEG-GA) en el mejoramiento, es generar y seleccionar líneas de fréjol de diferentes colores, tanto para el mercado interno de consumo directo, como para la agroindustria y la exportación.

Se consideran como variedades a aquellos genotipos que han sido evaluados agrónomicamente (rendimiento, resistencia a enfermedades, calidad de grano y adaptación) y que cumplen con las exigencias del mismo; mientras que las líneas son aquellos genotipos que todavía se encuentran en evaluación.

A continuación en las Tablas 2, 3, 4 y 5 se detallan las características de los materiales utilizados.

Tabla 2. Características agronómicas de las variedades de fréjol en estudio

Genotipo	Háb. de crecimiento	Altitud cultivo (m.s.n.m.)	Altura de la planta (cm)	Días			Época de siembra	Rend. grano seco (t/ha)
				Floración	Madurez Fisiológica	Cosecha en seco		
INIAP 480(ROCHA)	Tipo I	1700-2400	30-35	45-47	85-95	95-105	Feb.-mar/ ago.-sept.	1,50-2,5
INIAP 420(CHOTA)	Tipo I	1400-2400	30-50	48-55	85-95	100-110	Feb.-mar/ sept.-oct.	1,20-2,2
INIAP 402	Tipo I	1600-2400	30-50	36-48	95	105	Feb.-mar/ ago.-sept.	1,61
BOLICHE 473 (ICA Quimbaya)	Tipo I	17-400	33-50	32-36	65-73	80-90	Abr.-may..	2,22
INIAP 482 (Afroandino)	Tipo II	1700-2400	80	39	90-100	115-120	Feb.-mar/ ago.-sept.	2,20-2,50
Cóndor	Tipo II	N.D	50-60	45-48	95	110-120	Feb.-mar/ ago.-sept.	2,13

Elaborada con datos tomados de (Peralta *et al.*, 2009; Kelly *et al.*, 2006; Murillo *et al.*, 2005; Guamán *et al.*, 2003; Villasís, 1988)

Tabla 3. Características morfológicas de las variedades de fréjol en estudio

Genotipo	Color del grano		Forma	Tamaño del grano	Vainas por planta	Granos por vaina
	Tierno	Seco				
INIAP 480(ROCHA)	Blanco	Amarillo	Redondeado ovoide	Mediano	10 -27	3-5
INIAP 420(CHOTA)	Blanco	Amarillo	Ovalado	Mediano	12-15	3-6
INIAP 402	Rosado	Rojo	Alargado Arriñonado	Grande	10	4
Boliche 473 (ICA Quimbaya)	Rosado	Rojo	Arriñonado	Grande	7-11	3-5
INIAP 482 (Afroandino)	Morado	Negro	Arriñonada	Pequeño	25-30	5-6
Cóndor	Morado	Negro	Arriñonada	Muy pequeño	17-19	3-5

Elaborada con datos tomados de (Peralta *et al.*, 2009; Kelly *et al.*, 2006; Murillo *et al.*, 2005; Guamán *et al.*, 2003; Villasís, 1988)

Tabla 4. Características agronómicas de las líneas en estudio

Genotipo	Hábito de crecimiento	Días			Rend. grano seco (t/ha)
		Floración	Madurez Fisiológica	Cosecha en seco	
BRB 194	Tipo I	46	65	80	1,20
BRB 195	Tipo I	46	65	80	2,20
DRK 105	Tipo I	34-51	70	85	1,84
Negro San Luis (NSL)	Tipo III	45-48	70	85	3,45
G21-212	Tipo II	52 - 55	85	100	1,33
L88-63	Tipo II	56	90	110	2,13

Elaborada con datos tomados de (CIAT, 1992; CIAT, 1994; PRONALEG-GA, 2007; PRONALEG-GA, 2009, PRONALEG-GA, 2010)

Tabla 5. Características morfológicas de las líneas en estudio

Genotipo	Color del grano	
	tierno	Seco
BRB 194	Rosado	Rojo
BRB 195	Rosado	Rojo
DRK 105	Rosado	Rojo
Negro San Luis (NSL)	Morado	Negro
G21-212	Morado	Negro
L88-63	Morado	Negro

Elaborada con datos tomados de (CIAT, 1992; CIAT, 1994; PRONALEG-GA, 2007; PRONALEG-GA, 2009)

1.1.7 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL

1.1.7.1 Hidratos de Carbono

Se encuentra en mayor cantidad, con valores medios por encima del 50% del peso seco, el almidón es el principal componente (Nadal, 2004).

1.1.7.2 Grasas

Presentan bajo contenido graso, alrededor del 2%. Las grasas que aportan las legumbres son ricas en ácidos grasos poliinsaturados, los principales son los ácidos oléico y linoléico, los cuales representan alrededor de las dos terceras partes del total de ácidos grasos en la semilla (Mataix, 2009; Nadal, 2004).

1.1.7.3 Vitaminas

Entre las hidrosolubles, poseen valor de medios a altos en tiamina (B₁; 0,3-1,0 mg/100g), niacina (contenido medio de 2mg/100g) y ácido fólico, e inferiores a la media en riboflavina (B₂; 0,1-0,4 mg/100g), ácido ascórbico (C; su escasa cantidad se elimina en la cocción) y ácido pantotéico (Nadal, 2004).

1.1.7.4 Oligoelementos

El calcio es abundante (entre 70 a 143 mg/100g), es buena fuente de hierro (7mg/100g), este es absorbido en un 10%. La absorción de estos dos se ve afectada por la presencia de ácido fítico y oxalatos (Mataix, 2009; Nadal, 2004).

1.1.7.5 Proteínas

Tienen un alto contenido proteico, superior al 20%; repartido en cuatro fracciones: 70% globulinas, 10-20% albuminas, 10-20% gluteinas, y cantidades residuales de prolaminas. Además poseen un alto valor biológico, el cual se ve limitado por el contenido de aminoácidos azufrados, pero son ricos en lisina (Mataix, 2009; Nadal, 2004).

Tabla 6. Composición nutricional del fréjol

Componente	Cantidades por 100 g de porción comestible
Proteína	21,4 g
Energía	304,6 kcal
Grasa	1,5 g
Carbohidratos	54,8 g
Fibra	21,3 g
Calcio	126 mg
Hierro	6,2 mg
Yodo	1,6 µg
Zinc	3,5 mg
Magnesio	163 mg
Sodio	40 mg
Potasio	1160 mg
Fósforo	400 mg
Ac. Ascórbico	3,4 mg
Vitamina E	2 mg
Ac. Fólico	316 µg
Tiamina	0,50 µg
Riboflavina	0,17 mg
Eq. de niacina	2,4 mg
Piridoxina B6	0,42 mg

Fuente: Mataix, 2009

1.1.8 OTROS COMPONENTES DEL FRÉJOL

Los fréjoles son considerados como una buena fuente de proteína, carbohidratos complejos, fibra dietaria y algunas vitaminas y minerales; pero además de estos componentes, los fréjoles son ricos en una variedad de fitoquímicos con potencial beneficio para la salud como los componentes polifenólicos, fibra, lecitina, ácido fítico e inhibidores de tripsina, entre otros; por lo cual son considerados como alimentos nutraceuticos o funcionales (Guzmán, 2002; Reynoso, 2006).

Según Kuklinski (2003), los alimentos presentan sustancias que pueden tener bajo o nulo valor nutritivo, pero al mismo tiempo confieren propiedades sensoriales u organolépticas únicas al producto, en cambio, según Nadal (2004) estas sustancias puede reducir la calidad, palatabilidad, y digestibilidad de los granos.

Todos estos factores se pueden ver reducidos en su contenido por medio de la aplicación de procesos térmicos o incluso con procesos de lavado.

En la Tabla 7, se presenta un resumen de los fitoquímicos presentes en el frejol y su potencial nutracéutico o funcional:

Tabla 7. Potencial Nutracéutico del Fréjol

Componente	Papel tradicional	Potencial nutracéutico
Nutricional		
Proteína	Fuente de aminoácidos	Alternativa a la proteína animal
Fibra	Reduce la constipación del sistema digestivo	Reducción del colesterol en sangre y requerimientos de insulina en sangre
Lípidos	Fuente de energía	
Carbohidratos	Fuente de energía	
Lisina	Aminoácido limitante	Tratamiento de herpes
Protección		
Polifenoles totales	Confieren resistencia a plagas de almacén. Dan color al caldo	Antioxidantes, reducción de problemas cardiovasculares
Ácido fítico	Fuente de fósforo durante la germinación	Antioxidante

Fuente: Guzmán, 2002

Tabla 7. Potencial Nutracéutico del Fréjol **Continuación...**

Antinutricionales		
Taninos	Reduce la asimilación de minerales y digestibilidad de proteína	Antioxidantes, antimutagénicos, disminución de PCV y los requerimientos de insulina
Inhibidores de tripsina	Disminuye la digestibilidad de proteína y el PER, alergénico ocupacional	Protección contra rotavirus, anti carcinogénesis, quimio protectores.
Lecitinas	Crecimiento del páncreas y ulceración del epitelio intestinal en ratas. Confiere resistencia a plagas de almacén.	Inhibición del crecimiento de linfomas, diagnóstico de tumores cancerosos.

Fuente: Guzmán, 2002

1.2 TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Son procesos que implican el calentamiento del alimento, ya sea dentro de un recipiente cerrado o pasando por un intercambiador de calor, con esto se favorece la inactivación de enzimas y eliminación de microorganismos de forma muy efectiva, también permite aumentar la digestibilidad de proteínas e hidratos de carbono, la biodisponibilidad de folatos y algunos carotenoides, también ayuda a destruir factores antinutricionales, aunque presenta el inconveniente de destruir nutrientes termolábiles y de acelerar las reacciones no enzimáticas (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003; Mataix, 2009).

En este tipo de tratamientos lo más adecuado es trabajar con altas temperaturas y tiempos cortos; estos parámetros están en función del alimento a ser procesado, así como también del tipo y cantidad de microorganismo que se desea eliminar. En el proceso se debe asegurar que el tratamiento térmico que sea adecuado, y reducir la contaminación post-proceso (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003).

Si el pH del alimento es ácido se requiere tratamientos térmicos suaves, mientras que si este es básico o neutro el tratamiento será más intenso (Kuklinski, 2003).

1.2.1 CINÉTICA DE DESTRUCCIÓN TÉRMICA

Para una conservación segura y adecuada, es preciso conocer la relación temperatura/tiempo para lograr la destrucción del máximo número de microorganismos con un cambio mínimo en las cualidades nutricionales y organolépticas. En el proceso se calculan y controlan dos parámetros el tiempo de reducción decimal (D) y el incremento térmico (z).

1.2.1.1 Tiempo de Reducción Decimal (D)

Es el tiempo necesario para reducir la población microbiana en un 90% o en un ciclo logarítmico a una temperatura determinada. El valor de D es diferente para cada microorganismo y mientras más alto sea este, mayor es la resistencia del microorganismo. Cuando se calcula el valor de D, como subíndice se adjunta la temperatura a la que realiza el proceso (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003).

Se emplea la siguiente fórmula para su cálculo (Mafart, 1994):

$$\log N = -\frac{t}{D} + \log N_0, \text{ o} \quad [1]$$

$$N = N_0 \times 10^{-\frac{t}{D}} \quad [2]$$

Donde:

N: Número de células supervivientes

N_0 : Tasa de la población inicial

t: Tiempo

D: Tiempo de reducción decimal

Por ejemplo, el tiempo de reducción decimal a 121,1°C del *Clostridium botulinum* es 0,21 minutos ($D_{121,1^\circ\text{C}} = 0,21$ minutos)

1.2.1.2 Incremento Térmico (z)

Es el aumento de temperatura necesario para reducir el tiempo de reducción decimal (D) una décima parte. Para la mayoría de los esporos resistentes al calor

z es 10°C, mientras que para las formas vegetativas es de 4-8 °C. un valor bajo de z indica que la reacción es muy sensible a la temperatura (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003).

Con la siguiente ecuación, se puede calcular la diferencia de temperatura z para la cual el tiempo de tratamiento debe ser multiplicado o dividido por un factor de 10 a fin de obtener un tratamiento térmico equivalente. Se llega a $z = 1/a$ (Mafart, 1994):

$$\log t = \frac{-(T-T^*)}{z} + \log t^*, \text{ o} \quad [3]$$

$$t = t^* \times 10^{-\frac{T-T^*}{z}} \quad [4]$$

Donde:

t= Tiempo

t* = Tiempo estándar

T= Temperatura

T* = Temperatura estándar

z= Incremento térmico

Ya que los tiempos de reducción decimal son valores particulares de t, la ecuación se aplica igualmente a D. Estos valores a la temperatura T están relacionados con el valor D* a la temperatura T* por la ley (Mafart, 1994):

$$D = D^* \times 10^{-\frac{T-T^*}{z}} \quad [5]$$

A partir de los valores D y Z se puede saber si un microorganismo es más o menos resistente. Valores elevados de Z y D indican elevada resistencia, lo cual obliga a aplicar tratamientos más intensos pero que pueden afectar a los componentes del alimento (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003)

1.2.2 CUANTIFICACIÓN DE LOS TRATAMIENTOS TÉRMICOS

Según el ámbito de aplicación, se emplean diversas escalas arbitrarias para cuantificar los tratamientos térmicos. Una combinación estándar de tiempo-temperatura (T*, t*) ha sido arbitrariamente elegida como unidad de tratamiento. Así pues, para la esterilización la unidad adoptada según Mafart, (1994) es:

$$T = 250 \text{ }^\circ\text{F} = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t^* = 1 \text{ min}$$

Con respecto a la pasteurización de bebidas, la unidad de pasteurización corresponde a:

$$T = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t^* = 1 \text{ min}$$

Para calcular el Fo existen algunos métodos pero el más empleado es el “método general reformado” por Ball. Para su utilización es necesario conocer:

- Incremento térmico (z)
- Tiempo de muerte térmica (F).
- Curva de penetración del calor.

$$F = 10^{\frac{T-T^*}{z}} xt \quad [6]$$

Donde:

T=121,1°C

T*= Temperatura en el punto frío del alimento

F=Tiempo de muerte térmica para cada temperatura de la curva de penetración de calor.

t= Tiempo

En esterilización se adopta la escala siguiente:

$$T^+ = 121,1 \text{ }^\circ\text{C}; z = 10 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para la pasteurización de bebidas:

$$T^+ = 60 \text{ }^\circ\text{C}; z = 7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Por razones de seguridad, el valor de esterilización que debe aplicarse se elige en función del microorganismo patógeno más resistente. Por ello en la appertización, se enfoca hacia la destrucción de esporas de *Clostridium botulinum* (Mafart, 1994).

Al obtener F se puede encontrar las letalidades como 1/F. Cuando las lecturas de temperatura en la curva de penetración de calor se obtienen en intervalos iguales

de tiempo, F_0 es la suma de todas las letalidades y se multiplica por el intervalo de tiempo. El número de unidades acumuladas a lo largo del tratamiento define el valor de esterilización, representado como F_0 .

1.2.3 MÉTODOS PARA EL TRATAMIENTO TÉRMICO EN PRODUCTOS ENVASADOS

1.2.3.1 Pasteurización

Este proceso consiste en la aplicación de temperaturas relativamente suaves, inferiores a 100°C, que se emplea en una amplia variedad de productos alimenticios. Generalmente se trabaja entre 75-85°C, pero depende del tipo de alimento. Con la pasteurización se destruyen microorganismos patógenos no esporulados y se reduce el número de microorganismos no patógenos, así como también se inactivan enzimas. Los alimentos pasteurizados deben conservarse refrigerados, y su vida útil no suele ser muy alta (2-4 días). Durante el proceso y almacenado, se pueden producir desnaturalización de proteínas, destrucción de aminoácidos, oxidación de lípidos, pardeamiento no enzimático y otras alteraciones (Brennan, 2006; Kuklinski, 2003; Mafart, 1994).

1.2.3.2 Esterilización

Se trabaja a una temperatura mayor a 100°C, generalmente entre 115-125°C, con lo que se consigue eliminar todos los microorganismos y se alarga considerablemente la vida útil del alimento. El inconveniente son las alteraciones que puede sufrir el alimento. La esterilización es más contundente que la pasteurización, tanto para los microorganismos como para el alimento. Las reacciones no enzimáticas y la oxidación de lípidos en un alimento esterilizado ocurren a una velocidad muy lenta (Kuklinski, 2003).

1.2.3.3 Tyndalización

Es una esterilización fraccionada discontinua. Se utiliza principalmente para microorganismos que producen esporas como formas de resistencia. Se hacen ciclos de calor y frío; con el calor se pretende que germinen las esporas y con el frío, se desarrollan para que el siguiente ciclo de calor pueda destruir las formas vegetativas resultantes (Kuklinski, 2003).

1.2.3.4 HTST (High Temperature, Short Time)

Son tratamientos térmicos a altas temperaturas (140°C) (high temperature, HT) durante un periodo de tiempo muy corto (2-4 segundos) (short time, ST). Se aplica sobre alimentos líquidos sobre todo la leche. El resultado es muy satisfactorio, porque se eliminan los microorganismos y el alimento prácticamente no sufre alteraciones apreciables. Según Kuklinski, (2003) existen dos tipos la UHT (Ultra High Temperature) que eleva la temperatura a 140°C durante 2 s, y Uperización que es un tratamiento con vapor de agua a 140°C durante 2-4 s.

1.2.3.5 Appertización

Es un tratamiento con calor, que consiste en esterilizar simultáneamente el contenido y el conteniente en autoclave; normalmente el envase es una lata metálica sellada tras el llenado (Mafart, 1994).

1.3 PROCESO DE ENLATADO DE GRANOS

1.3.1 SELECCIÓN MATERIA PRIMA

Generalmente se realiza considerando el tamaño, color, humedad del grano; también se considera que este libre de olores y sabores extraños,

magulladuras,entre otros criterios. Con esta selección el productor estará garantizando un producto de calidad (Quiminet, 2006; Sánchez, 2003).

1.3.2 LIMPIEZA Y LAVADO

Se hacen con el fin de quitar la tierra y la arena que traen los granos y las bacterias provenientes del suelo, separar material extraño, como hojas, piedras, tallos, etc, eliminar residuos de fungicidas adicionados durante el cultivo, que además de ser tóxicos pueden alterar el sabor, el color y ocasionar corrosión en los envases, ya que estos fungicidas contienen compuestos azufrados, clorados, nitrogenados (Quiminet, 2006).

1.3.3 REMOJO Y ESCURRIDO

Se someten los granosa un remojo, con lo que se consigue aumentar el volumen del grano y disminuir la dureza del mismo.En esta etapa se debe tener en cuenta la proporción de calcio en el agua (Sánchez, 2003). Una vez terminado el proceso se procede a escurrir los granos.

1.3.4 LIMPIEZA DE LATAS

El lavado interno de las latas es una práctica necesaria para asegurar una efectiva eliminación de todo tipo de suciedad, polvo, microorganismos y material extraño. Esta limpieza se efectúa con agua tratada de buena calidad; algunas veces se utilizan desinfectantes no tóxicos para tal propósito (Quiminet, 2006).

1.3.5 LLENADO

El llenado se realiza envasando los granosy el líquido de cobertura, el cual puede ser salmuera, jarabe, salsa, o una base (Quiminet, 2006).El producto

uniformemente en el envase, sin presionar los granos en el envasado, dejar el espacio de cabeza suficiente y llenar completamente el envase con el líquido de cobertura (Sánchez, 2003).

1.3.6 EVACUACIÓN DE AIRE

Se elimina el aire antes del sellado del envase, con el objeto de prevenir una presión excesiva dentro del envase y disminuir la probabilidad de rotura en el sellado. Para realizar el evacuado se emplean cuatro métodos: vacío mecánico, evacuación térmica, llenado en caliente y cerrado con corriente de vapor (Brennan, 2006).

1.3.7 CIERRE O SELLADO

Se realiza inmediatamente luego de la evacuación de aire (Sánchez, 2003). Para lograr el cierre de las latas se emplea el proceso de doble sutura, comprobándose la integridad del cierre mediante inspección visual, tirando del cierre, mirando la solapa y comprobando la hermeticidad (Brennan, 2006).

1.3.8 TRATAMIENTO TÉRMICO Y ENFRIAMIENTO

Los envases se esterilizan en autoclaves, el calentamiento se puede realizar mediante: vapor de agua, agua caliente presurizada o con mezclas de vapor/aire. Previo al proceso se debe purgar el autoclave (eliminar el aire). Cada producto tiene su temperatura y tiempo de calentamiento, que se establece para asegurar el alcance del valor F_0 apropiado; asegurando 12D reducciones para *C. botulinum* se obtiene un producto seguro. El tratamiento térmico consta de tres fases: elevación de la temperatura hasta el nivel deseado, mantenimiento a una temperatura determinada durante un cierto tiempo, y disminución de la temperatura (Brennan, 2006; Sánchez, 2003).

Los envases deben ser enfriados lo más rápidamente posible hasta una temperatura de 35 - 40°C. A medida que el producto se enfría desciende la presión dentro de la lata (la presión del autoclave debe bajar igual que la presión del envase), esto se realiza empleando una combinación de agua fría y aire comprimido, evitando así un descenso súbito de la presión causada por la condensación del vapor (Brennan, 2006).

1.3.9 CUARENTENA

La cuarentena es una prueba que se realiza una vez finalizado el proceso de enlatado. Esta consiste en seleccionar muestras aleatorias de cada lote de producción que se almacenan por un periodo de diez días, a temperatura de 37 a 55 °C, según el tipo de alimento, para finalmente analizar las características organolépticas y fisicoquímicas del alimento, además el aspecto interno y externo del envase (Quiminet, 2006).

Una vez terminado el proceso de cuarentena, se procede a etiquetar las latas para luego almacenarlas y empacarlas.

1.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS

En la industria alimenticia la necesidad de saber los gustos de los consumidores es una herramienta invaluable ya que permite conocer y valorar las cualidades organolépticas del producto que elabora. Este análisis se realiza mediante los sentidos, obteniendo datos cuantificables y objetivos (Carpenter, 2000).

El análisis sensorial es una herramienta más del control de la calidad total de la empresa, y es orientado de acuerdo al uso que se requiera dentro de la misma, es decir, puede ser empleado en: el control del proceso de fabricación (ej. Selección materias primas), control del producto (ej. Influencia del almacenamiento) o control de mercados (ej. opinión del consumidor) (Carpenter, 2000).

1.4.1 DEGUSTACIÓN

Degustar un alimento es probarlo con la intención de valorar su calidad organoléptica global en función de un modelo psicológico y real establecido a priori, con la posibilidad de que el modelo sea diferente según el lugar donde se ensaye (Sancho, 2002).

El degustador es una persona seleccionada y entrenada para valorar sensorialmente un alimento, expresa su opinión de forma preferentemente numérica para cada variable estudiada (Sancho, 2002).

El conjunto de datos de un grupo de degustadores, permite el manejo estadístico de estos valores al objeto de determinar el grado de certeza en la igualdad o diferencia de los productos comparados (Sancho, 2002).

1.4.2 TIPOS DE DEGUSTACIÓN

Se puede considerar que hay tres tipos de degustación: analítica, técnica y hedónica.

La degustación analítica tiene por finalidad separar, ordenar y finalmente dentro de lo posible, identificar las impresiones dominantes. Es la interpretación de un conjunto de sensaciones que se perciben simultánea o sucesivamente (Sancho, 2002).

La degustación técnica, pretende juzgar las cualidades comerciales del producto, siendo exclusiva y eliminatoria, ya que debe evaluar si tiene o no el nivel de calidad que se pretende y además debe permitir apreciar los defectos, conociendo su causa (Sancho, 2002).

La degustación hedónica, persigue el placer de comer o beber, desea extraer la quintaesencia del producto, para lo cual se le coloca en las mejores condiciones posibles. Se trata de comer o beber inteligentemente, o sea aprovechar todo lo que el producto puede ofrecer al catador (Sancho, 2002).

1.4.3 TIPOS DE PRUEBAS

Existen tres tipos de pruebas fundamentales en la evaluación sensorial, estas son: de preferencia o aceptación, discriminación o diferencia y descriptivas.

Las pruebas de preferencia o aceptación, son aquellas en las que el panel o equipo de catadores clasifica las muestras de acuerdo a su nivel de preferencia por una u otra. Estas pruebas se realizan con consumidores (Fortín, 2001; Sancho, 2002).

Las pruebas descriptivas, son aquellas que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o patrones definidos previamente (Sancho, 2002).

Las pruebas discriminatorias o de diferencia, son aquellas que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. En su respuesta, el panelista no tiene en cuenta sus gustos particulares. Con esta prueba se puede determinar si ha ocurrido un cambio perceptible en la apariencia, sabor o textura de un alimento como resultado de su almacenamiento (Fortín, 2001; Sancho, 2002).

Dentro de las pruebas discriminatorias tenemos la prueba de diferenciación por escalas, esta permite conocer las variantes más aceptadas de una fórmula o cual es el mejor producto de un conjunto; los catadores no son experimentados y clasifican las muestras de acuerdo a una escala o una clasificación de primero a ultimo (Sancho, 2002).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los genotipos de frejol empleados fueron cosechados en la Granja experimental Tumbaco adjunta a la Estación Experimental Santa Catalina, se escarificaron, ventearon y clasificaron, para ser almacenados a temperatura ambiente.

Para los análisis realizados se empleó el grano entero, testa del grano y harina a partir del mismo.

En una primera etapa se realizó un análisis sensorial mediante una escala hedónica de siete puntos para determinar el genotipo que presente mayor aceptabilidad por parte del consumidor. La evaluación se hizo por grupos conformados por los genotipos negros, rojos y canarios. A los genotipos seleccionados de los diferentes grupos se les realizó un nuevo análisis sensorial para determinar el genotipo de frejol más aceptado.

En la fase final de este estudio, se realizó un análisis de costos para estimar el costo de producción a escala piloto.

2.1 MATERIALES

2.1.1 MATERIA PRIMA

Para el desarrollo del presente estudio se usó como materia prima genotipos de fréjol seco (*Phaseolus vulgaris L.*) rojos, negros y canarios. Los genotipos fueron suministrados por el Programa Nacional de Leguminosas y Granos Andinos PRONALEG-GA,

En el proceso de enlatado se empleó líquido de gobierno, el cual se elaboró a partir de cloruro de sodio (NaCl); cloruro de calcio (CaCl₂); azúcar (C₆H₁₂O₆); y, agua (H₂O), y latas esmaltadas tall 300 (214x407).

2.2 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EN ESTADO NATIVO

Se determinaron las siguientes características químicas y físicas:

Tabla 8. Referencia de los métodos utilizados en los análisis químicos y físicos (ANEXO 1 y 2)

Análisis	Muestra	Método
Proteína*	Frejol nativo y procesado	Método de la A.O.A.C., Official Methods of Analysis, 1998, y se calculó como % de proteína.
Almidón	Frejol nativo y procesado	Método descrito por Egan (1988); mediante el polarímetro ATAGO, modelo POLAX2
Hierro* y Zinc*	Frejol nativo y procesado	Método descrito por Fick (1989), y se calculó como % de cada mineral.
Antocianinas	Testa de frejol nativo y procesado	Método descrito por Huang (2006); mediante el espectrofotómetro HACH, modelo DR/5500.
Taninos	Testa de frejol nativo y procesado	Método de la A.O.A.C., Official Methods of Analysis, 1964, adaptado en el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, los resultados se expresaron en mg taninos/g muestra; mediante el espectrofotómetro HACH, modelo DR/5500.
Forma	Frejol nativo	Tablas estandarizadas para fréjol de Genchev (2005). ANEXO 4
Tamaño	Frejol nativo y procesado	Mediante el uso del paquímetro digital (MITUTOYO, modelo CD8'' C-B), se midió el largo, ancho y espesor. Los datos fueron reportados en milímetros (IPGRI, 1996).
Dureza	Frejol nativo y procesado	Mediante el uso del penetrómetro de precisión (Junior Penetrometer K-195-10P), con diámetro del punzón de 1mm, los resultados se expresaron en mm de penetración.
Color	Frejol nativo y procesado	Se realizó en la testa del grano, mediante el uso del colorímetro Expectro color (DR LANGE spectro-color, modelo LZM 268); los resultados se expresaron en claridad (L*), Matiz (H°); Cromaticidad ©, coordenada "a" y coordenada "b".
Humedad*	Frejol nativo y procesado	Método de la A.O.A.C., Official Methods of Analysis, 2000, 925.1, Adaptado al departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, y se calculó como % de humedad.

*Se realizó en el laboratorio certificado LSAIA del departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

2.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para el tamaño y la textura se aplicó un diseño completamente al azar con seis repeticiones. Para el peso de 100 semillas, color, antocianinas, taninos y almidón se aplicó un diseño completamente al azar con tres repeticiones. Los tratamientos se describen en la tabla 9.

Tabla 9. Tratamientos para la determinación de los factores físicos y químicos

Tratamientos	Descripción
T1	Genotipo BRB 195
T2	Genotipo BRB 194
T3	Genotipo INIAP 402
T4	Genotipo DRK 105
T5	Genotipo ICA Quimbaya
T6	Genotipo Cóndor
T7	Genotipo L88-63
T8	Genotipo G21-212
T9	Genotipo NSL
T10	Genotipo INIAP 482
T11	Genotipo Rocha
T12	Genotipo Chota

2.2.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico Infostat para Windows, versión 5.1. Los resultados de la prueba de significación de Tukey al 95 % se presentan en el Anexo 8 y 9.

2.3 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS TECNOLÓGICOS APROPIADOS PARA EL PROCESO DE ENLATADO

Dos parámetros importantes previo el proceso de enlatado son el coeficiente y la velocidad de hidratación. Para cuya determinación se procedió a remojar el grano, se realizó con tres repeticiones, a temperatura ambiente (17°C) y con un contenido en calcio de 100 ppm en el agua utilizada; se mantuvo una proporción de 3:1 (v/p) de agua en relación al grano de fréjol, el muestreo se realizó con cien semillas pesadas, con un máximo de 14% de humedad.

Tabla 10. Referencia de los métodos utilizados en los parámetros tecnológicos apropiados (ANEXO 3)

Análisis	Muestra	Método
Coeficiente de hidratación	Frejol nativo	Se realizó en el grano, mediante la balanza digital de precisión Adventurer Pro, modelo AV 213, el resultado es la relación del peso de los granos secos con los granos luego del remojo.
Velocidad de hidratación	Fréjol nativo	Se realizó en el grano, mediante la balanza digital de precisión Adventurer Pro, modelo AV 213, el resultado es la relación de la variación del peso con respecto al tiempo, expresado en g/h.
Humedad	Frejol nativo	Se realizó en el grano, mediante la relación de peso tomado luego de escurrir menos el peso inicial en base seca con el peso final, expresado en %.

2.4 EVALUACIÓN DEL PROCESO CALÓRICO DE ESTERILIZACIÓN.

Para la evaluación del proceso calórico de esterilización se determinó el tiempo de proceso para llegar a una muerte térmica (F_0) igual a 7, a una temperatura de 121 °C, para cada genotipo de fréjol, mediante el uso del medidor de temperatura del autoclave Ellab a/s Copenhagen, modelo CTF 9004.

2.4.1 ELABORACIÓN DEL PRODUCTO ENLATADO

La técnica utilizada se presenta en el diagrama de flujo de la Figura 2.

- **Recepción y selección:** Se realizó una inspección del fréjol empleado, se determinó la humedad inicial del grano, y se separó todo material extraño como piedras, palos, otros granos, así como también los granos dañados.
- **Pesado:** Se empleó la balanza Scout OHAUS, modelo SC2020, registrando la cantidad total de fréjol a emplearse en el proceso.

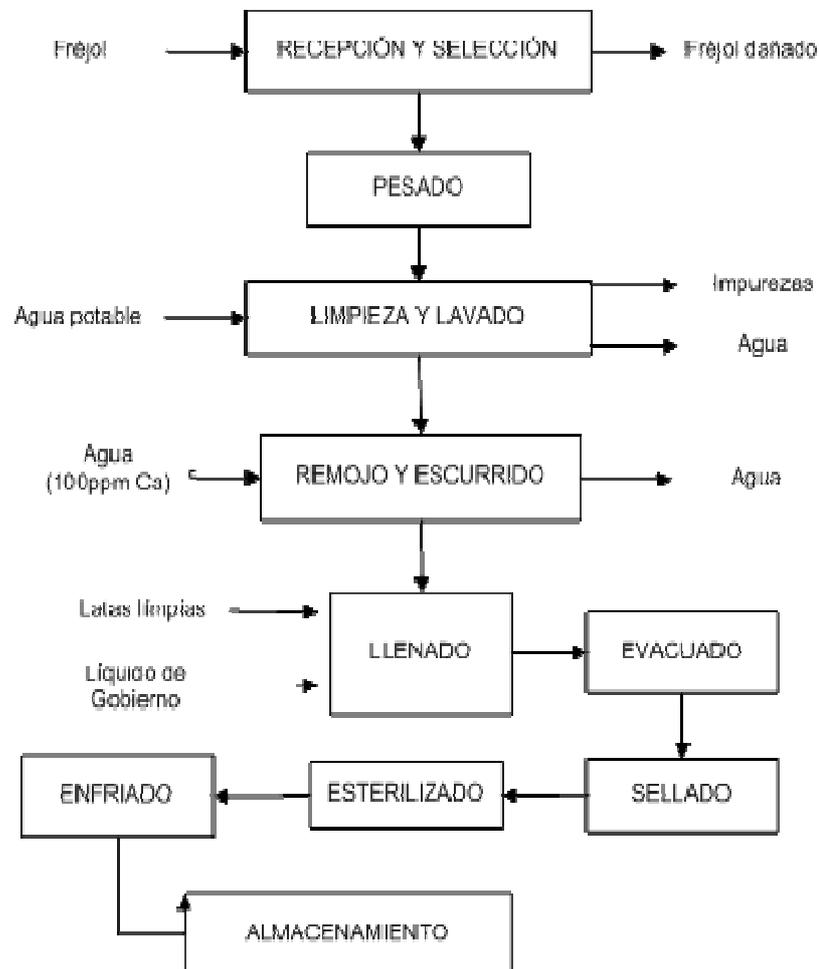


Figura 2.Diagrama de flujo para la obtención de fréjol enlatado

- **Limpieza y lavado:** Se empleó agua potable para lavar y el grano de fréjol

- **Remojo y escurrido:**Mediante ensayos realizados en 2.3.2 se determinó el tiempo de remojo apropiado para cada genotipo en estudio. El remojo se realizó en agua potable con un contenido promedio de calcio de 100 ppm. Al término del remojo el grano fue escurrido durante 15 min en un tamiz.
- **Pesado:**Se empleó una balanza Scout OHAUS, modelo SC2020, se pesó la cantidad de fréjol a envasarse en cada lata.
- **Llenado:**Se procedió al llenado de las mismas con el líquido de gobierno, el cual fue calentado en una marmita Denver, modelo TDC/2-20. Previamente se lavó las latas.
- **Evacuado:**Se colocó las latas en el equipo de laboratorio para realizar el evacuado, durante 4 min.
- **Sellado:**Se colocó la lata en la selladora Dixie Automatic can Sealer, modelo 315P102-A, y se procedió a sellar manualmente.
- **Esterilizado:**Se colocó las latas en el autoclave New Brunswick Scientific, modelo AE15-10, durante un tiempo determinado para cada genotipo, se registró el cambio de temperatura por medio del medidor de temperatura del autoclave Ellab a/s copenhagen, modelo CTF 9004.
- **Enfriado:**Se inyectó agua fría al autoclave para comenzar el proceso de enfriado hasta que las latas alcancen una temperatura de 40°C.
- **Almacenado:**Se almacenó las latas durante 10 días en una cámara de maduraciónmarca BURROWS, modelo T675A 1011L, a 35°C y 90%HR.

2.5 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESAMIENTO TÉRMICO

Terminado el tiempo de cuarentena (10 días) se abrió las latas con la ayuda de un abre lata manual y se determinaron los parámetros planteados en la Tabla 8 y además se determinaron también los siguientes:

Tabla 11. Referencia de los métodos utilizados en la determinación del efecto del procesamiento térmico (ANEXO 4)

Análisis	Muestra	Método
Grado de aglomeración	Frejol procesado	Mediante apreciación visual (BIC, 2005), de acuerdo a una escala del 1 al 7.
Grado de rotura	Frejol procesado	Mediante apreciación visual (BIC, 2005), de acuerdo a una escala del 1 al 7.
Peso drenado	Frejol procesado	Norma COVENIN 1412-79, adaptado al departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, y se calculó como % de peso escurrido, mediante la balanza de precisión Adventurer Pro, modelo AV 213.
Contenido de sólidos en el líquido de gobierno	Frejol procesado	Norma COVENIN 1343-78, adaptado al departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, y los resultados se expresaron en % (v/v); mediante el uso de la centrífuga INTERNATIONAL EQUIPMENT, modelo K AC2364
Viscosidad del caldo de cocción	Líquido de gobierno	Norma COVENIN 1300-77, adaptado al departamento de Nutrición y Calidad del INIAP, y los resultados se expresaron en segundos (s); mediante el Viscosímetro Cannon Feuska Routine, modelo D 675.
Índice de calidad para enlatado	Frejol procesado	Mediante el empleo de una escala hedónica de 7 puntos, donde las categorías son ponderadas.

2.5.1 DISEÑO EXPERIMENTAL FACTORES FÍSICOS Y QUÍMICOS

Para el tamaño y la textura se aplicó un DCA en arreglo factorial a x b, con seis repeticiones. Para el color, la viscosidad, grado de aglomeración, grado de rotura, peso escurrido, sólidos suspendidos, antocianinas, taninos y almidón se aplicó un diseño experimental a x b, con tres repeticiones. Los tratamientos se describen en la Tabla 12 y la composición del líquido de gobierno la Tabla 13.

Tabla 12. Tratamientos para la determinación de los factores físicos y químicos

Tratamientos	Codificación	Descripción
T1	a1b0	Genotipo BRB 195 con el líquido de gobierno 1
T2	a1b1	Genotipo BRB 195 con el líquido de gobierno 2
T3	a1b0	Genotipo BRB 194 con el líquido de gobierno 1
T4	a1b1	Genotipo BRB 194 con el líquido de gobierno 2
T5	a ₁ b ₀	Genotipo INIAP 402 con el líquido de gobierno 1
T6	a ₁ b ₁	Genotipo INIAP 402 con el líquido de gobierno 2
T7	a ₁ b ₀	Genotipo DRK 105 con el líquido de gobierno 1
T8	a ₁ b ₁	Genotipo DRK 105 con el líquido de gobierno 2

Tabla 12. Tratamientos para la determinación de los factores físicos y químicos
Continuación

Tratamientos	Codificación	Descripción
T9	a_1b_0	Genotipo ICA Quimbaya con el líquido de gobierno 1
T10	a_1b_1	Genotipo ICA Quimbaya con el líquido de gobierno 2
T11	a_1b_0	Genotipo Cóndor con el líquido de gobierno 1
T12	a_1b_1	Genotipo Cóndor con el líquido de gobierno 2
T13	a_1b_0	Genotipo L88-63 con el líquido de gobierno 1
T14	a_1b_1	Genotipo L88-63 con el líquido de gobierno 2
T15	a_1b_0	Genotipo G21-212 con el líquido de gobierno 1
T16	a_1b_1	Genotipo G21-212 con el líquido de gobierno 2
T17	a_1b_0	Genotipo NSL con el líquido de gobierno 1
T18	a_1b_1	Genotipo NSL con el líquido de gobierno 2
T19	a_1b_0	Genotipo INIAP 482 con el líquido de gobierno 1
T20	a_1b_1	Genotipo INIAP 482 con el líquido de gobierno 2
T21	a_1b_0	Genotipo Rocha con el líquido de gobierno 1
T22	a_1b_1	Genotipo Rocha con el líquido de gobierno 2
T23	a_1b_0	Genotipo Chota con el líquido de gobierno 1
T24	a_1b_1	Genotipo Chota con el líquido de gobierno 2

Tabla 13. Composición del líquido de gobierno

Codificación	Descripción
b_0	Líquido de gobierno con Sal (1,25 %) y azúcar (1,56 %).
b_1	Líquido de gobierno con Sal (1,25 %), azúcar (1,56 %) y cloruro de calcio (0,01 %).

2.5.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico Infostat para Windows, versión 5.1. Los resultados de la prueba de significación de Tukey al 95 % se presentan en los Anexos 10, 11 y 12.

2.6 ANÁLISIS SENSORIAL

Se determinó al genotipo de fréjol enlatado más aceptado con base en su apariencia, olor, sabor, color del grano, integridad del grano y textura del grano,

utilizando una escala hedónica de 7 puntos. También se evaluó la apariencia del líquido de gobierno.

El panel sensorial, estuvo constituido por 20 personas semi-entrenadas de ambos sexos, de edades comprendidas entre 24 a 56 años.

Se hizo una primera evaluación del nivel de aceptabilidad de los genotipos agrupados según el color de la testa. Con los genotipos que alcanzaron mayor calificación se realizó una segunda evaluación de los atributos: apariencia, olor, sabor, color, integridad, textura y apariencia del líquido de gobierno. La hoja de evaluación utilizada se presenta en el Anexo 5 y la tabla de ponderación se presenta en el anexo 6.

2.6.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el primer análisis sensorial se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo factorial a x b, con veinte repeticiones, donde se evaluó la apariencia, apariencia del líquido de cobertura, olor, sabor, color, integridad y textura del grano. También se consideró para este análisis el líquido de gobierno. Los tratamientos se describen en la Tabla 14, 15 y 16

Tabla 14. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel de aceptabilidad de los genotipos rojos

Tratamientos	Codificación	Descripción
T1	a_1b_0	Genotipo BRB 195 con el líquido de gobierno 1
T2	a_1b_1	Genotipo BRB 195 con el líquido de gobierno 2
T3	a_1b_0	Genotipo BRB 194 con el líquido de gobierno 1
T4	a_1b_1	Genotipo BRB 194 con el líquido de gobierno 2
T5	a_1b_0	Genotipo INIAP 402 con el líquido de gobierno 1
T6	a_1b_1	Genotipo INIAP 402 con el líquido de gobierno 2
T7	a_1b_0	Genotipo DRK 105 con el líquido de gobierno 1
T8	a_1b_1	Genotipo DRK 105 con el líquido de gobierno 2
T9	a_1b_0	Genotipo ICA Quimbaya con el líquido de gobierno 1
T10	a_1b_1	Genotipo ICA Quimbaya con el líquido de gobierno 2

Tabla 15. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel de aceptabilidad de los genotipos negros

Tratamientos	Codificación	Descripción
T11	a_1b_0	Genotipo Cóndor con el líquido de gobierno 1
T12	a_1b_1	Genotipo Cóndor con el líquido de gobierno 2
T13	a_1b_0	Genotipo L88-63 con el líquido de gobierno 1
T14	a_1b_1	Genotipo L88-63 con el líquido de gobierno 2
T15	a_1b_0	Genotipo G21-212 con el líquido de gobierno 1
T16	a_1b_1	Genotipo G21-212 con el líquido de gobierno 2
T17	a_1b_0	Genotipo NSL con el líquido de gobierno 1
T18	a_1b_1	Genotipo NSL con el líquido de gobierno 2
T19	a_1b_0	Genotipo INIAP 482 con el líquido de gobierno 1
T20	a_1b_1	Genotipo INIAP 482 con el líquido de gobierno 2

Tabla 16. Descripción de los tratamientos para la evaluación del nivel de aceptabilidad de los genotipos canarios

Tratamientos	Codificación	Descripción
T21	a_1b_0	Genotipo Rocha con el líquido de gobierno 1
T22	a_1b_1	Genotipo Rocha con el líquido de gobierno 2
T23	a_1b_0	Genotipo Chota con el líquido de gobierno 1
T24	a_1b_1	Genotipo Chota con el líquido de gobierno 2

Para el segundo análisis sensorial del nivel de aceptabilidad se aplicó un diseño completamente al azar con veinte repeticiones. Los tratamientos se describen en la tabla 17.

Tabla 17. Tratamientos para los genotipos seleccionados

Genotipo	Tratamiento
Ta	Genotipo rojo seleccionado
Tb	Genotipo negro seleccionado
Tc	Genotipo canario seleccionado

2.6.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron analizados con el software estadístico Infostat para Windows, versión 2011. Los resultados de la prueba de significación de Tukey al 95 % se presentan en el Anexo 13.

2.7 IDENTIFICACIÓN DE LOS GENOTIPOS APTOS PARA LA INDUSTRIA DEL ENLATADO

Se determinó en base al índice de calidad para enlatados o de procesamiento.

El índice de calidad para procesamiento (ICP) es la sumatoria de los diversos descriptores de calidad, expresados en un solo valor (índice) y que puede ser utilizado por los mejoradores de plantas como un índice de selección.

El ICP se construye como una función lineal de los siguientes descriptores: el color, tamaño, textura, grado de aglomeración, división o grado de rotura y la apariencia general de una muestra de fréjol en lata, viscosidad, color y cantidad de sólidos suspendidos en el líquido de gobierno. La tabla de ponderación se muestra en el anexo 7.

2.8 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL FRÉJOL ENLATADO

Para estimar el costo de producción de fréjol enlatado, se toma como base una producción de 211200 latas/año. En base a esto se determinó la capacidad de los principales equipos a emplearse, así como la cantidad de insumos requeridos.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS EN ESTADO NATIVO

3.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

La importancia de los productos agrícolas en la economía y en la alimentación está relacionada con las exigencias del mercado y con el mismo desarrollo de la tecnología de producción, manejo, conservación y comercialización y exige un amplio conocimiento de las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y químicas de los productos.

Se consideraron las características físicas de los granos como son el tamaño, su forma, el color y el peso de cien granos. Estos parámetros son útiles para seleccionar envases, empaques, estructuras, máquinas, procesos; para analizar y controlar la calidad así como para realizar la evaluación económica del producto final.

En la Tabla 18, se presentan los resultados para el peso de 100 semillas, tamaño, la dureza y forma.

El peso de cien granos está en función del tamaño, densidad y uniformidad del grano y varía en razón de la densidad de la vaina, del clima y de la fertilidad del suelo donde se realizó el cultivo (Figueroa, 1985). Este parámetro para los genotipos rojos varió de 42,92 a 52,86 g; en los genotipos de color negro el rango de variación fue de 15,66 a 33,61 g. Los genotipos de color crema, denominados canarios, mostraron el mayor peso (52,86 y 52,00 g).

Tabla 18. Características físicas de los genotipos en estado nativo

Factores en estudio	Variables de respuesta					Forma
	*Peso (g) 100 granos	Tamaño (mm)			Dureza (mm)	
		Largo	Ancho	Espesor		
BRB 195	45,50 ^c ±0,162	12,49 ^c ±0,502	7,29 ^c ±0,415	6,34 ^{bc} ±0,209	0,82 ^b ±0,571	Elíptica
BRB 194	42,92 ^d ±0,520	11,87 ^{cde} ±0,625	7,32 ^c ±0,347	6,17 ^{bcd} ±0,324	1,20 ^b ±0,283	Elíptica
INIAP 402	49,91 ^b ±0,848	16,09 ^{ab} ±0,767	7,70 ^{abc} ±0,433	5,39 ^{de} ±0,593	0,60 ^b ±0,335	Arriñonado medio
DRK 105	52,86 ^a ±0,939	14,43 ^b ±1,303	8,22 ^{ab} ±0,337	6,69 ^b ±0,519	0,81 ^b ±0,440	Arriñonado débil
ICA Quimbaya	52,21 ^a ±0,451	16,58 ^a ±1,582	7,42 ^{bc} ±0,486	5,63 ^{cd} ±0,565	1,28 ^b ±0,354	Arriñonado débil
Cóndor	15,66 ^h ±0,603	8,00 ^g ±0,451	5,10 ^e ±0,28	3,77 ^f ±0,202	3,65 ^a ±0,946	Elíptica
L88-63	18,26 ^g ±0,258	8,89 ^{fg} ±0,442	6,01 ^d ±0,244	4,51 ^{ef} ±0,45	0,88 ^b ±0,440	Elíptica
G21-212	22,94 ^f ±0,439	10,58 ^{def} ±0,695	6,25 ^d ±0,596	4,31 ^f ±0,234	1,18 ^b ±0,733	Elíptica
NSL	33,61 ^e ±0,299	11,42 ^{cde} ±0,541	7,07 ^{abc} ±0,668	5,95 ^{bcd} ±0,269	0,98 ^b ±0,392	Elíptica
INIAP 482	18,40 ^g ±0,355	10,00 ^{ef} ±1,706	5,97 ^d ±0,47	4,08 ^f ±0,659	0,75 ^b ±0,468	Arriñonado débil
Rocha	44,28 ^{cd} ±1,116	12,21 ^{cd} ±1,113	8,06 ^{abc} ±0,389	6,65 ^b ±0,667	1,43 ^b ±0,644	Elíptica
Chota	52,00 ^{ab} ±1,567	11,92 ^{cd} ±0,681	8,55 ^a ±0,423	7,64 ^a ±0,363	1,65 ^b ±0,568	Circular

Xm±DS; Valores con letras iguales no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, p<0,05) (n=6)

*(n=3)

En el tamaño del grano influyen el genotipo y el ambiente (Figuroa, 1985). En los granos de color rojo, las dimensiones variaron como sigue: una longitud máxima de 16,58 mm para el genotipo ICA Quimbaya, mientras que en el ancho y en el espesor mostró las mayores dimensiones el genotipo DRK con 8,22 y 6,69 mm, respectivamente. Entre los genotipos de color negro, por su mayor tamaño sobresalió la línea NSL, con 11,42 mm de largo, 7,07 mm de ancho y 5,95 mm de espesor. Entre los genotipos canarios, el denominado “Chota”, presentó mayor tamaño que el genotipo “Rocha”, como se muestra en la Tabla 18. En general los genotipos rojos son los de mayor tamaño; mientras que, los negros presentan el menor tamaño de grano.

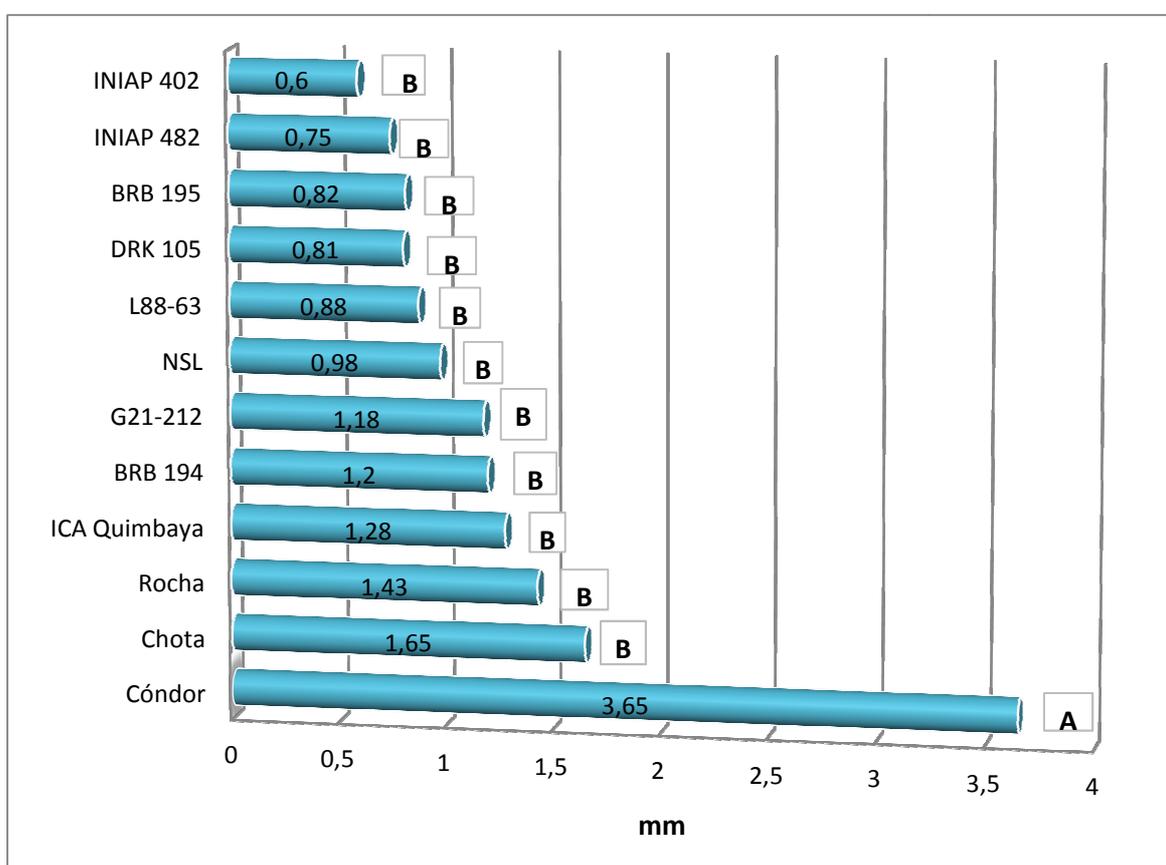


Figura 3. Dureza de los genotipos de fréjol en estado nativo

En el parámetro dureza del grano (Figura 3), el genotipo más duro entre los rojos, resultó INIAP 402 con un valor de 0,6 mm de penetración, mientras que el genotipo ICA Quimbaya es el grano más suave, ya que la aguja de punción logra penetrar 1,28 mm.

En los genotipos negros, el más duro resultó INIAP 482 con un valor de 0,75 mm de penetración, mientras que el genotipo Cóndor es el grano más suave, ya que la aguja de punción logra penetrar 3,65 mm.

En los genotipos canarios, el más duro resultó Rocha con un valor de 1,43 mm de penetración, mientras que el genotipo Chota es el grano más suave, con una penetración de la aguja de punción de 1,65 mm.

El color es un parámetro importante de calidad, ejerce una gran influencia en el momento de elegir un genotipo, dado que es el primer atributo que percibe el consumidor (Cabrera *et al.*, 2002), de ahí la importancia de determinar en forma objetiva los componentes que definen el color de un grano.

En la Tabla 19 se presentan los resultados para las variables de respuesta del Color. Para esta medición se agrupó los genotipos por el color de su testa en: rojos, negros y canarios.

Tabla 19.Componentes del color de los genotipos de fréjol en estado nativo

Color	Código	Factores en estudio	Variables de respuesta				
			Componentes del Color				
			L	H°	C	a	b
Rojos	T1-r	BRB 195	3,75 ^a ±0,410	14,65 ^a ±0,408	25,51 ^a ±2,163	24,68 ^{ab} ±2,053	6,46 ^{ab} ±0,702
	T2-r	BRB 194	3,55 ^{ab} ±0,603	14,47 ^a ±0,405	24,35 ^{ab} ±3,548	23,58 ^{ab} ±3,397	6,10 ^{ab} ±1,04
	T3-r	INIAP 402	1,99 ^{ab} ±1,278	13,83 ^a ±,428	14,16 ^{ab} ±8,628	13,75 ^b ±8,344	3,43 ^a ±2,200
	T4-r	DRK 105	4,50 ^{ab} ±1,662	15,88 ^{ab} ±1,485	27,84 ^{ab} ±8,28	26,73 ^{ab} ±7,796	7,76 ^{ab} ±2,862
	T5-r	ICA Quimbaya	7,04 ^b ±2,111	19,26 ^b ±3,266	36,28 ^b ±4,902	34,16 ^a ±3,903	12,13 ^b ±3,639
Negros	T1-n	Cóndor	12,16 ^a ±0,964	270,90 ^a ±0,315	3,03 ^a ±0,395	-0,05 ^a ±0,017	3,43 ^a ±2,200
	T2-n	L88-63	19,03 ^c ±1,627	275,22 ^a ±3,628	3,29 ^a ±0,399	0,23 ^a ±0,283	4,88 ^a ±3,433
	T3-n	G21-212	17,09 ^{bc} ±2,007	256,46 ^a ±29,588	2,93 ^a ±0,487	-0,75 ^a ±0,03	9,07 ^a ±-0,030
	T4-n	NSL	13,02 ^{ab} ±2,348	283,15 ^a ±2,178	3,51 ^a ±0,696	0,81 ^a ±0,241	4,11 ^a ±3,247
	T5-n	INIAP 482	15,65 ^{abc} ±0,744	275,27 ^a ±3,205	3,28 ^a ±1,042	-0,31 ^a ±0,080	-0,02 ^a ±0,080
Canarios	T1-c	Rocha	45,02 ^b ±4,565	80,82 ^a ±1,744	36,62 ^a ±2,75	4,68 ^a ±1,132	28,74 ^b ±1,644
	T2-c	Chota	57,38 ^a ±5,802	80,39 ^a ±1,005	29,12 ^b ±1,797	6,15 ^a ±1,068	36,10 ^a ±2,610

Xm ± DS; Valores con letras iguales no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, p<0,05) (n=3)

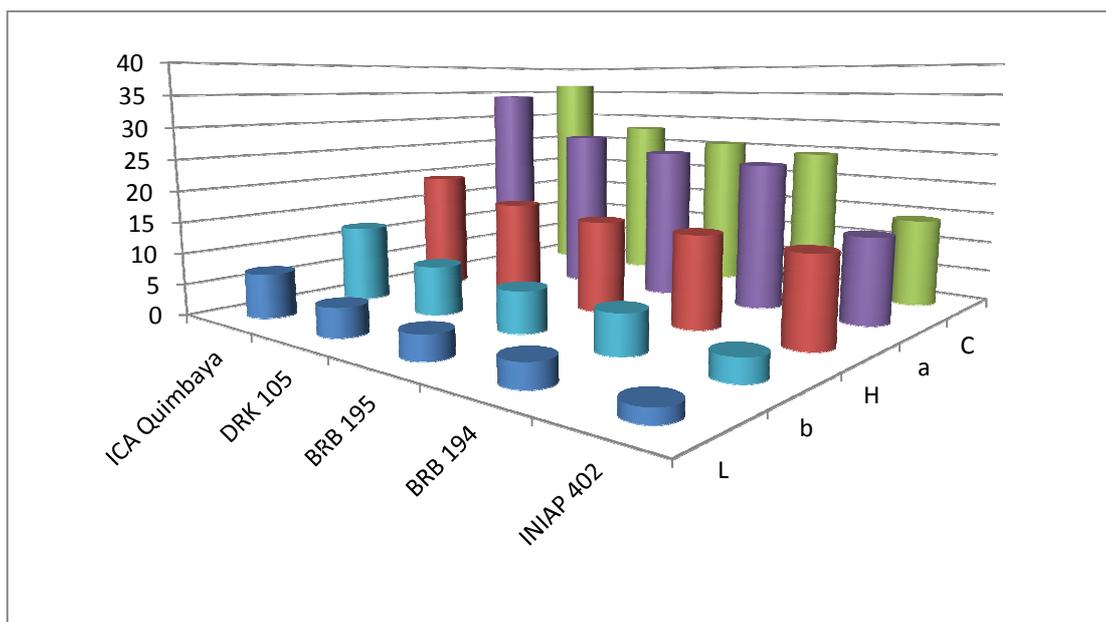


Figura 4.Componentes del color de los genotipos rojos en estado nativo

El genotipo que presentó el color más oscuro entre los rojos fue INIAP 402, con valores de claridad, $L= 2$, tonalidad $H^{\circ}=13,84$; cromaticidad, $C=14,17$; $a=13,75$ y $b= 3,43$. El color más claro correspondió al genotipo ICA Quimbaya, con valores de $L= 7,04$, $H^{\circ}=19,27$; $C=36,29$; $a= 34,16$ y $b= 12,13$; los genotipos BRB 194, BRB 195 y DRK 105 presentaron características similares entre ellos.

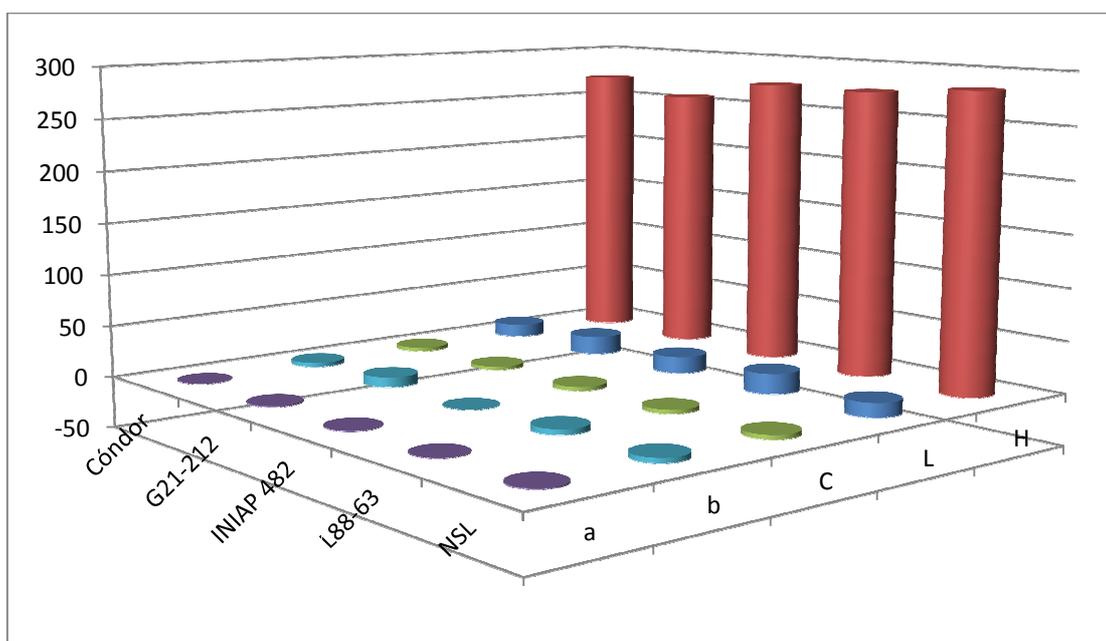


Figura 5.Componentes del color de los genotipos negros en estado nativo

El genotipo que presentó una tonalidad más oscura entre los genotipos negros fue Cándor, con valores de $L= 12,16$, $H^{\circ}=270,9$; $C=3,03$; $a= -0,05$ y $b= 3,43$. La tonalidad más clara correspondió al genotipo L88-63, con valores de $L= 19,03$, $H^{\circ}=275,22$; $C=3,29$; $a=0,23$ y $b=4,88$; mientras que los genotipos G21-212, INIAP 482 y NSL presentaron características similares entre ellos. En general, en los genotipos de color negro, se encontró variación en la luminosidad no así en la tonalidad (H°), cromaticidad (C), y las coordenadas a y b.

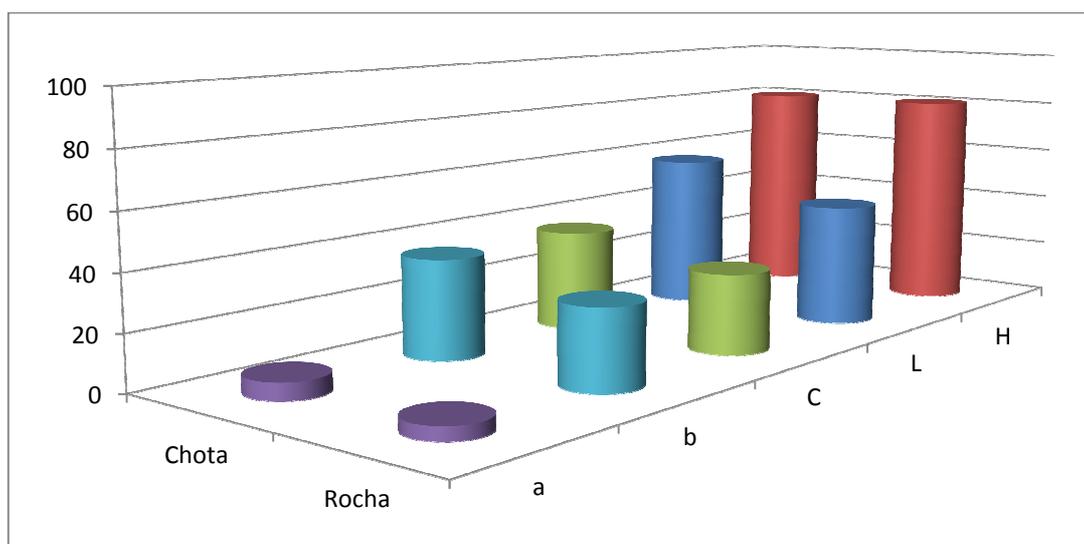


Figura 6.Componentes del color de los genotipos canarios en estado nativo

El genotipo que presentó una tonalidad crema más oscura entre los genotipos canarios fue Rocha, con valores de $L= 45,02$, $H^{\circ}= 80,82$; $C= 29,12$; $a= 4,68$ y $b= 28,74$; la tonalidad más clara correspondió al genotipo Chota, con valores de $L= 57,38$; $H^{\circ}= 80,39$; $C= 36,32$; $a= 6,15$ y $b= 36,1$. En este grupo de granos, la luminosidad, cromaticidad y la coordenada b, variaron significativamente.

3.1.2 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

En la tabla 20, se presentan los resultados para las variables de respuesta del almidón, antocianinas y taninos.

Tabla 20. Contenido de almidón, antocianinas y taninos de los genotipos de fréjol en estado nativo

Código	Factores en estudio	Variables de respuesta		
		Almidón (%)	Antocianinas (mg antocianinas/100 g fréjol)	Taninos (mg taninos/100 g fréjol)
T1	BRB 195	66,41 ^b ±0,391	97,55 ^e ±0,569	139,29 ^a ±25,475
T2	BRB 194	62,09 ^e ±0,921	80,58 ^e ±0,472	493,1 ^b ±65,553
T3	INIAP 402	66,94 ^b ±0,418	146,16 ^d ±0,427	1146,70 ^{de} ±57,619
T4	DRK 105	67,38 ^b ±0,551	76,22 ^e ±1,052	981,42 ^d ±52,733
T5	ICA Quimbaya	64,52 ^{cd} ±0,247	67,03 ^e ±1,424	1264,29 ^e ±84,8
T6	Cóndor	53,61 ^f ±0,959	468,62 ^b ±7,467	798,48 ^c ±73,966
T7	L88-63	63,06 ^{de} ±0,826	376,57 ^c ±29,424	1634,06 ^f ±66,579
T8	G21-212	73,36 ^a ±0,730	534,34 ^a ±25,198	459,61 ^b ±86,071
T9	NSL	74,51 ^a ±0,392	357,72 ^c ±13,24	442,68 ^b ±45,064
T10	INIAP 482	65,80 ^{bc} ±0,570	468,73 ^b ±0,699	758,38 ^c ±28,267
T11	Rocha	61,76 ^e ±0,661	-----	-----
T12	Chota	73,33 ^a ±0,236	-----	-----

Xm±DS; Valores con letras iguales no son significativamente diferentes (prueba de Tukey, p<0,05) (n=3)

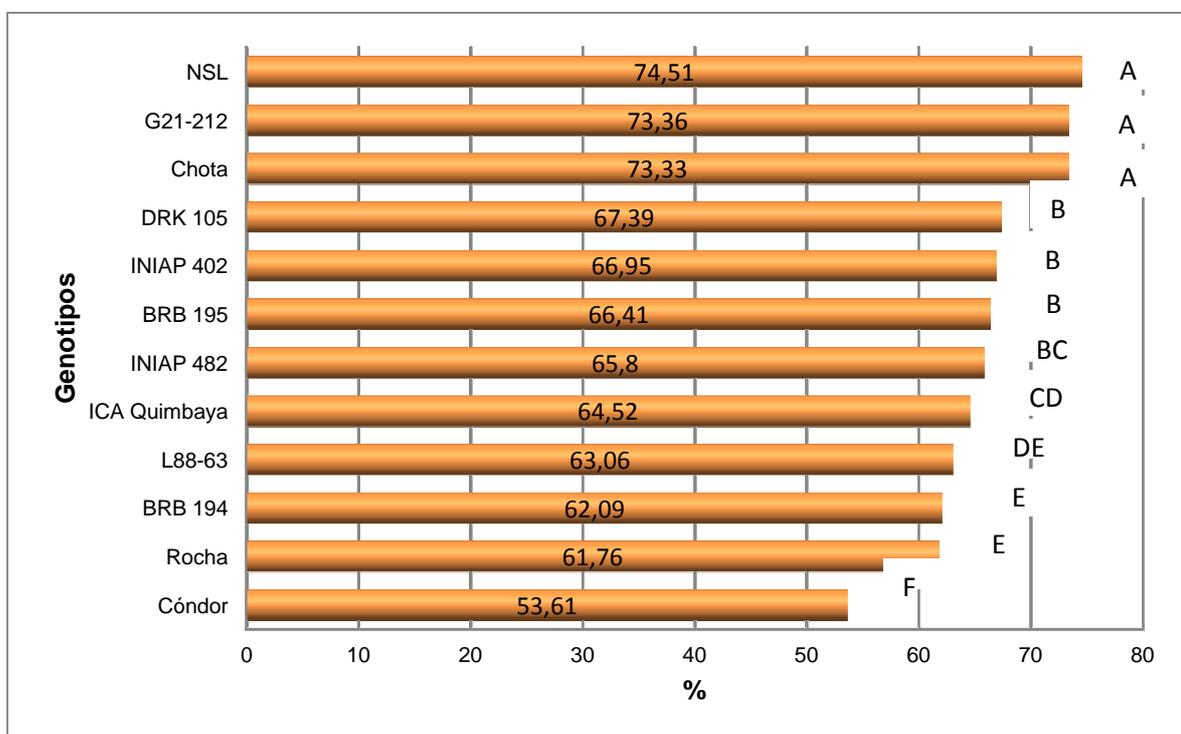


Figura 7. Contenido de almidón de los genotipos en estado nativo

El contenido de almidón en los genotipos rojos fluctuó entre 62,09 % para el genotipo BRB 194 a 67,33 % para el genotipo DRK 105; en los genotipos negros fluctuó entre 53,61 % para el genotipo Cóndor a 74,51 % para el genotipo NSL y en los genotipos canarios fluctuó entre 61,76 % para el genotipo Rocha a 73,33 % para el genotipo Chota.

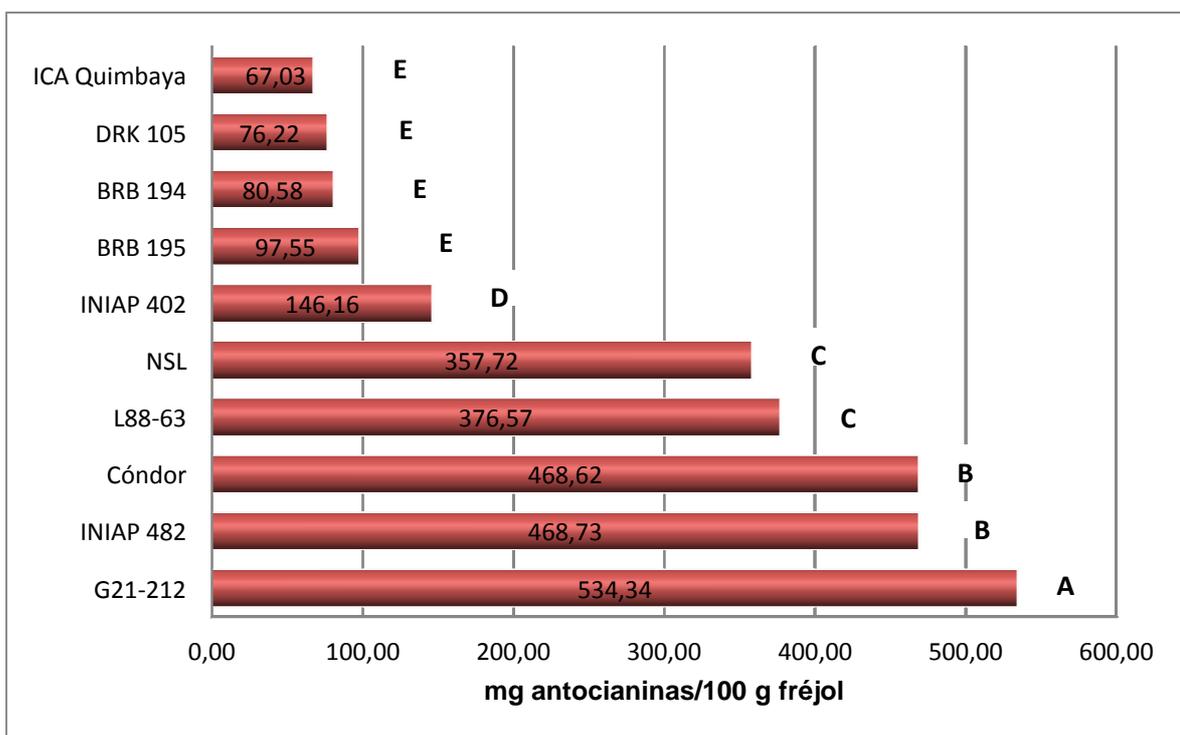


Figura 8. Contenido de antocianinas en los genotipos en estado nativo

Para el contenido de antocianinas (Figura8), en los genotipos rojos la mayor concentración la presentó el genotipo INIAP 402 con un valor de 146,16 mg/100 g (base seca), lo cual guarda relación con la tonalidad de color más oscura que presenta este grano. En contraste, el genotipo ICA Quimbaya, presentó la menor concentración de antocianinas (67,03 mg/100 g) y una tonalidad más clara de color.

Para el contenido de antocianinas de los genotipos negros, la mayor concentración la presentó el genotipo G21-212 con un valor de 534,34 mg/100 g (base seca). En contraste, el genotipo NSL, presentó la menor concentración de antocianinas (357,72 mg/100 g). Estos resultados fueron independientes de la tonalidad de los genotipos.

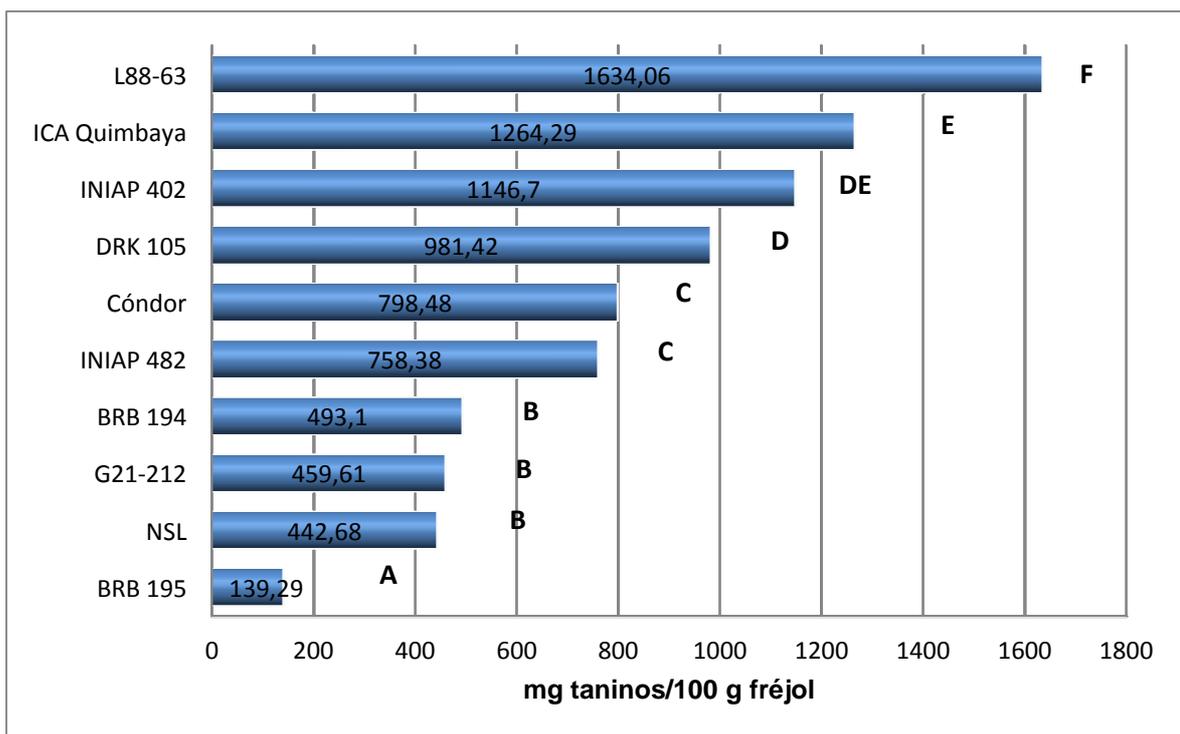


Figura 9. Contenido de taninos de los genotipos en estado nativo

El contenido de taninos (Figura 9), en los genotipos rojos ICA Quimbaya registró una concentración de taninos igual a 1264 mg/100 g, mientras que el menor valor correspondió al genotipo BRB 195 con 139,29 mg/100 g.

En los genotipos negros L88-63 registró una concentración de taninos igual a 1634,06 mg/100 g, mientras que el menor valor correspondió al genotipo NSL con 442,68 mg/100 g.

En la tabla 21, se presentan los resultados para las variables de respuesta de la humedad, proteína, hierro y zinc.

Tabla 21. Contenido de Proteína, humedad, hierro y zinc de los genotipos de fréjol en estado nativo

Genotipo	Humedad (%)	Proteína (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
BRB 195	12,47	28,55	69,69	33,13
BRB 194	12,9	25,8	49,37	40,18
INIAP 402	13,13	24,91	65,62	39,14
DRK 105	12,97	24,28	60,9	35,62

Fuente: LSAIA, INIAP

Tabla 21. Contenido de proteína, humedad, hierro y zinc de los genotipos de fréjol en estado nativo **Continuación**

ICA Quimbaya	12,57	27,9	76,63	46,89
Cóndor	12,45	29,97	79,95	45,69
L88-63	12,15	26,77	80	36,57
G21-212	12,15	22,23	84,23	26,9
NSL	13,27	25,7	72,64	32,28
INIAP 482	12,09	27,64	81,9	36,4
Rocha	12,27	27,94	63,83	33,06
Chota	13,52	22,9	65,91	32,38

Fuente: LSAIA, INIAP

El porcentaje de humedad se encuentra dentro de los rangos aceptables para granos secos (13%), con excepción de las variedades INIAP 402, NSL y Chota los cuales se encuentran por encima del límite, lo cual puede ser perjudicial en el almacenamiento.

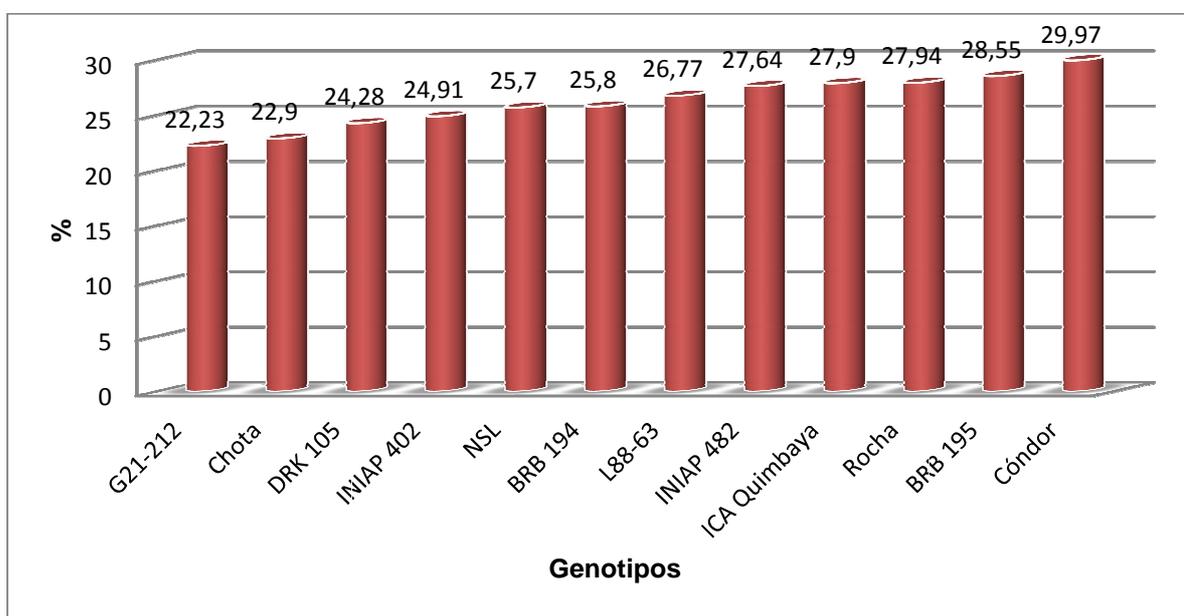


Figura 10. Contenido de proteína de los genotipos de fréjol en estado nativo

El contenido de proteína en los genotipos rojos varió desde un valor 24,91 % para el genotipo INIAP 402 a 28,59 % para el genotipo BRB 195. Esta variación para los genotipos negros varió desde un valor 22,23 %, para G21-212, a 29,97 %, para

el genotipo Cóndor. En los genotipos canarios varió desde un valor 22,90 %, para el genotipo Chota, a 27,94 %, para el genotipo Rocha.

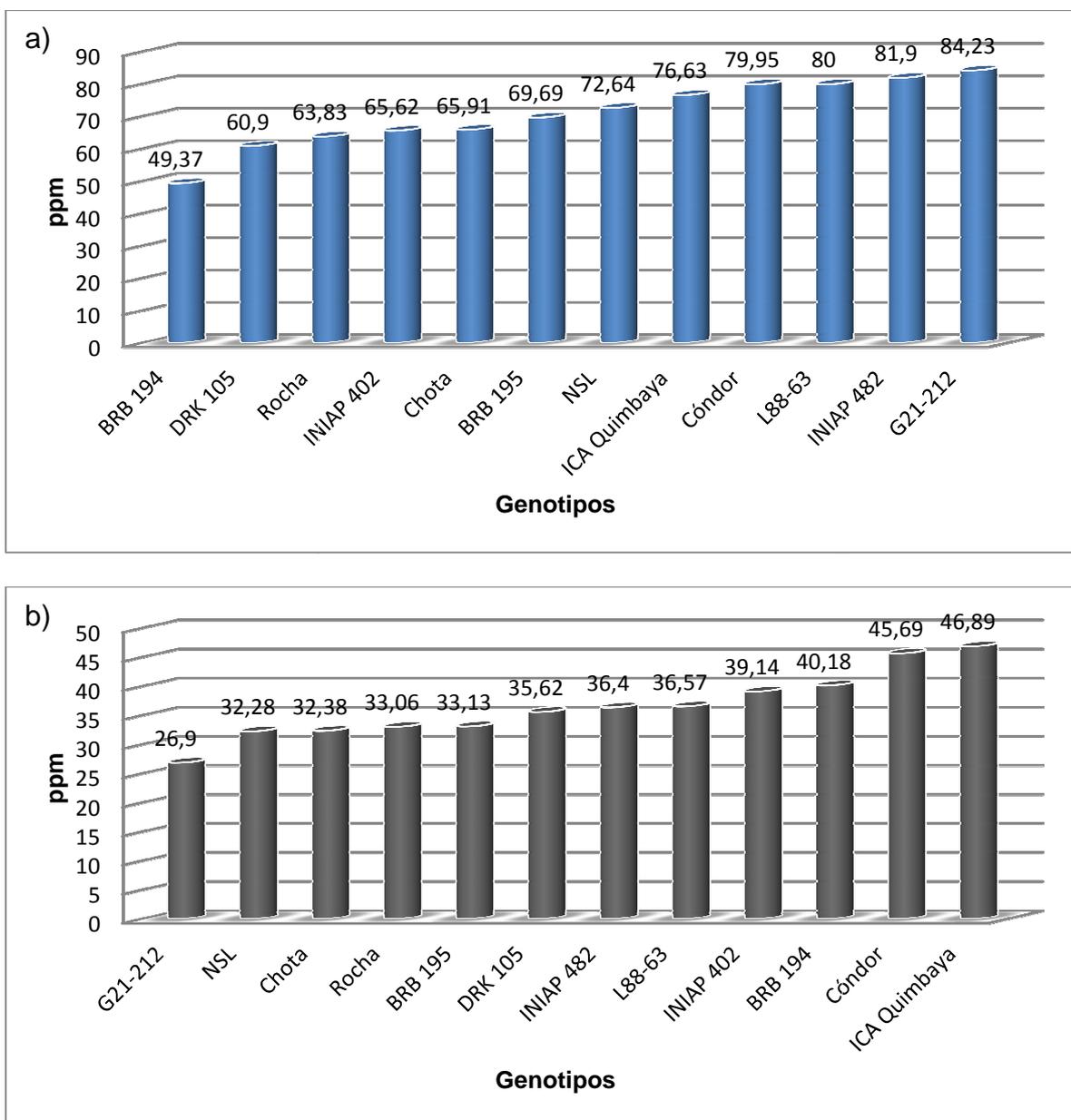


Figura 11.a) Contenido de hierro y b) Contenido de zinc de los genotipos de frejol en estado nativo

En los genotipos rojos se registró el mayor contenido de hierro (76,63 ppm) para ICA Quimbaya; el menor valor correspondió al genotipo BRB 194 con 49,37 ppm.

En los genotipos negros el hierro varió desde 84,23 ppm para el genotipo G21-212; a 72,64 ppm para NSL. En los genotipos canarios se registró el mayor

contenido (65,91 ppm) en el genotipo Chota; el menor valor correspondió al genotipo Rocha con 63,83 ppm.

En los genotipos rojos se registró el mayor contenido de zinc (46,89 ppm) en el genotipo ICA Quimbaya; el menor valor correspondió al genotipo BRB 195 con 33,13 ppm. En los genotipos negros el mayor contenido (45,69 ppm) correspondió al genotipo Cóndor; el menor valor correspondió en G21-212 con 26,90 ppm.

En los genotipos canarios se registró el mayor contenido (33,06 ppm) en el genotipo Rocha; el menor valor correspondió al genotipo Chota con 32,38 ppm.

- **Análisis físico-químico global de los diferentes genotipos de fréjol**

Con respecto al tamaño se observó una variabilidad en los componentes largo, ancho y espesor de los docegenotipos analizados. Con base en estas dimensiones se establecieron 4 tamaños de grano: muy pequeño 8 a 9 mm, pequeño 10 a 11 mm, mediano 11 a 13 mm y grande 14 a 17 mm. Con base en este parámetro se estableció la siguiente clasificación:

- Muy pequeños: Cóndor y L88-63
- Pequeños: INIAP 482 y G21-212
- Medianos: NSL, BRB 194, Chota, Rocha y BRB 195
- Grandes: DRK 105, INIAP 402 e ICA Quimbaya

A partir de la relación ancho/largo del grano se determina si el grano es estrecho, medio o ancho. Para los granos estrechos esta relación fluctúa entre 0,45 – 0,55; para los granos medios entre 0,56-0,65 y para los granos anchos la variación es de 0,66 – 0,75. Según las categorías establecidas se realizó los siguientes agrupamientos:

- Granos estrechos: ICA Quimbaya e INIAP 402
- Granos medios: Cóndor, DRK 105, BRB 195, BRB 194, INIAP 482 y G21-212
- Granos anchos: L88-63, CHOTA, ROCHA y NSL

A partir de la relación espesor/largo del grano, se determina si el grano es plano, estrecho elíptico, elíptico, elíptico ancho o circular. Los granos planos se enmarcan en una relación espesor/largo igual a 0,34; para los granos elípticos

estrechos el rango de variación es de 0,40 – 0,41; para los granos elípticos es de 0,46-0,47; para los granos elípticos anchos es de 0,50-0,54 y para los granos circulares es de 0,64. En función de esta relación, los diferentes genotipos se clasificaron así:

- Granos planos: ICA Quimbaya e INIAP 402
- Granos estrechos elípticos: INIAP 482 y G21-212
- Granos elípticos: Cóndor y DRK 105
- Granos elípticos anchos: BRB 194, BRB 195, NSL, L88-63 y Rocha
- Circulares: Chota

Con base en los componentes del color y al diagrama de interpretación CIELAB (Figura 12), los genotipos de fréjol se clasificaron como se indica en Tabla 22.

Tabla 22. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de fréjol

Genotipo	L (luminosidad)	H° (tonalidad)	C (croma)	a (iluminante)	b (iluminante)
ROJOS					
BRB 194	oscuros	rojo	pálido	Rojo	Amarillo
BRB 195	oscuros	rojo	pálido	Rojo	Amarillo
DRK 105	oscuros	rojo	pálido	Rojo	Amarillo
ICA Quimbaya	oscuros	rojo	apagado	Rojo	Amarillo
INIAP 402	oscuros	rojo	pálido	Rojo	Amarillo
NEGROS					
NSL	oscuros	Azul-púrpura	gris	Rojo	Azul
L88-63	oscuros	Azul-púrpura	gris	Rojo	Azul
INIAP 482	oscuros	Azul	gris	Verde	Azul
G21-212	oscuros	Azul-púrpura	gris	Rojo	Azul
Cóndor	oscuros	Azul	gris	Verde	Azul
CANARIOS					
Chota	claros	Amarillo-anaranjado	apagado	Rojo	Amarillo
Rocha	claros	Amarillo-anaranjado	apagado	Rojo	Amarillo

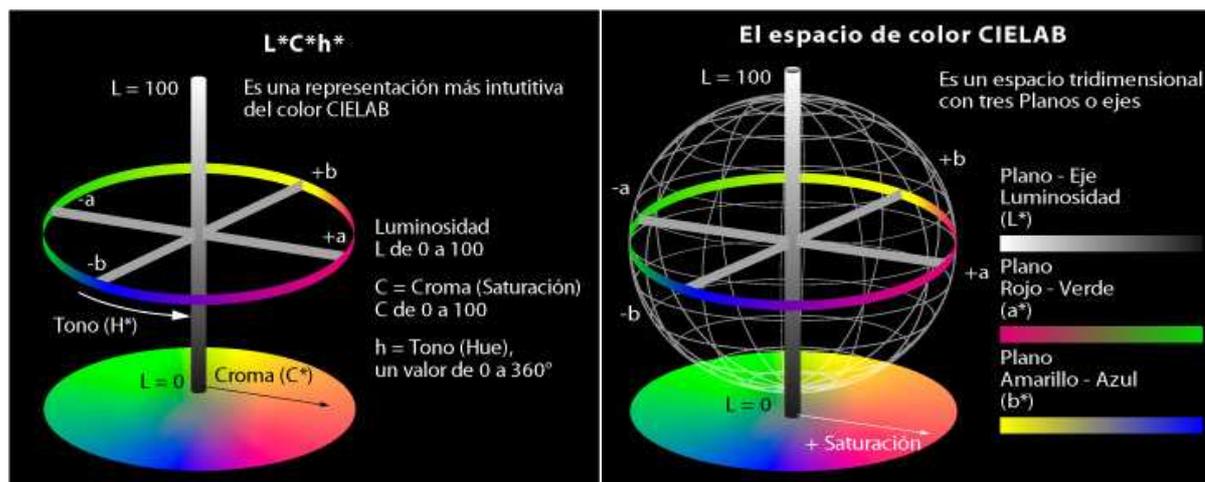


Figura 12. Diagrama del color CIELAB (Boscarol, 2007; Peterson, 2010)

En los tres grupos de granos los valores de luminosidad (L), tonalidad del color (H^0) y cromaticidad (C), variaron sustancialmente. El grupo de los canarios presentó los mayores valores de luminosidad (45,02 - 57,38), mientras que una tonalidad azul-púrpura, correspondiente al cuarto cuadrante del plano cartesiano (270,00 – 295,00) caracterizó a los genotipos negros. Los genotipos canarios presentaron el mayor valor de cromaticidad (29,12-36,62), sin embargo con estos valores, no alcanzaron la categoría de granos brillantes.

Los componentes a y b, no variaron sustancialmente con excepción de los genotipos negros INIAP 482 y Cóndor los cuales presentan las mismas características.

En cuanto a la dureza el genotipo Cóndor presentó un valor de 3,65 mm, valor mayor que los restantes genotipos, en los cuales la dureza fluctuó entre valores de 0,60a 1,65 mm. Lo que evidencia que el genotipo Cóndor posee una textura más suave, manifestada posteriormente en la mayor velocidad y coeficiente de hidratación.

El genotipo con menor contenido de almidón es el Cóndor con 53,61 %; seguida por los genotipos Rocha y BRB 194 con 61,76 y 62,09 % respectivamente; mientras que los genotipos que presentaron mayor contenido de almidón fueron Chota, G21-212 y NSL con 73,33, 73,36 y 74,51% respectivamente.

El contenido de almidón presente en estos genotipos, es muy superior a las obtenidas por Vargas-Torreset *al.* (2006), quien reportó valores de 34,7 a 42,81 %.

Los genotipos negros presentan un contenido de antocianinas superior al de los genotipos rojos (Figura 8), especialmente el genotipo G21-212 con 534,34 mg antocianinas/100 g fréjol. El contenido de antocianinas presentes en estos genotipos, es muy superior a las obtenidas por Salinas-Moreno *et al.*(2005), quien reportó valores de 37,7 a 71,9 mg/100g de fréjol.

Según Yuliem, (2006): El contenido de taninos es independiente del almacenamiento y de la época de siembra, este es de siete a once veces mayor en la testa que en el resto del grano y su variabilidad en el contenido está estrechamente relacionada con los pigmentos de la testa, por lo que las alteraciones en el contenido de taninos puede ser evaluada dentro de las clases de colores. Esto se ve claramente evidenciado en los resultados obtenidos ya que los genotipos de coloración más clara son los que poseen el mayor contenido de taninos.

El contenido de taninos presentes en los genotipos en estudio, con excepción del BRB 195, es muy superior a las obtenidas por Reddy (1985), quien reportó valores de 33,7 a 282,8 mg taninos/100g de fréjol.

El contenido de proteína vario entre genotipos (Figura 10), el mayor contenido correspondió a Cóndor con 29,97% y la menor concentración a G21-212 con 22,23%, estos datos concuerdan con aquellos obtenidos por Jacinto *et al.* (1996), quienes reportaron un contenido de proteína de entre 23 a 27 %; así como también con Vargas-Torreset *al.* (2006) quienes reportaron valores entre 22,16 a 22,85 %.

El hierro es un micro elemento esencial para el transporte de oxígeno desde los pulmones hacia los diferentes órganos del cuerpo y como constituyente de la hemoglobina; debido a su baja biodisponibilidad en los alimentos, este micro elemento al igual que el zinc, son los más críticos en los grupos desnutridos, de ahí la importancia de su determinación en el fréjol. Se registró el mayor contenido

(89,24 ppm) en el genotipo G21-212; el menor valor correspondió al genotipo BRB 194 con 49,37 ppm.

El contenido de zinc en los frijoles es uno de los más altos dentro de las fuentes vegetales, casi igual al que presentan los productos lácteos, aunque inferior al que presentan las carnes (Yuliem, 2006). El rango de variación para el contenido de zinc fue de 26,9 ppm para el genotipo G21-212 hasta un valor de 46,89 ppm para ICA Quimbaya; estos valores concuerdan con aquellos descritos por Yuliem, (2006) quien cita a Beebe *et al.*(1999) quienes reportan un rango de 21 a 54 ppm de zinc.

3.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS TECNOLÓGICOS APROPIADOS PARA EL PROCESO DEL ENLATADO

El objetivo del remojo es aumentar el contenido inicial de humedad del frejol, de valores entre 12,09-13,52 % a 56,00 %, con el objeto de solubilizar las sustancias solubles y disminuir la dureza.

La capacidad de absorción de agua durante el remojo se puede utilizar en el proceso de selección, para eliminar en generaciones tempranas aquellas líneas que absorben menor cantidad de agua (Pérez, 2002), lo cual permite evaluar el grado de permeabilidad del grano de frijol durante el remojo y detectar el fenómeno de testa dura, relacionado con tiempos de cocción prolongados (Castellanos y Guzmán, 1994).

Otra de las funciones que realiza el grano durante el remojo es la respiración, la cual se inicia poco tiempo después de comenzada la operación y es facilitada por la enzima oxidasa. Para que haya respiración se requiere la presencia de oxígeno en el agua, que generalmente es insuficiente, y se produce a la vez bióxido de carbono a partir de la reacción bioquímica desencadenada por la acción de la oxidasa sobre las grasas y los carbohidratos. Concentraciones elevadas de bióxido de carbono inhiben la respiración, ya sea por asfixia o por acumulación de compuestos, tales como ácido carbónico, etanol, ácido láctico y otras sustancias que se producen a partir de la fermentación anaeróbica (Figuroa, 1985).

En la Tabla 23, se presentan los resultados para el coeficiente de hidratación (CH).

Tabla 23. Coeficiente de hidratación de los genotipos de fréjol

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Coefficiente de Hidratación
Muy pequeño	L88-63	3	1,92±0,019
	Cóndor	2	2±0,029
Pequeño	INIAP 482	3	1,89±0,025
	G21-212	5	1,86±0,007
Mediano	BRB 194	7	1,91±0,057
	BRB 195	6	1,95±0,006
	Rocha	5	1,86±0,007
	Chota	6	1,90±0,052
	NSL	7	1,86±0,017
Grande	INIAP 402	6	1,96±0,098
	ICA Quimbaya	8	1,93±0,038
	DRK 105	6	2,05±0,009

$X_m \pm DS; n=3$

El tiempo necesario para alcanzar un coeficiente de hidratación apropiado para el proceso de enlatado, el cual corresponde a un valor igual o mayor a 1,8, depende de la temperatura, del agua de remojo, del peso, tamaño y dureza del grano, del genotipo, del ciclo agrícola en el cual fue cultivado, así como del contenido proteínico, entre otros factores (Figuroa, 1985). El genotipo Cóndor, de textura suave (3,65 mm), menor peso de 100 granos (15,66 g), y de tamaño muy pequeño (largo 8 mm, ancho 5,10 mm, espesor 3,77 mm), apenas requirió dos horas de remojo para alcanzar un alto coeficiente de hidratación (2,0), mientras que el genotipo ICA Quimbaya, debido a su mayor dureza (1,28 mm), peso de 100 granos (52,21 g) y tamaño (largo 16,58 mm, ancho 7,42 mm y espesor 5,63 mm), requirió ocho horas de remojo para alcanzar un coeficiente de hidratación de 1,93.

En general, los genotipos de menor tamaño, como Cóndor y L88-63 alcanzaron coeficientes de hidratación entre 1,92 a 2,00 en un periodo corto de remojo del

grano (dos a tres horas), mientras que los genotipos de tamaño mediano y grande alcanzaron similares coeficientes de hidratación, pero en tiempos de remojo más largos.

En las Tablas 24, 25 26 y 27, se presentan los resultados para la velocidad de hidratación y la humedad adquirida por el grano de acuerdo al tamaño.

Tabla 24. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos de tamaño muy pequeño

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación (g/h)	Humedad
Muy pequeño	L88-63	1	6,04±0,652	27,40±2,113
		2	5,71±0,117	41,67±0,534
		3	4,90±0,033	47,93±0,518
		4	4,55±0,091	53,24±0,594
		5	3,82±0,093	54,46±0,525
	Cóndor	1	10,31±0,303	42,92±0,240
		2	6,87±0,197	50,07±0,719
		3	5,12±0,091	52,85±0,971
		4	4,12±0,032	54,59±0,765
		5	3,42±0,036	55,47±0,717

$X_m \pm DS; n=3$

La velocidad inicial de hidratación del genotipo Cóndor (10,31 g/h) es superior a la velocidad inicial de L88-63 (6,04 g/h), alcanzando valores similares a las tres horas de remojo como se observa en la Figura 13. Un comportamiento similar se observó en la variación del contenido de humedad en función del tiempo de remojo (Figura 14); en las tres primeras horas, el genotipo Cóndor mostró un mayor contenido de humedad que L88-63; sin embargo, a partir de este tiempo los dos genotipos presentan similares contenidos.

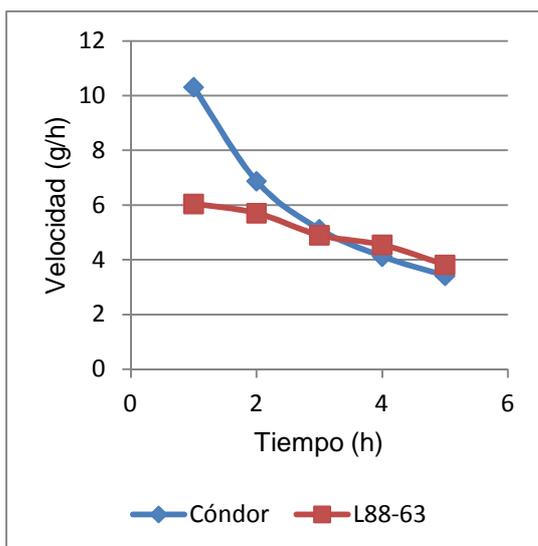


Figura 13. Velocidad de hidratación de los genotipos muy pequeños

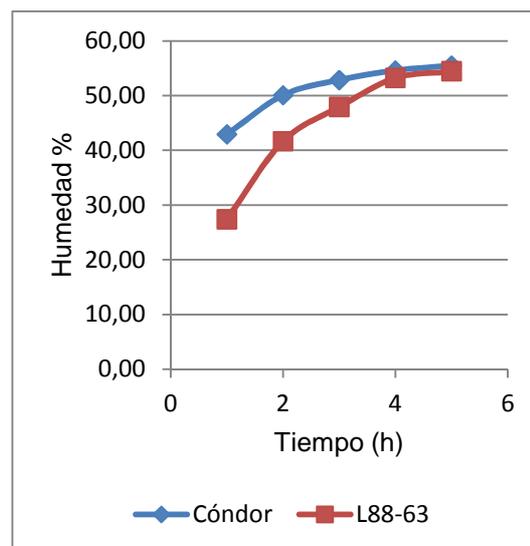


Figura 14. % Humedad de los genotipos muy pequeños

Tabla 25. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos pequeños

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación (g/h)	Humedad
Pequeño	INIAP 482	1	2,86±0,164	15±0,542
		2	3,67±0,477	31,14±2,399
		3	4,84±0,087	47,32±0,691
		4	4,41±0,000	52,35±0,263
		5	3,69±0,000	53,76±0,119
	G21-212	1	2,96±0,046	12,19±0,113
		2	2,12±0,043	17,41±0,373
		3	2,50±0,060	27,09±0,566
		4	3,83±0,169	43,18±1,326
		5	4,51±0,076	52,83±0,200

$X_m \pm DS; n=3$

Los genotipos de tamaño pequeño, mostraron un comportamiento inusual: con una disminución de la velocidad de hidratación durante las dos primeras horas de remojo (G21-212) y un incremento a partir de este tiempo. Mientras que el genotipo INIAP 482 mostró un incremento de la velocidad de hidratación

durantelas tres primeras horas de remojo, con una disminución a partir de este tiempo (Figura 15).

En los dos genotipos el contenido de humedad aumentó a medida que avanzó el tiempo de remojo, alcanzando un valor de 55 % a las cinco horas de hidratación (Figura 16).

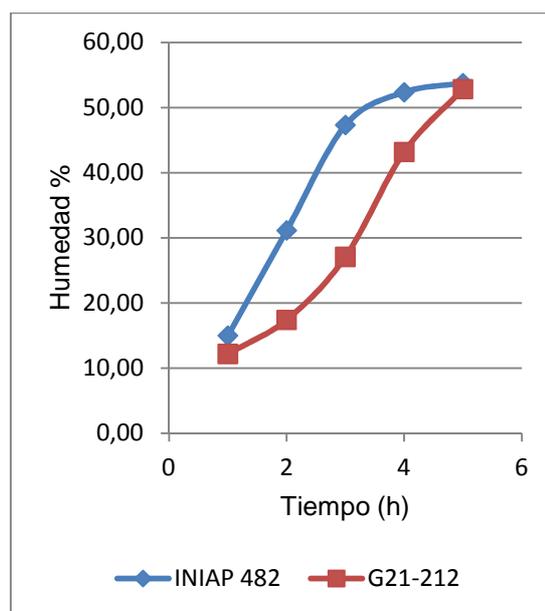
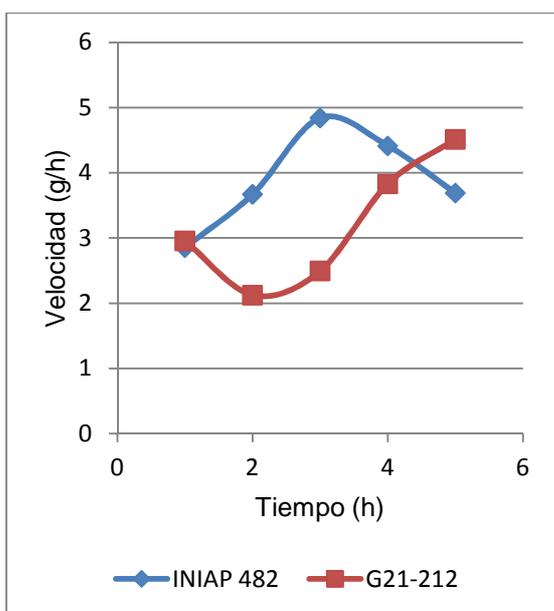


Figura 15. Velocidad de hidratación de los genotipos pequeños

Figura 16. % de Humedad de los genotipos pequeños

Tabla 26. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos medianos

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación(g/h)	Humedad
Mediano	BRB 194	1	5,18±0,940	12,16±2,067
		2	2,75±0,423	12,80±1,884
		3	2,00±0,307	13,80±1,931
		4	1,87±0,386	16,62±2,962
		5	2,53±0,455	25,15±3,514
		6	3,18±0,629	33,57±4,639
		7	4,90±0,274	47,81±1,541
		8	9,55±0,119	51,08±0,158
		9	4,59±0,119	52,48±0,521
		10	4,49±0,015	54,57±0,255

Tabla 26. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos medianos **Continuación...**

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación(g/h)	Humedad
Mediano	BRB 195	1	5,96±0,059	13,02±0,089
		2	3,69±0,176	15,61±0,600
		3	3,71±0,260	21,82±1,160
		4	4,67±0,216	31,92±0,977
		5	5,19±0,221	39,44±0,955
		6	6,35±0,021	48,89±0,146
		7	5,76±0,068	50,32±0,210
		8	10,40±0,196	52,11±0,840
		9	4,86±0,045	52,34±0,157
		10	4,35±0,055	52,17±0,376
	Rocha	1	8,24±0,399	15,49±0,472
		2	6,36±0,482	22,04±0,843
		3	6,27±0,402	29,46±0,709
		4	8,37±0,352	42,67±0,294
		5	7,76±0,193	46,32±0,217
		6	7,32±0,176	49,42±0,175
		7	6,62±0,273	50,75±0,280
		8	11,76±0,248	52,21±0,468
		9	5,48±0,089	52,30±0,371
		10	5,02±0,035	52,74±0,671
	Chota	1	5,62±0,161	12,65±0,103
		2	3,36±0,057	14,76±0,524
		3	1,86±0,068	11,38±0,486
		4	2,74±0,100	20,20±0,857
		5	4,51±0,148	34,20±1,022
		6	4,85±0,134	40,14±0,560
		7	4,81±0,160	43,70±0,450
		8	9,95±0,292	45,53±0,789
		9	4,14±0,121	46,22±0,345
		10	4,19±0,177	49,13±1,385

Xm ± DS; n=3

Tabla 26. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos medianos
Continuación...

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación (g/h)	Humedad
Mediano	NSL	1	4,59±0,101	13,62±0,328
		2	2,74±0,220	15,80±1,162
		3	2,23±0,193	18,65±1,376
		4	2,71±0,261	27,11±1,925
		5	3,24±0,284	35,69±2,049
		6	3,78±0,137	43,73±0,762
		7	3,61±0,077	46,45±0,488
		8	7,67±0,147	52,47±1,109
		9	3,68±0,101	53,21±0,792
		10	3,38±0,126	53,65±1,043

$X_m \pm DS; n=3$

En el grupo de los genotipos de tamaño medio, Rocha presentó una mayor velocidad de hidratación (8,24 g/h) en la primera hora de remojo del grano, con respecto a los genotipos BRB 194, BRB 195, Chota y NSL, con valores de 5,18; 5,96; 5,62 y 4,59 g/h, respectivamente. A partir de la segunda hora de remojo, la velocidad de hidratación tendió a disminuir, para luego incrementarse a partir de la cuarta hora de remojo (Figura 17).

A diferencia de lo que ocurre con la velocidad de hidratación, el contenido de humedad del grano se incrementó a medida que transcurre el tiempo de remojo, observando una relación inversa entre estos dos parámetros (Figura 18). La absorción de agua fue mayor por el genotipo BRB 194 y menor por Rocha; sin embargo, a las 10 h de remojo, todos los genotipos de tamaño medio alcanzaron alrededor del 50,00 % de humedad.

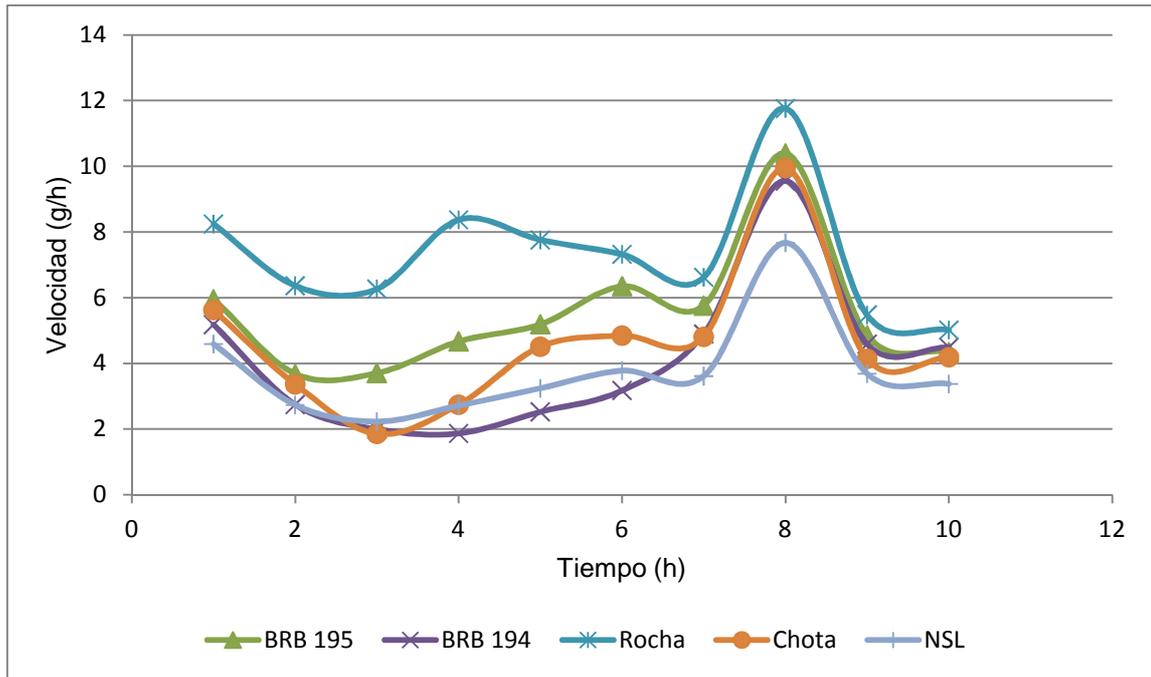


Figura 17. Velocidad de hidratación de los genotipos medianos

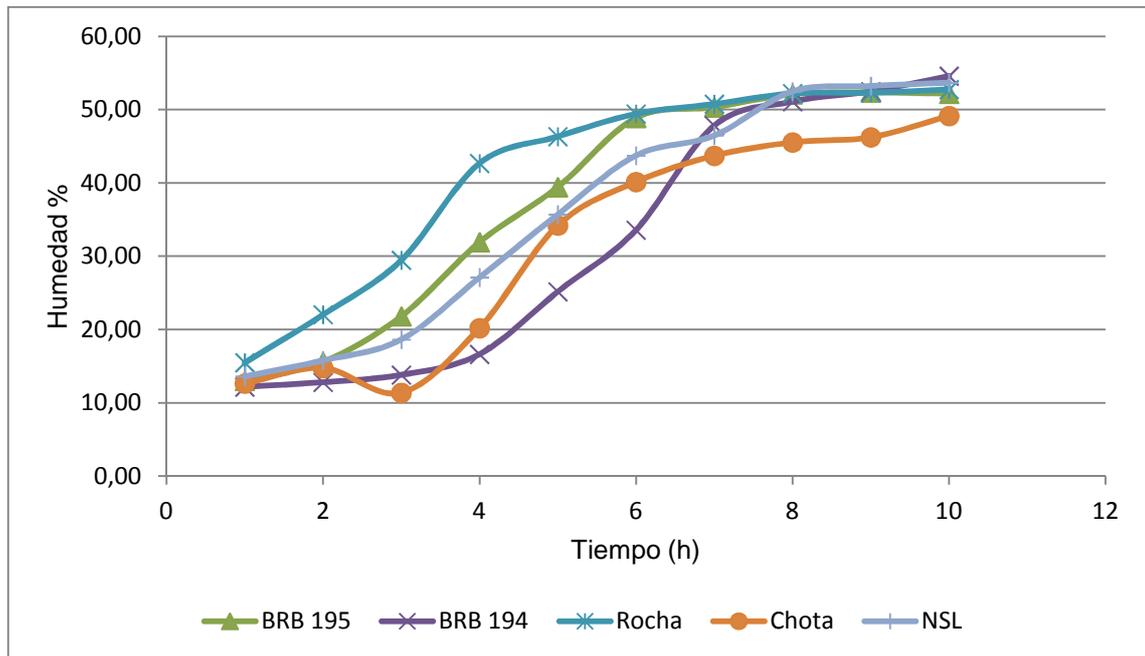


Figura 18. % de Humedad de los genotipos medianos

Tabla 27. Velocidad de hidratación y contenido de humedad de los granos grandes

Tamaño	Genotipo	Tiempo (h)	Velocidad de Hidratación(g/h)	Humedad
Grande	INIAP 402	1	7,48±1,366	14,70±0,429
		2	5,30±0,550	19,61±1,491
		3	6,66±1,028	31,42±3,141
		4	6,95±1,035	38,93±3,194
		5	7,34±1,330	45,59±4,084
		6	6,97±0,813	49±2,596
		7	6,42±0,565	50,83±1,786
		8	11,83±0,683	54,09±1,901
		9	5,88±0,645	54,86±2,24
		10	5,33±0,445	55,09±1,635
Grande	ICA Quimbaya	1	6,73±0,069	12,86±0,210
		2	3,68±0,079	13,89±0,335
		3	2,75±0,034	15,29±0,252
		4	2,84±0,070	19,90±0,398
		5	2,90±0,139	24,07±0,875
		6	3,52±0,141	31,62±0,961
		7	4,10±0,338	38,54±2,059
		8	11,03±0,123	48,27±1,013
		9	5,34±0,114	51,28±0,652
		10	5,11±0,150	52,80±0,816
	DRK 105	1	7,92±0,099	14,69±0,202
		2	7,81±0,376	26,48±1,206
		3	8,63±0,444	37,37±1,208
		4	8,75±0,539	44,64±1,529
		5	9,66±0,543	52,67±1,487
		6	8,53±0,322	54,12±1,028
		7	7,64±0,419	55,19±1,791
		8	12,48±0,260	56,54±1,604
		9	6,34±0,154	56,83±1,017
		10	5,72±0,238	56,89±1,435

En los genotipos de tamaño grande, ICA Quimbaya presentó una menor velocidad inicial de hidratación con respecto a los demás genotipos de este grupo. Con relación al tiempo, este parámetro tendió a disminuir hasta la tercera hora de remojo, incrementándose gradualmente hasta alcanzar una velocidad de 11,033 g/h a las 8 h de remojo, como se muestra en la Figura 19.

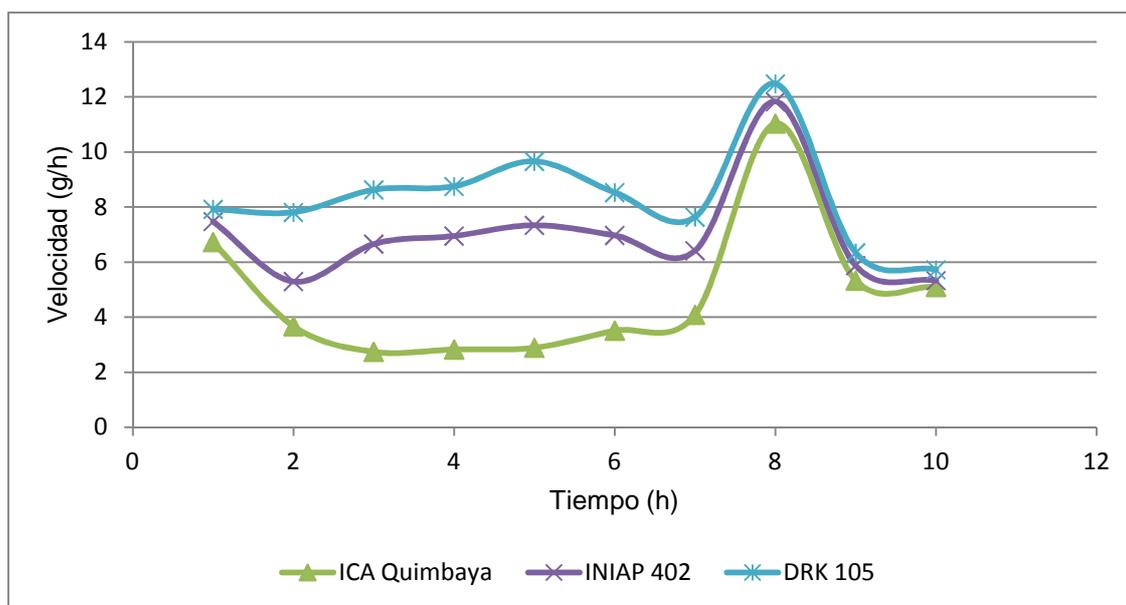


Figura 19. Velocidad de hidratación de los genotipos grandes

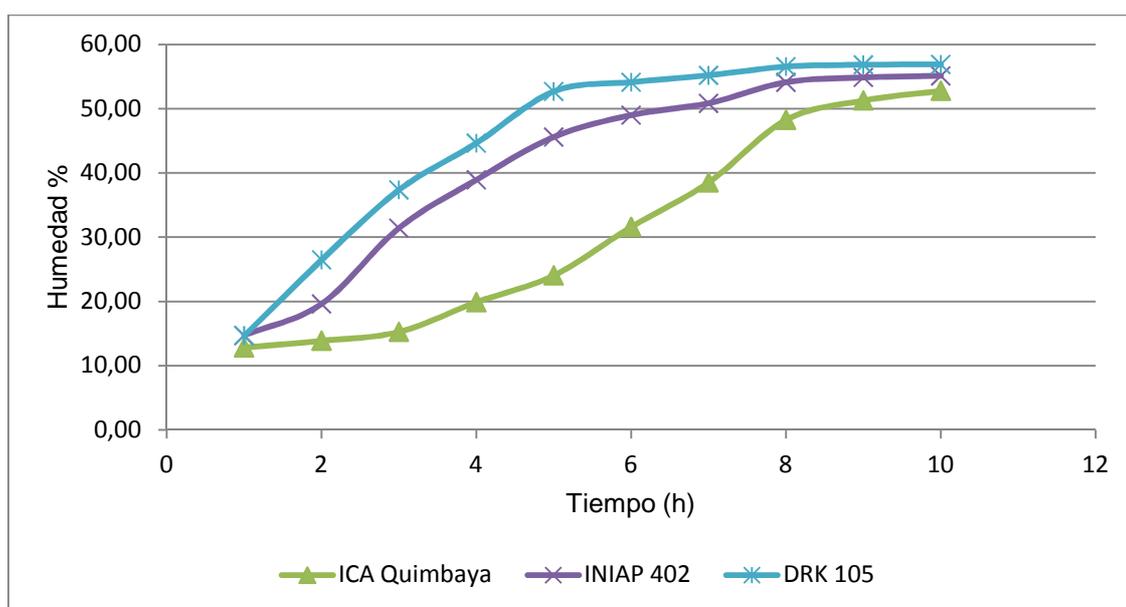


Figura 20. % de Humedad de los genotipos grandes

Los genotipos INIAP 402 y DRK 105, mostraron un mayor contenido de humedad, a medida que transcurrió el tiempo de remojo; mientras que, el genotipo ICA Quimbaya presentó contenidos menores de humedad, alcanzando el 53 % de humedad a las 10 h de remojo, como se observa en la figura 20.

3.3 EVALUACIÓN DEL PROCESO CALÓRICO DE ESTERILIZACIÓN

La esterilización es un tratamiento térmico de alta intensidad, realizado a temperatura superior a 100°C que consigue una suficiente destrucción de la flora patógena y banal, incluyendo las formas esporuladas, con el fin de garantizar la salud pública y la estabilidad del producto almacenado (Casp y Abril, 2003). En la Tabla 28, se presentan los resultados para el tiempo y temperatura del proceso calórico de esterilización.

Tabla 28. Proceso calórico de esterilización

Genotipo	L.G.	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
BRB 195	L1	7	122,4
	L2	6,5	122,4
BRB 194	L1	7	121,55
	L2	7	121,55
INIAP 402	L1	7	121,3
	L2	8	121,3
DRK 105	L1	7	121,5
	L2	6,5	121,5
ICA Quimbaya	L1	9	121,4
	L2	9	121,4
Cóndor	L1	8	121,7
	L2	8	122,7
L88-63	L1	7	121,4
	L2	8	121,4
G21-212	L1	7,3	121,05
	L2	8	121,05

Tabla 28. Proceso calórico de esterilización **Continuación ...**

Genotipo	L.G.	Tiempo (min)	Temperatura (°C)
NSL	L1	8	121,75
	L2	7,3	121,75
INIAP 482	L1	8	121,6
	L2	8	121,6
Rocha	L1	6,5	121,3
	L2	6,5	121,3
Chota	L1	7	121,6
	L2	7	121,6

El genotipo que requirió mayor tiempo de reducción decimal (tiempo necesario para reducir, a una temperatura dada, la cantidad de microorganismos a una décima parte de la población inicial) fue ICA Quimbaya con 9 min, mientras que el genotipo Rocha alcanzó la esterilización comercial en 6,5 min, de lo que se deduce que los genotipos de mayor tamaño requieren mayor tiempo de proceso, a diferencia de los medianos, pequeños y muy pequeños. Para los demás genotipos este tiempo varió entre 7 a 8 min, utilizando latas esmaltadas *tall 300*, tiempo de muerte térmica adecuado para productos de baja acidez como el frejol. La composición del líquido de gobierno no influyó en el tiempo de proceso.

3.4 DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL PROCESAMIENTO TÉRMICO

3.4.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

En la Tabla 29, se presentan los resultados para las variables de respuesta del tamaño y la textura de los genotipos procesados.

Tabla 29. Tamaño y dureza de los genotipos de fréjol procesados

Código	Factores en estudio		Variables de respuesta			
	Genotipo	L.G.	Tamaño (mm)			Dureza (mm)
			Largo	Ancho	Espesor	
T1	BRB 195	L1	12,86 ^{ghi} ±0,715	8,02 ^{ghi} ±0,530	6,30 ^{efgh} ±0,347	6,5 ^{defg} ±0,795
		L2	14,49 ^{ef} ±0,443	9,13 ^{de} ±0,298	6,92 ^{cde} ±0,182	6,87 ^{cdef} ±1,401
T2	BRB 194	L1	13,32 ^{fgh} ±0,436	8,37 ^{efgh} ±0,248	6,77 ^{def} ±0,184	6,57 ^{defg} ±1,368
		L2	14,10 ^{fg} ±0,625	8,88 ^{ef} ±0,415	6,76 ^{def} ±0,271	7,27 ^{bcde} ±1,035
T3	INIAP 402	L1	16,89 ^{cd} ±0,359	7,96 ^{ghi} ±0,460	5,78 ^{hij} ±0,344	2,53 ^h ±1,041
		L2	18,35 ^b ±1,083	8,63 ^{efg} ±0,418	6,64 ^{defg} ±0,431	4,65 ^{fgh} ±0,378
T4	DRK 105	L1	17,20 ^{bc} ±0,854	10,09 ^{bc} ±0,281	7,54 ^{bc} ±0,331	8,18 ^{abcde} ±0,504
		L2	17,39 ^{bc} ±0,992	11,07 ^a ±0,686	7,45 ^{bc} ±0,162	9,03 ^{abc} ±0,489
T5	ICA Quimbaya	L1	19,77 ^a ±0,913	9,15 ^{de} ±0,409	6,42 ^{defgh} ±0,365	4,83 ^{fgh} ±1,189
		L2	20,09 ^a ±0,756	9,09 ^{de} ±0,370	6,93 ^{cde} ±0,262	6,78 ^{cdef} ±0,915
T6	Cóndor	L1	9,42 ^m ±0,209	6,57 ^k ±0,298	4,74 ^k ±0,123	6,77 ^{cdef} ±0,841
		L2	9,79 ^{lm} ±0,302	6,69 ^{jk} ±0,178	5,11 ^{jk} ±0,264	6,93 ^{cdef} ±0,3971
T7	L88-63	L1	10,67 ^{jkl} ±0,539	7,48 ^{hi} ±0,377	5,50 ^{hij} ±0,194	7,20 ^{abcde} ±0,335
		L2	10,88 ^{klm} ±0,358	7,58 ^{ij} ±0,435	5,75 ^{ij} ±0,204	7,97 ^{abcd} ±0,356
T8	G21-212	L1	11,78 ^{ijk} ±0,666	7,45 ^{ij} ±0,167	5,20 ^{jk} ±0,250	5,93 ^{efg} ±1,048
		L2	12,19 ^{hij} ±0,527	7,84 ^{ghi} ±0,239	5,30 ^{jk} ±0,097	6,63 ^{def} ±0,393
T9	NSL	L1	12,62 ^{hi} ±0,772	8,18 ^{fghi} ±0,227	6,75 ^{def} ±0,277	4,33 ^{gh} ±1,212
		L2	12,67 ^{hi} ±0,616	8,91 ^{def} ±0,163	7,08 ^{cd} ±0,266	4,73 ^{fgh} ±1,571
T10	INIAP 482	L1	12,66 ^{hi} ±0,372	8,01 ^{ghi} ±0,205	6,01 ^{ghi} ±0,081	5,67 ^{efg} ±0,216
		L2	12,79 ^{ghi} ±0,573	7,82 ^{ghi} ±0,516	6,22 ^{fgh} ±0,616	6,1 ^{efg} ±1,121
T11	Rocha	L1	16,30 ^{cd} ±0,770	10,66 ^{ab} ±0,699	8,69 ^a ±0,213	9,4 ^{ab} ±0,829
		L2	16,43 ^{cd} ±0,605	10,84 ^{ab} ±0,408	8,62 ^a ±0,643	9,35 ^a ±0,509
T12	Chota	L1	14,51 ^{ef} ±0,511	9,74 ^{ab} ±0,348	8,13 ^{ab} ±0,248	5,92 ^{efg} ±1,196
		L2	15,51 ^{de} ±0,509	10,36 ^{ab} ±0,334	8,32 ^a ±0,421	8,8 ^{abcd} ±1,257

Xm ± DS; n=6; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

La composición del líquido de gobierno influyó en las dimensiones del grano, al final del proceso térmico. La Figura 21, muestra que los genotipos envasados con el líquido de gobierno L1 (NaCl, CaCl₂, C₆H₁₂O₆ y H₂O) presentaron una menor longitud que los granos envasados con el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O), evidenciándose en el primer caso, el papel del calcio en la prevención del

ablandamiento excesivo del grano. Sin embargo la longitud del genotipo ICA Quimbaya, no varió estadísticamente, con la composición del líquido de gobierno. Por efecto del remojo y el proceso térmico, este genotipo experimentó un incremento del tamaño de grano, igual a 16,13 % en el líquido de gobierno L1 y 17,46 % en el líquido de gobierno L2, con respecto al grano en estado nativo o crudo.

En los genotipos de menor tamaño como Cóndor, fue más notable el incremento de tamaño, con relación al grano crudo, registrándose un aumento del 15,07 % para el grano envasado con el líquido de gobierno L1 y 18,28 % cuando fue envasado con el líquido de gobierno L2, la diferencia en el incremento de tamaño fue del 3,21%.

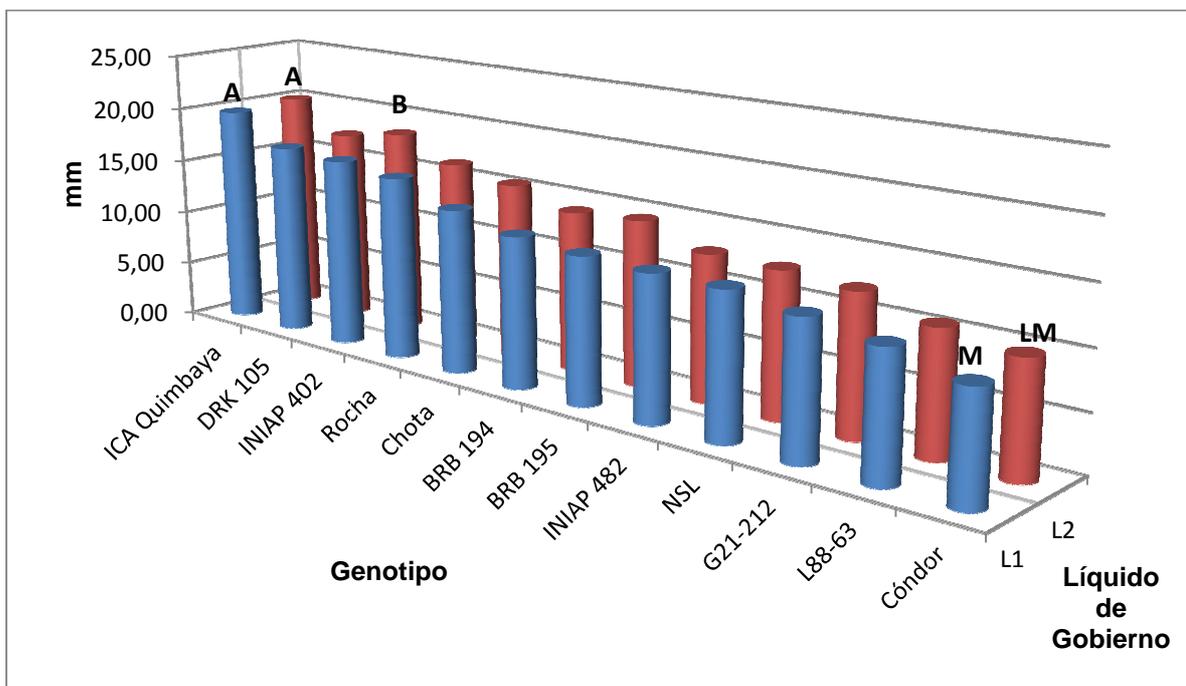


Figura 21. Largo de los genotipos de fréjol procesados

Igualmente en el ancho del grano, se encontró diferencias estadísticas entre genotipos y por efecto del líquido de gobierno utilizado (Figura 22). Cuando se utilizó líquido de gobierno conteniendo cloruro de calcio, por su mayor tamaño sobresalieron Rocha y DRK 105 con 10,66 y 10,09 mm de ancho, respectivamente, mientras que el genotipo Cóndor fue el grano de menor tamaño con 6,57 mm de ancho; igual respuesta se obtuvo con el líquido de gobierno

conteniendo, sal y azúcar (L2). El genotipo Rocha, en el líquido de gobierno L1, experimentó un aumento de tamaño del 24,30% con respecto al grano crudo, mientras que en líquido L2, el incremento fue del 25,55%, con una diferencia del 1,26%.

El genotipo Cóndor, en el líquido de gobierno L1, mostró un incremento en el tamaño del grano igual a 22,22% y 23,62% en el líquido de gobierno 2, con respecto al grano crudo, con una diferencia del 1,40%.

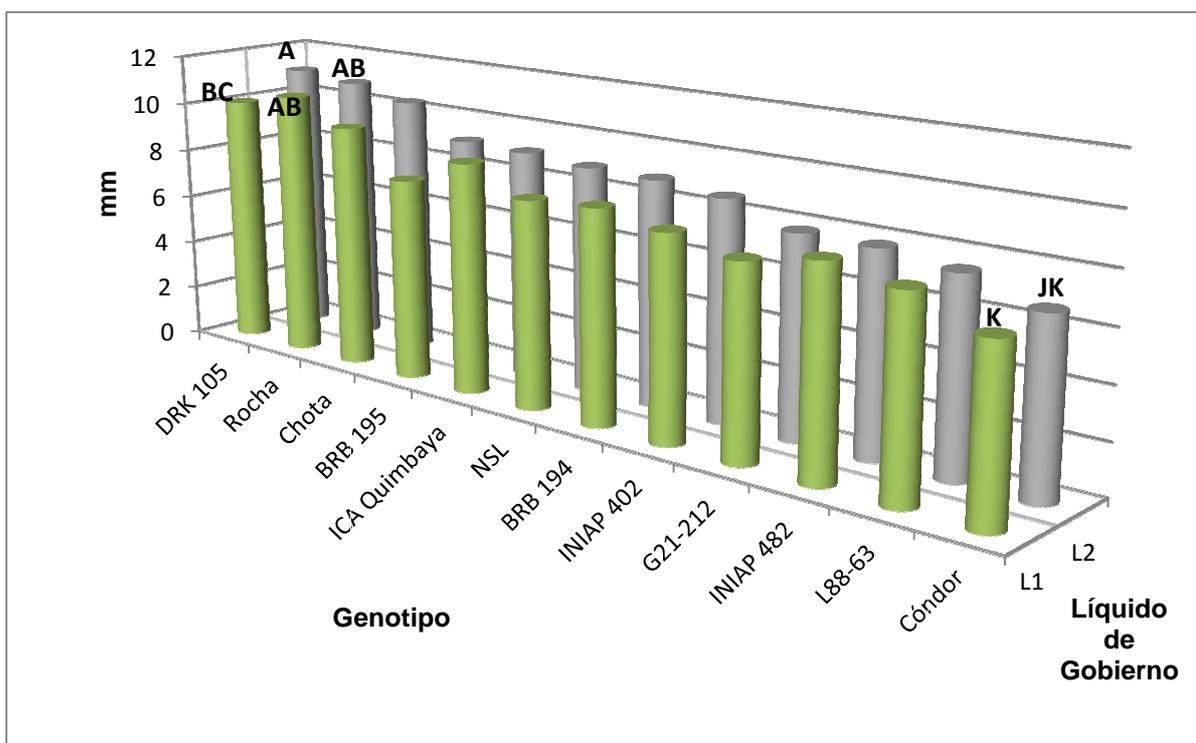


Figura 22. Ancho de los genotipos de fréjol procesados

Igualmente se determinaron diferencias significativas entre los diferentes genotipos de grano y el líquido de gobierno aplicado con respecto al espesor, como se muestra en la Figura 23. En el líquido de gobierno 1 (NaCl , CaCl_2 , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O), por su mayor espesor sobresalieron Rocha y Chota con 8,69 y 8,13 mm respectivamente; mientras que Cóndor y G21-212 fueron los de menor espesor, con 5,20 y 4,74 mm respectivamente. En el líquido de gobierno L2, por su mayor espesor se destacaron Rocha y Chota con 8,62 y 8,32 mm, respectivamente; los que contrastaron con G21-212 y Cóndor con un espesor de 5,30 y 5,11 mm, respectivamente.

El incremento de espesor del genotipo Rocha, en el líquido de gobierno 1 fue del 23,96% y 22,74% en el líquido de gobierno 2, con respecto al grano crudo. Para el genotipo Cóndor se registró un aumento del espesor igual a 20,46% en el líquido de gobierno 1, y 26,22% en el líquido de gobierno 2, con respecto al grano crudo, con una diferencia del 5,76 %, cuando el grano fue envasado en el líquido de gobierno 1 y 2.

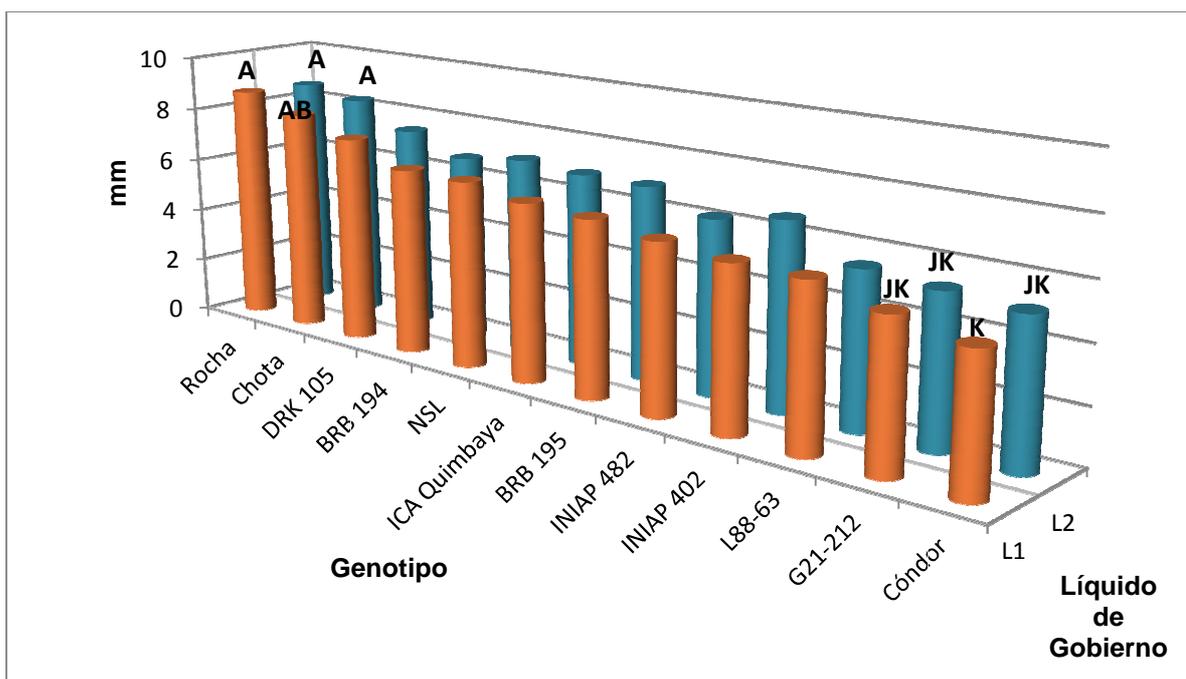


Figura 23. Espesor de los genotipos de fréjol procesados

La Figura 24, muestra diferencias significativas entre los genotipos de grano y el líquido de gobierno utilizado, con respecto a la dureza. El genotipo Rocha sobresalió por su menor dureza (9,4 mm de penetración), cuando fue envasado con el líquido de gobierno conteniendo CaCl_2 . Por efecto del remojo y el procesamiento térmico, la dureza del grano disminuyó en 84,76%, con el líquido de gobierno 1 y 84,67% envasado en el líquido de gobierno 2, con respecto al grano en estado crudo. La diferencia de dureza por el cambio en la composición del líquido de gobierno fue del 0,08%.

A los genotipos NSL e INIAP 402, caracterizaron su mayor dureza con valores de 4,32 y 2,92 mm de penetración en el líquido de gobierno L1 y 4,73 y 4,65 mm en el líquido de gobierno L2. En este caso, la diferencia de dureza del grano por

efecto de la composición del líquido de gobierno no fue estadísticamente significativa, lo que no ocurre cuando la comparación se establece con el grano crudo, registrándose una disminución del 77,25 y 76,28 % respectivamente, en el líquido de gobierno 1; y 79,22 y 87,10 %, respectivamente, en el líquido de gobierno 2. La diferencia encontrada por efecto de la composición del líquido de gobierno fue de 1,97 con L1 y 10,81 % con L2.

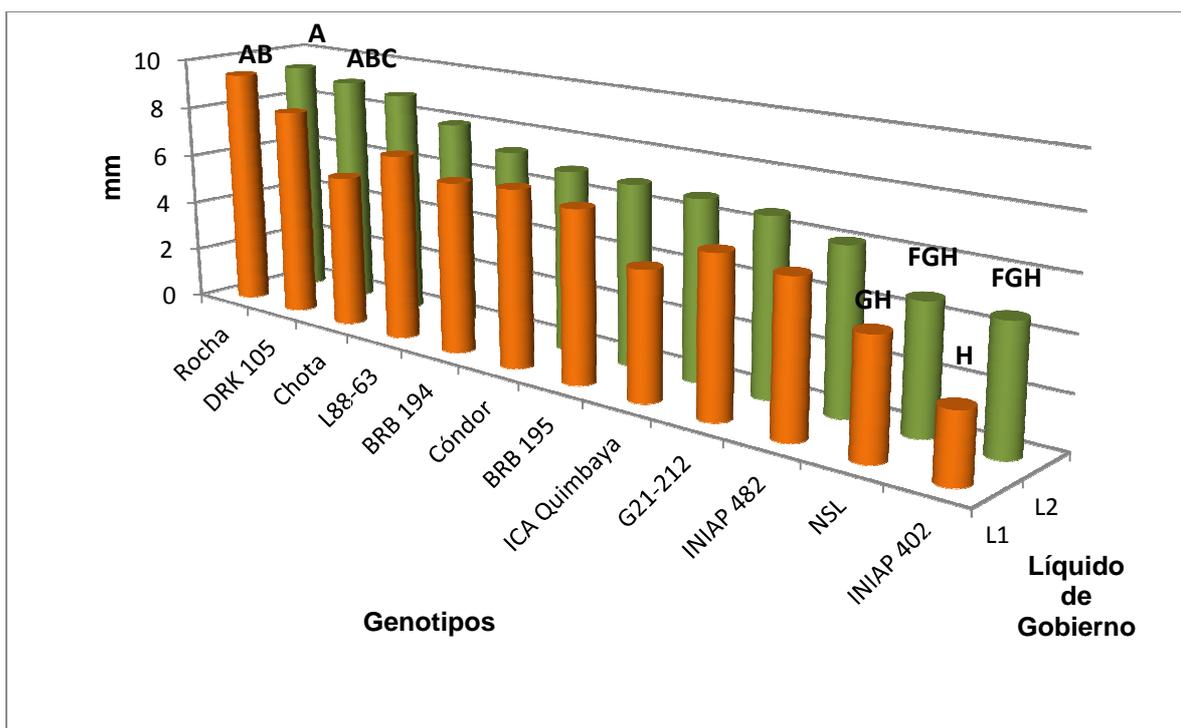


Figura 24. Dureza de los genotipos procesados

Otro parámetro que fue afectado por efecto del procesamiento fue el color del grano, en sus coordenadas a, b y componentes: luminosidad (L), H (tonalidad) y cromaticidad (C) como se observa en la Tabla 30.

Tabla 30.Componentes del color en los genotipos de fréjol procesados

Código	Factores en estudio		Variables de respuesta				
			Componentes del color				
	Genotipo	Líquido de Gobierno	L	H°	C	a	b
T1	BRB 195	L1	4,02 ^a ±0,020	15,60 ^a ±0,023	25,70 ^c ±0,096	24,75 ^a ±0,090	6,91 ^{abc} ±0,035
		L2	2,91 ^a ±0,125	15,05 ^a ±0,056	19,29 ^{bc} ±0,783	18,63 ^{ab} ±0,752	5,01 ^{ab} ±0,218
T2	BRB 194	L1	4,25 ^a ±1,623	16,23 ^a ±1,352	25,77 ^c ±8,300	24,7 ^a ±7,832	7,33 ^{bc} ±2,796
		L2	4,40 ^a ±0,427	16,06 ^a ±0,464	27,34 ^c ±1,948	26,27 ^a ±1,813	7,57 ^{bc} ±0,743
T3	INIAP 402	L1	5,14 ^a ±1,988	17,94 ^a ±2,739	28,05 ^c ±7,321	26,6 ^a ±6,594	8,85 ^{bc} ±3,426
		L2	3,81 ^a ±0,061	15,63 ^a ±0,076	24,34 ^{bc} ±0,293	23,44 ^a ±0,275	6,56 ^{abc} ±0,107
T4	DRK 105	L1	22,21 ^b ±0,39	52,16 ^b ±0,927	41,41 ^d ±1,165	25,4 ^a ±0,332	32,71 ^d ±1,301
		L2	30,35 ^d ±0,131	37,88 ^d ±6,293	15,03 ^{ab} ±1,732	11,9 ^{bc} ±2,338	9,10 ^{bc} ±0,215
T5	ICA Quimbaya	L1	27,23 ^c ±0,835	19,98 ^c ±4,095	7,91 ^a ±0,380	7,42 ^c ±0,179	2,72 ^a ±0,650
		L2	26,65 ^c ±0,947	29,18 ^c ±0,650	20,64 ^{bc} ±0,547	18,02 ^{ab} ±0,528	10,06 ^c ±0,272
T6	Cóndor	L1	0,06 ^a ±0,006	12,94 ^b ±0,342	0,42 ^a ±0,031	0,41 ^a ±0,031	0,09 ^b ±0,006
		L2	24,81 ^d ±0,006	88,64 ^a ±0,080	0,41 ^a ±0,000	-0,02 ^a ±0,001	-0,41 ^a ±0,000
T7	L88-63	L1	0,42 ^b ±0,101	13,79 ^b ±0,409	2,95 ^a ±0,659	2,87 ^{ab} ±0,146	0,71 ^d ±0,178
		L2	1,15 ^c ±0,132	11,04 ^b ±0,397	2,89 ^a ±0,062	2,83 ^{ab} ±0,064	0,55 ^{cd} ±0,011

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Tabla 30.Componentes del color de los genotipos de fréjol procesados **Continuación...**

Código	Factores en estudio		Variables de respuesta				
			Componentes del color				
	Genotipo	Líquido de Gobierno	L	H°	C	a	b
T8	G21-212	L1	0,14 ^a ±0,168	13,86 ^b ±1,461	0,88 ^a ±1,067	0,85 ^a ±1,028	0,23 ^{bc} ±0,289
		L2	0,04 ^a ±0,006	14,06 ^b ±0,676	0,21 ^a ±0,010	0,2 ^a ±0,010	0,05 ^b ±0,000
T9	NSL	L1	0,10 ^a ±0,021	13,35 ^b ±0,152	0,69 ^a ±0,150	0,67 ^a ±0,146	0,16 ^{bc} ±0,036
		L2	0,05 ^a ±0,006	13,25 ^b ±0,376	0,35 ^a ±0,010	0,34 ^a ±0,010	0,08 ^b ±0,000
T10	INIAP 482	L1	1,22 ^c ±0,187	24,28 ^b ±16,853	6,45 ^b ±3,074	5,98 ^b ±3,398	2,09 ^c ±0,327
		L2	0,02 ^a ±0,010	12,51 ^b ±2,641	0,09 ^a ±0,066	0,09 ^a ±0,064	0,02 ^{ab} ±0,017
T11	Rocha	L1	28,29 ^a ±1,844	62,45 ^a ±3,448	31,38 ^b ±1,205	20,39 ^a ±1,300	39,37 ^a ±7,721
		L2	34,91 ^b ±2,572	61,93 ^a ±0,782	36,67 ^{ab} ±0,901	18,37 ^{ab} ±2,756	34,56 ^a ±6,646
T12	Chota	L1	41,89 ^c ±1,097	65,65 ^a ±0,947	44,71 ^a ±7,408	12,92 ^c ±0,059	28,59 ^a ±1,308
		L2	50,98 ^d ±0,064	65,19 ^a ±0,346	39,15 ^{ab} ±6,626	15,39 ^{bc} ±0,241	33,29 ^a ±0,896

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Se seleccionaron como deseables los valores bajos de L y C, indicativos de un color más oscuro del grano. Mientras que la tonalidad (H) permitió clasificar los granos por su color; los genotipos rojos presentaron una tonalidad entre 0° y 45°, los genotipos negros entre 225° y 315° y los genotipos canarios entre 45° a 90°.

A través del análisis estadístico se determinaron diferencias significativas en los componentes del color, por efecto del genotipo de grano y la composición del líquido de gobierno, como se muestra en las Figuras 25 y 26. Utilizando el líquido de gobierno con CaCl_2 , los genotipos de color rojo oscuro fueron BRB 195, BRB 194 e INIAP 402, con valores bajos de luminosidad (L) igual a 4,02; 4,25 y 5,14, con una tonalidad (H) igual a 15,6; 16,23 y 17,94, que los cataloga como granos de color rojo y una pureza de color (C) igual a 25,70, 25,77 y 28,05, respectivamente. Los genotipos DRK 105 e ICA Quimbaya, resultaron de color rojo claro, con valores $L= 22,21; 27,23; H= 52,16; 19,98$ y $C= 41,41; 7,91$. Cuando el grano fue envasado con el líquido de gobierno conteniendo cloruro de sodio, azúcar y agua, los genotipos con mejores características de color fueron BRK 195, INIAP 402 y BRB 194, con valores de luminosidad (L) igual a 2,91; 3,81 y 4,40; tonalidad (H°) igual a 15,05; 15,63 y 16,06; y Cromaticidad igual a 19,29; 24,34 y 27,34, respectivamente. El genotipo DRK 105, presentó color rojo claro, con una menor pureza de color (15,03) y una mayor luminosidad (30,35).

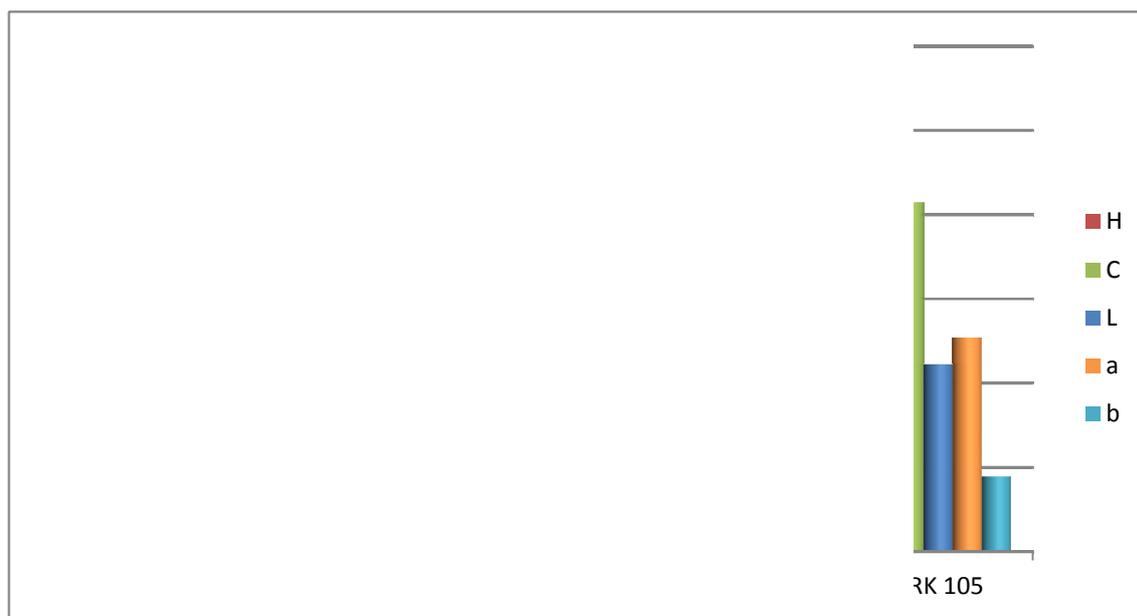


Figura 25. Componentes del color del frejol rojo en el líquido de gobierno L1

Los genotipos BRB 195, INIAP 402 y BRB 194, envasados en el líquido de gobierno con CaCl_2 , experimentaron una variación en la luminosidad o brillo igual a 7,20; 157 y 19,72 %, con respecto al grano en estado nativo o crudo. La variación en la tonalidad fue de 6,48; 29,62 y 12,16 %, mientras que en la cromaticidad fue de 22,4; 90,5 y 23,94 %. Los mismos genotipos envasados en el líquido de gobierno con NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O , presentaron una variación en la tonalidad en el orden del 2,73; 12,93 y 10,99 %, con respecto al grano crudo. La diferencia entre ellos para el valor de la luminosidad (L) fue del 15,2; 66,5 y 4,23 % y para la tonalidad (H) fue del 9,22; 16,69 y 1,17 %, respectivamente. En el grupo de granos de color rojo oscuro el genotipo INIAP 402, experimentó la mayor variación en los componentes del color, por efecto del procesamiento, la luminosidad se afectó en un 91 %, la tonalidad en un 13 %, la cromaticidad en 72 %, el iluminante a en un 70 % y el iluminante b en un 91 %.

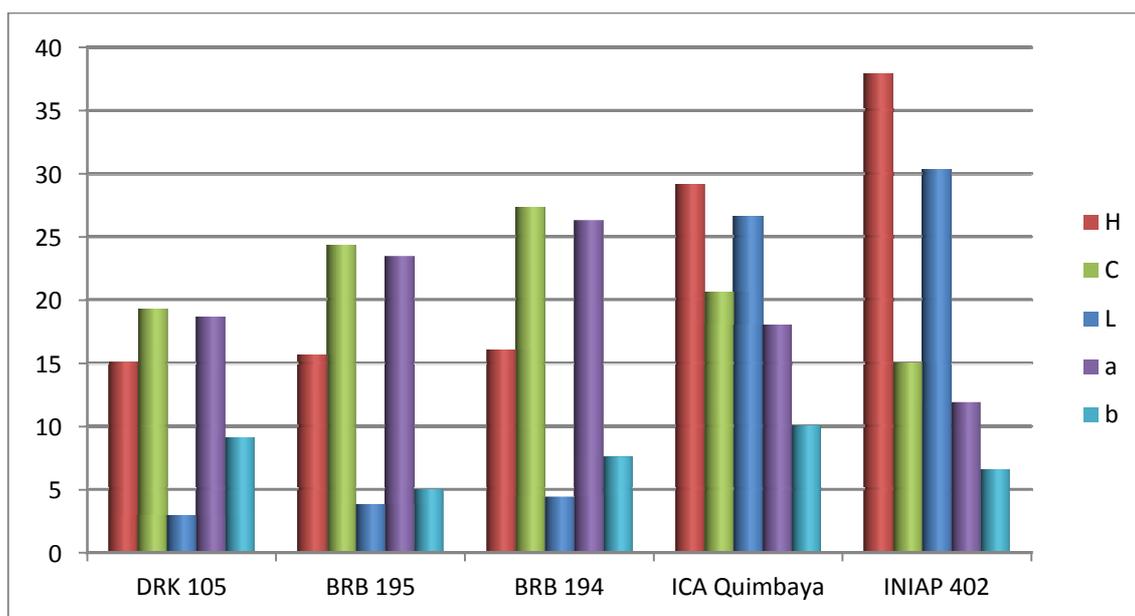


Figura 26. Componentes del color del frejol rojo en el líquido de gobierno L2

En los genotipos de color rojo claro, DRK 105, envasado en el líquido de gobierno L1 (CaCl_2 , NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O) experimentó una variación en la luminosidad en el orden del 393,56 %, la tonalidad varió en 228,26%, la cromaticidad en 48,70 %, el componente a en 5 % y el iluminante b en 321 %. El mismo genotipo en el líquido de gobierno 2 (NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O), varió la luminosidad en 574 %, la tonalidad en 138,39 % y la cromaticidad en 35,20 %. La diferencia en la

luminosidad del grano envasado en líquidos de gobierno de diferente composición es de 180,89 %, mientras que en la tonalidad es de 89,80%.

En el grupo de materiales de color negro, el genotipo que experimentó una mayor variación en los componentes del color, cuando el grano fue envasado con el líquido de gobierno L1 con inclusión de CaCl_2 , fue INIAP 482, con valores de luminosidad igual a 1,22, tonalidad 24,28 y cromaticidad 12,94. Los genotipos con mejores características de color resultaron G21-212, NSL y L88-63, con valores de luminosidad igual a 0,14; 0,1 y 0,42; tonalidad, 13,86; 13,35 y 13,79 y Cromaticidad 0,88; 0,69 y 2,95 respectivamente. Cuando el grano fue envasado con el líquido de gobierno L2, sin inclusión de CaCl_2 , los genotipos con mejores características de color resultaron G21-212, NSL y L88-63, con valores de luminosidad igual a 0,04, 0,05 y 1,15; tonalidad igual a 14,06; 13,25 y 11,04 y Cromaticidad 0,21; 0,35 y 2,89, respectivamente. Los componentes del color, con relación al grano nativo, variaron sustancialmente en el genotipo Cóndor, cuya luminosidad cambió de 12,16 a 24,81, la tonalidad de 270,90 a 88,64 y la cromaticidad varió de 3,03 a 0,41, evidenciando una degradación de los componentes del color hacia tonalidades más claras.

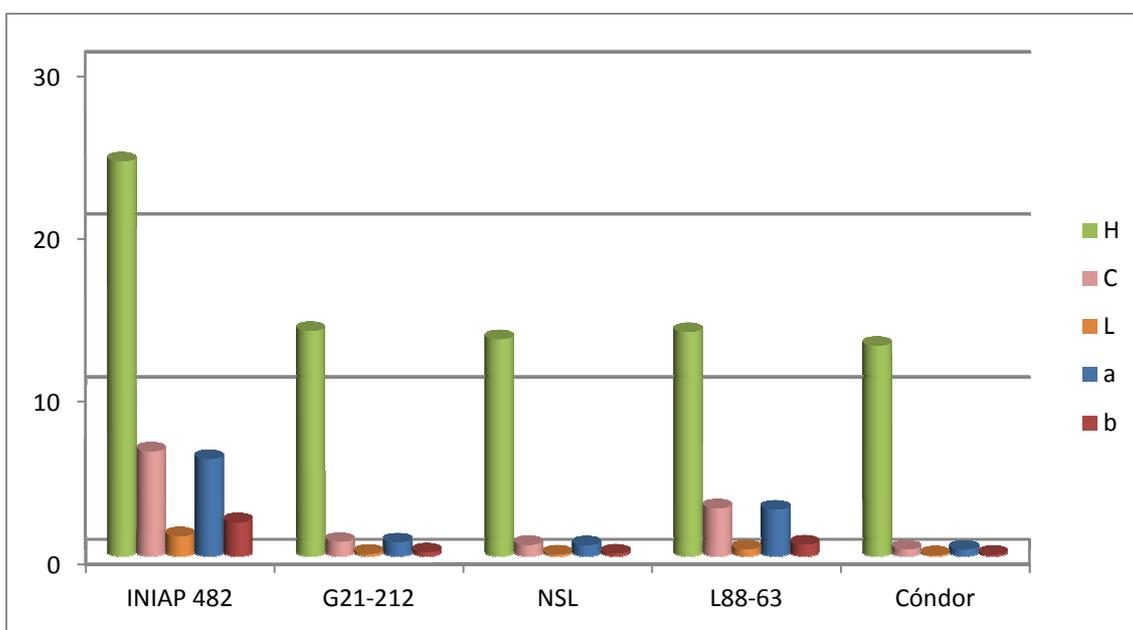


Figura 27. Componentes del color del frejol negro, en el líquido de gobierno L1

Los genotipos G21-212, NSL y L88-63, en el líquido de gobierno 1, con inclusión de CaCl_2 , experimentaron una variación en la luminosidad (L) en el orden del 99,18; 99,23 y 97,79 %, mientras que la tonalidad varió en 94,6; 95,29 y 94,99 %. En el líquido de gobierno 2 (sin CaCl_2), la variación en la luminosidad, con respecto al grano nativo fue en el orden del 99,77; 99,62 y 93,96 %, mientras que la tonalidad varió en 94,52; 95,32 y 95,99 %.

El componente que más varió por efecto de la composición del líquido de gobierno fue la tonalidad o el color (Figuras 27 y 28), con una tendencia a tonalidades más claras (degradación del color negro) cuando el líquido de gobierno no contiene CaCl_2 . Los genotipos INIAP 482 y Cóndor, en el líquido de gobierno L1, mostraron una variación en la luminosidad en el orden del 92,20 y 99,51 %, la tonalidad varió en 91,18 y 95,22 %. En el genotipo Cóndor, en el líquido de gobierno L2, la luminosidad varió de 12,16 a 0,06, la tonalidad disminuyó de 270,90 a 88,64 y la cromaticidad cambió de 3,03 a 0,41, con respecto al grano en estado crudo.

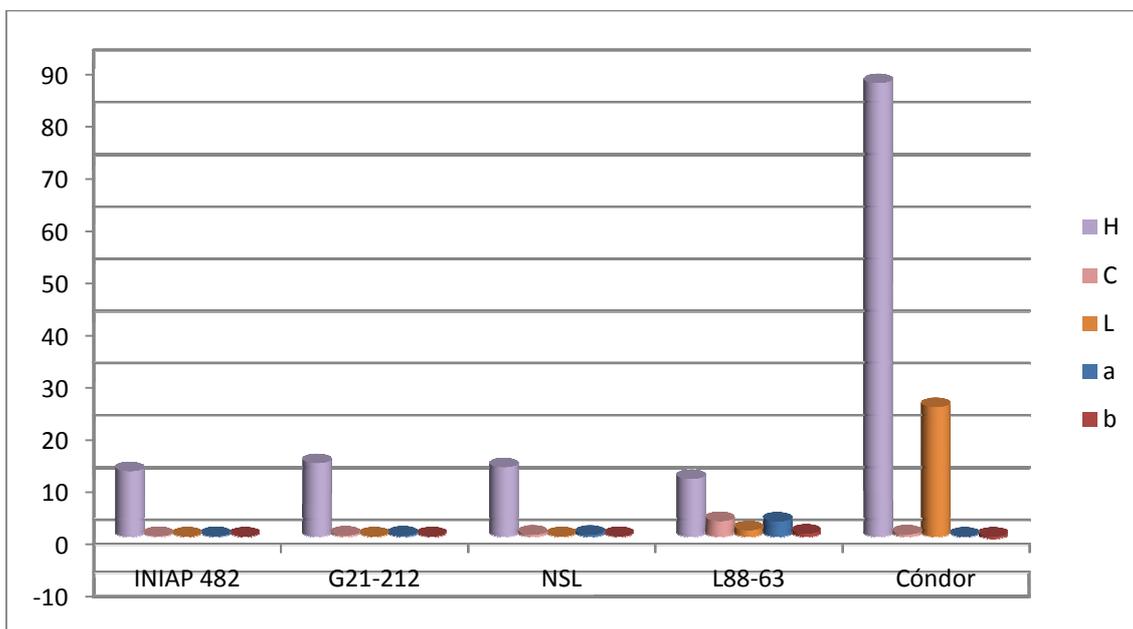


Figura 28. Componentes del color del frejol negro en el líquido de gobierno L2

Igualmente se registraron diferencias estadísticamente significativas, en los componentes del color del grano, por efecto del genotipo de frejol y la composición del líquido de gobierno (Figuras 29 y 30). El genotipo con mejores

características de color, en el líquido de gobierno L1 y L2, es Rocha, con valores de luminosidad igual a 28,29; tonalidad, 62,45 y Cromaticidad 44,71. El genotipo Chota resultó afectado, envasado en el líquido de gobierno L1 presentando una luminosidad de 41,89; tonalidad 65,65 y Cromaticidad 31,38; mientras que en el líquido de gobierno sin inclusión de CaCl_2 , la luminosidad aumentó a 57,38, la tonalidad a 65,19 y la cromaticidad a 36,67.

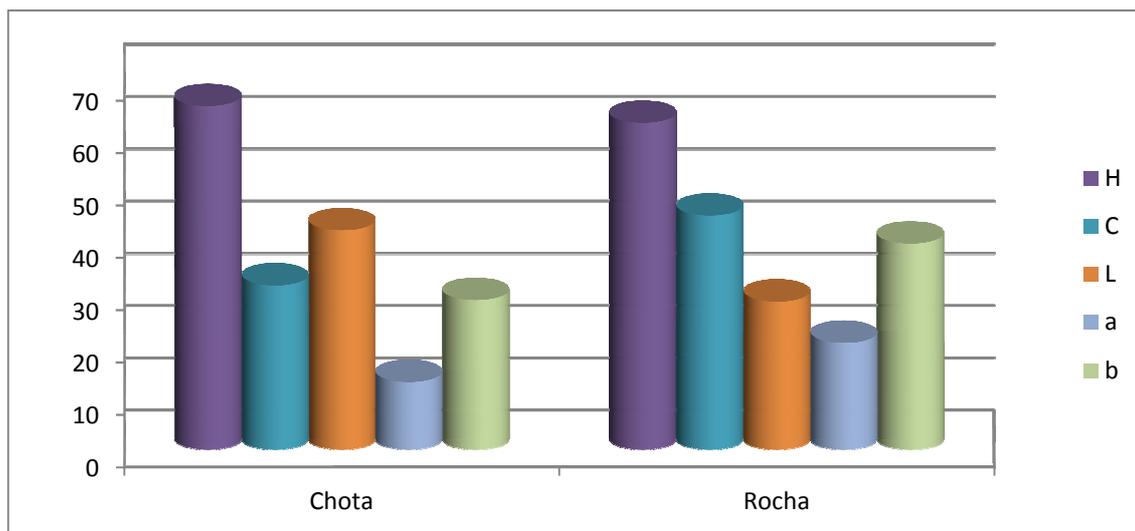


Figura 29.Componentes del color del frejol canario en el líquido de gobierno L1

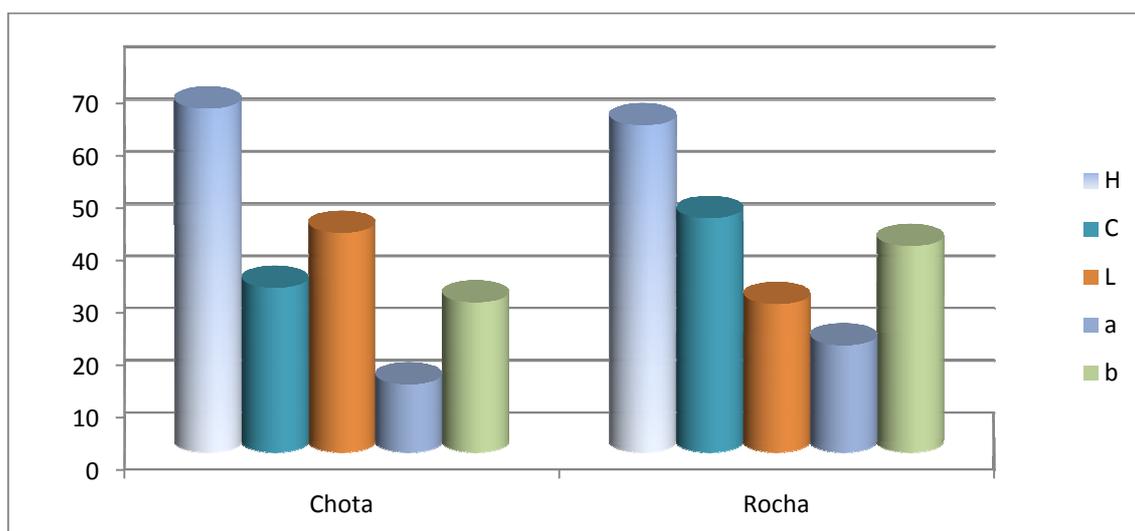


Figura 30.Componentes del color del frejol canario en el líquido de gobierno L2

Por efecto del remojo y el procesamiento térmico, la luminosidad del genotipo Rocha, envasado con el líquido de gobierno L1 (NaCl, CaCl₂, C₆H₁₂O₆, H₂O), varió en el orden del 37,16 % y la tonalidad cambió en un 22,73 %, con respecto al grano nativo. Envasado con el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆, H₂O), la luminosidad varió en 22,46 % y la tonalidad en 23,37 %.

Igual que ocurrió con los genotipos de color rojo y negro, en los genotipos canarios, el componente que experimenta mayor variación por efecto del procesamiento térmico del grano es la tonalidad o matiz de color, pasando de un color amarillo anaranjado a anaranjado apagado.

En base a estos resultados y al diagrama de interpretación del color CIELAB (Figura 12), se interpretó el color de los genotipos como se indica en las Tablas 31 y 32.

Tabla 31. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de fréjol, en el líquido de gobierno L1.

Genotipo	L	H	C	a	b
ROJOS					
BRB 194	oscuro	rojo	pálido	rojo intenso	amarillo tenue
BRB 195	oscuro	rojo	pálido	rojo intenso	amarillo tenue
DRK 105	gris semi claro	rojo anaranjado	apagado	rojo intenso	amarillo tenue
ICA Quimbaya	gris semi claro	rojo	grises	rojo	amarillo tenue
INIAP 402	oscuro	rojo	pálido	rojo intenso	amarillo tenue
NEGROS					
NSL	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo
L88-63	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo
INIAP 482	oscuros	rojo	grises	rojo	amarillo
G21-212	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo
Cóndor	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo
CANARIOS					
Chota	claro	anaranjado	apagado	rojo	amarillo
Rocha	gris semi claro	rojo anaranjado	apagado	rojo intenso	amarillo

Los genotipos de fréjol más afectados por efecto del remojo y el procesamiento térmico fueron los de color negro, tanto en el líquido de gobierno L1 (NaCl, CaCl₂,

$C_6H_{12}O_6$ y H_2O) como en el L2 ($NaCl$, $C_6H_{12}O_6$ y H_2O). Los genotipos rojos, preservaron mejor los componentes del color, a excepción del genotipo DRK 105.

Tabla 32. Interpretación de los componentes del color de los genotipos de fréjol en el líquido de gobierno L2

Genotipo	L	H	C	a	b
ROJOS					
BRB 194	oscuros	rojo	apagado	rojo	amarillo opaco
BRB 195	oscuros	rojo	pálido	rojo	amarillo opaco
DRK 105	claro	rojo anaranjado	pálido	rojo tenue	amarillo tenue
ICA Quimbaya	gris semi claro	rojo	pálido	rojo	amarillo tenue
INIAP 402	oscuros	rojo	pálido	rojo	amarillo opaco
NEGROS					
NSL	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo opaco
L88-63	oscuros	rojo	grises	rojo	amarillo opaco
INIAP 482	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo opaco
G21-212	oscuros	rojo	grises	rojo opaco	amarillo opaco
Cóndor	oscuros	amarillo anaranjado	grises	verde opaco	azul opaco
CANARIOS					
Chota	claro	amarillo anaranjado	apagado	rojo	amarillo
Rocha	claro	amarillo anaranjado	apagado	rojo	amarillo

En la Tabla 33, se presentan los resultados para el grado de aglomeración, grado de rotura, peso drenado, contenido de sólidos en el caldo de cocción, viscosidad del líquido de gobierno

Tabla 33. Características físicas del líquido de gobierno y del fréjol enlatado

Parámetro Genotipo	Líquido de Gobierno (LG)	Viscosidad del LG (cst)	Grado de aglomeración	Grado de rotura (%)	Peso Ecurrido	Sólidos Suspendidos en el LG (%)
INIAP 482	L1	14,30 ⁱ ±0,079	3	38,27 ^g ±0,154	241,26±0,957	11,18 ^h ±0,062
	L2	19,67 ^k ±0,102	2	44,70 ^h ±0,383	282,83±0,966	28,85 ^m ±0,149
L88-63	L1	11,33 ^f ±0,117	5	83,46 ^l ±1,189	247,81±0,510	5,06 ^c ±0,052
	L2	36,37 ⁿ ±0,142	4	85,60 ^l ±0,569	255,45±0,955	29,91 ⁿ ±0,117
NSL	L1	3,58 ^a ±0,177	5	15 ^c ±0,431	251,90±0,100	2,33 ^b ±0,115
	L2	13,55 ^{hi} ±0,098	4	37,57 ^g ±0,168	267,54±0,742	4,47 ^c ±0,032
G21-212	L1	3,46 ^a ±0,073	5	58,55 ⁱ ±0,244	244,28±0,075	16,90 ⁱ ±0,357
	L2	34,74 ^m ±0,115	3	78,76 ^k ±2,862	310,01±0,236	27,80 ^l ±0,092
Cóndor	L1	3,61 ^a ±0,186	4	5,13 ^a ±0,347	251,85±0,350	9,02 ^{fg} ±0,465
	L2	13,68 ^{hi} ±0,223	1	20,08 ^d ±0,532	341,85±0,450	22,55 ^k ±0,367
DRK 105	L1	3,70 ^a ±0,198	7	5,14 ^a ±0,353	225,75±0,750	2,26 ^b ±0,121
	L2	6,26 ^c ±0,409	7	25,99 ^e ±1,656	243,43±0,334	18,50 ⁱ ±1,209
ICA Quimbaya	L1	12,55 ^g ±0,093	7	8,28 ^b ±0,038	282,43±1,271	7,94 ^e ±0,058
	L2	16,62 ^j ±0,252	7	8,30 ^b ±0,211	291,48±0,275	9,96 ^g ±0,151
BRB 195	L1	6,48 ^c ±0,305	7	5,03 ^a ±0,396	247,60±0,400	9,18 ^{fg} ±0,425
	L2	20,45 ^l ±0,329	5	6,06 ^{ab} ±0,101	303,75±0,153	6,73 ^d ±0,108

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Tabla 33.Características físicas del líquido de gobierno y del fréjol enlatado**Continuación...**

Parámetro Genotipo	Líquido de Gobierno (LG)	Viscosidad del LG (cst)	Grado de aglomeración	Grado de rotura (%)	Peso Ecurrido	Sólidos Suspendedos en el LG (%)
INIAP 402	L1	7,48 ^d ±0,074	6	37,08 ^g ±1,373	264,90±0,900	4,39 ^c ±0,043
	L2	12,67 ^g ±0,274	4	45,66 ^h ±0,519	276,58±0,425	11,28 ^h ±0,244
BRB 194	L1	4,42 ^b ±0,285	7	6,01 ^{ab} ±0,248	230,80±0,200	2,35 ^b ±0,151
	L2	4,66 ^b ±0,110	5	6,26 ^{ab} ±0,270	246±0,300	10,98 ^h ±0,260
Chota	L1	6,55 ^c ±0,176	7	36,85 ^g ±0,957	221,28±0,182	1,13 ^a ±0,030
	L2	10,67 ^c ±0,146	5	54,11 ⁱ ±1,050	241,46±1,240	8,91 ^{ef} ±0,122
Rocha	L1	16,14 ^j ±0,183	6	31,33 ^f ±0,362	274,75±0,051	2,23 ^b ±0,025
	L2	35,75 ⁿ ±0,100	4	56,61 ^{ij} ±0,253	294,92±0,475	11,66 ^h ±0,033

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Se determinaron diferencias significativas entre los genotipos y el líquido de gobierno aplicado, en los diferentes parámetros físicos evaluados. Con respecto a la viscosidad del líquido de gobierno, en general, se determinaron valores menores en el líquido de gobierno con inclusión de CaCl_2 , ya que una de las funciones de este componente es endurecer la cubierta, y así disminuir la susceptibilidad del grano a la rotura, por lo que la transferencia de sólidos al líquido de cobertura es mínima, este comportamiento exhibieron los genotipos BRB 194 y DRK 105. El líquido de gobierno de los genotipos G21-212, NSL, Cóndor y DRK 105, presentó valores de viscosidad igual a 3,46; 3,58; 3,61 y 3,70 cst, respectivamente, mientras que el líquido de gobierno con el genotipo Rocha mostró el mayor valor de viscosidad (16,14 cst). Cuando el líquido de gobierno no incluye cloruro de calcio en su formulación, aumenta la viscosidad del mismo y alcanza valores de 4,66 y 6,26 cts en el líquido de cobertura de los genotipos BRB 194 y DRK 105, y 36,37 y 35,75 cst en la cobertura de los genotipos L88-63 y Rocha, respectivamente.

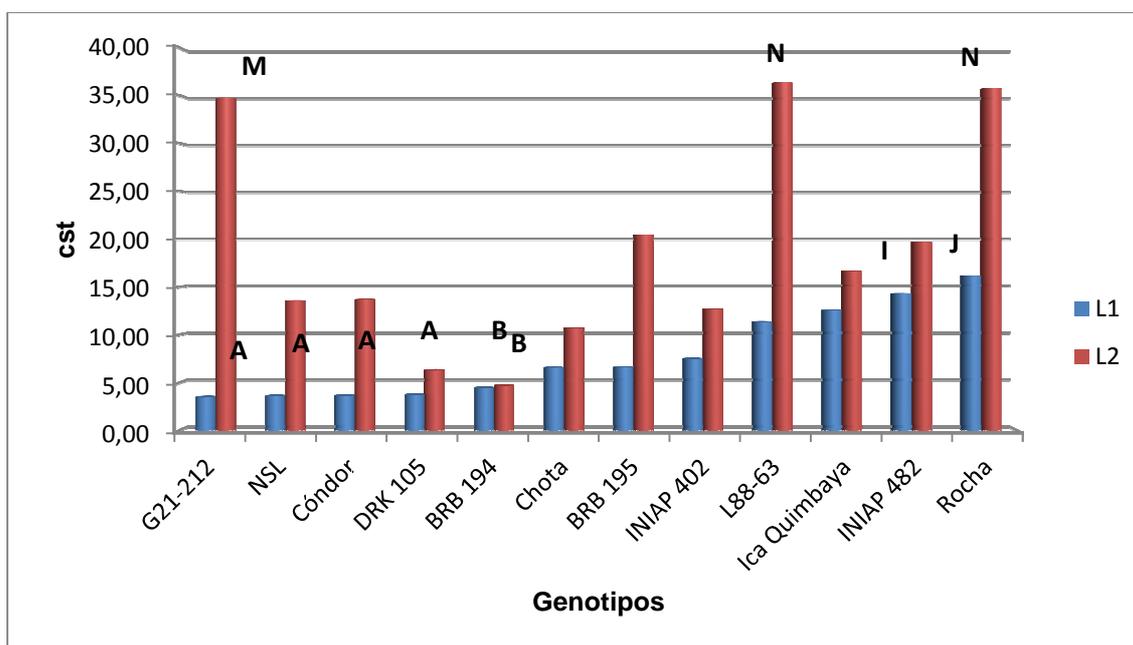


Figura 31. Viscosidad del líquido de gobierno con (L1) y sin (L2) CaCl_2

Estos valores se puntuaron mediante una escala hedónica de siete puntos, como se puede apreciar en la Tabla 34.

Tabla 34. Escala hedónica para la viscosidad

Calificación	Puntuación
Extremadamente viscoso	1
Muy viscoso	2
Medianamente viscoso	3
Viscoso	4
Levemente viscoso	5
Apenas viscoso	6
No viscoso	7

Igualmente, se determinaron diferencias significativas en el grado de aglomeración del grano procesado, por efecto de los genotipos y la composición del líquido de gobierno. Los genotipos con menor grado de aglomeración, envasados con el líquido de gobierno L1 (NaCl, CaCl₂, C₆H₁₂O₆ y H₂O) fueron DRK 105, ICA Quimbaya, BRB 195, BRB 194 y Chota que alcanzaron una calificación de siete puntos, según la escala de la Tabla 35. El genotipo con mayor grado de aglomeración fue INIAP 482 con una calificación de tres. Cuando se utilizó el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O), los genotipos con menor grado de aglomeración del grano fueron DRK 105 e ICA Quimbaya, que alcanzaron una calificación de siete puntos, mientras que, el genotipo con mayor grado de aglomeración (calificación 1) fue Cándor.

Tabla 35. Escala hedónica para el grado de aglomeración

Calificación	Puntuación
Severo	1
Mucha aglomeración	2
Bastante aglomeración	3
Aglomeración	4
Leve aglomeración	5
Escasa aglomeración	6
Sin aglomeración	7

Con respecto al grado de rotura se determinó que éste es menor, en los genotipos envasados con el líquido de gobierno L1 (Figura 32), debido a la presencia del cloruro de calcio, compuesto que confiere mayor firmeza a la

cubierta, se disminuye su susceptibilidad a la rotura y la pérdida de sólidos del grano. Los genotipos con menor grado de rotura fueron BRB 195, Cóndor, DRK 105 y BRB 194 con 5,03; 5,13; 5,14 y 6,01 % respectivamente. En contraste, el genotipo L88-63 presentó un grado de rotura del 83,46 %. Resultados similares se obtuvieron con el líquido de gobierno sin inclusión de cloruro de calcio.

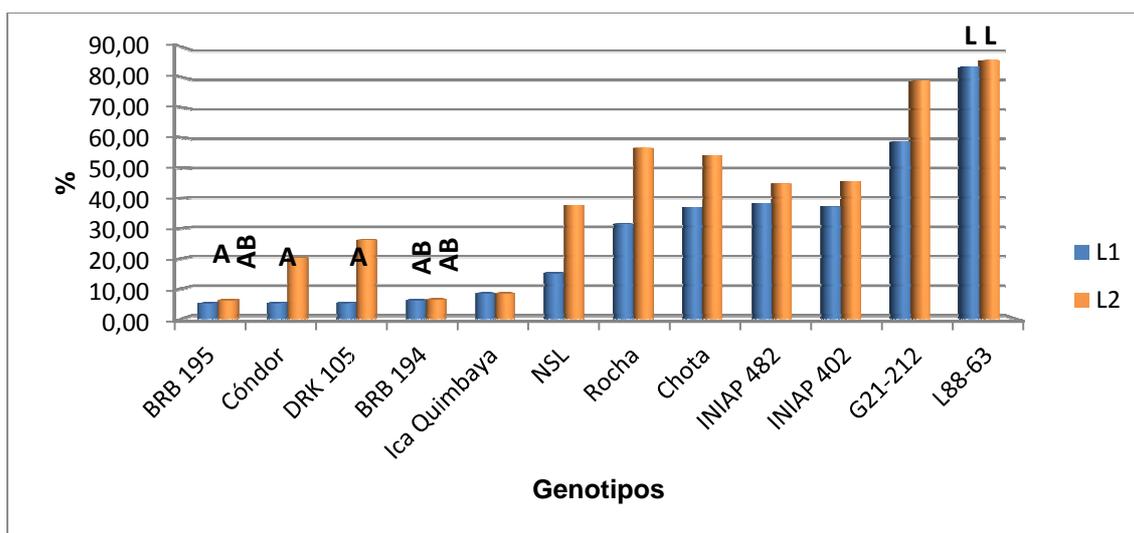


Figura 32. Grado de rotura de los genotipos de frejol enlatados con (L1) y sin (L2) cloruro de calcio

Los porcentajes de rotura se categorizaron en una escala hedónica de siete puntos, como se muestra en la Tabla 36.

Tabla 36. Escala hedónica para el grado de rotura

Calificación	Puntuación
Muy grave escisión	1
Mucha escisión	2
Mediana escisión	3
Escisión	4
Leve escisión	5
Escasa escisión	6
Sin escisión	7

El peso escurrido junto con el peso de fréjol vertido en la lata después del remojo, permite determinar el grado de absorción del líquido de gobierno por el

grano. Una relación aceptable, peso escurrido: peso inicial de grano, debe fluctuar entre 1,4 y 1,6; valores inferiores a 1,4 y superiores a 1,6 no se consideran aceptables. En la Tabla 37 se presentan los resultados obtenidos para la relación mencionada.

Tabla 37. Relación peso escurrido :peso inicial de grano remojado

Genotipo	Líquido de Gobierno	Relación	Interpretación
INIAP 482	L1	1,27	no aceptable
	L2	1,49	aceptable
L88-63	L1	1,30	no aceptable
	L2	1,34	no aceptable
NSL	L1	1,33	no aceptable
	L2	1,41	aceptable
G21-212	L1	1,29	no aceptable
	L2	1,63	no aceptable
Cóndor	L1	1,33	no aceptable
	L2	1,80	no aceptable
DRK 105	L1	1,19	no aceptable
	L2	1,28	no aceptable
ICA Quimbaya	L1	1,49	aceptable
	L2	1,53	aceptable
BRB 195	L1	1,30	no aceptable
	L2	1,60	aceptable
INIAP 402	L1	1,39	no aceptable
	L2	1,46	aceptable
BRB 194	L1	1,21	no aceptable
	L2	1,29	no aceptable
Chota	L1	1,16	no aceptable
	L2	1,27	no aceptable
Rocha	L1	1,45	aceptable
	L2	1,55	aceptable

Según este parámetro, los genotipos aceptables para el proceso de enlatado son:

- ICA Quimbaya y Rocha, los que presentaron con una relación de 1,49 y 1,45, respectivamente, cuando fueron envasados con el líquido de gobierno

L1 (NaCl, CaCl₂, C₆H₁₂O₆ y H₂O). Los demás genotipos presentaron una relación menor a 1,4.

- INIAP 482, NSL, ICA Quimbaya, BRB 195, INIAP 402 y Rocha con una relación de 1,49; 1,41; 1,53; 1,60; 1,46 y 1,55, respectivamente, envasados con el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O). Los genotipos L88-63, DRK 105, BRB 194 y Chota presentan una relación menor a 1,4, mientras que G21-212 y Cóndor presentan una relación mayor a 1,6. Los primeros materiales presentaron una mayor dureza de grano, mientras que G21-212 y Cóndor fueron muy suaves.

Otro parámetro que varió significativamente por efecto del genotipo y la composición del líquido de gobierno fue los sólidos suspendidos. Al igual que la viscosidad del líquido de gobierno, los sólidos suspendidos se presentaron en mayor concentración en el líquido sin inclusión de cloruro de calcio (Figura 33).

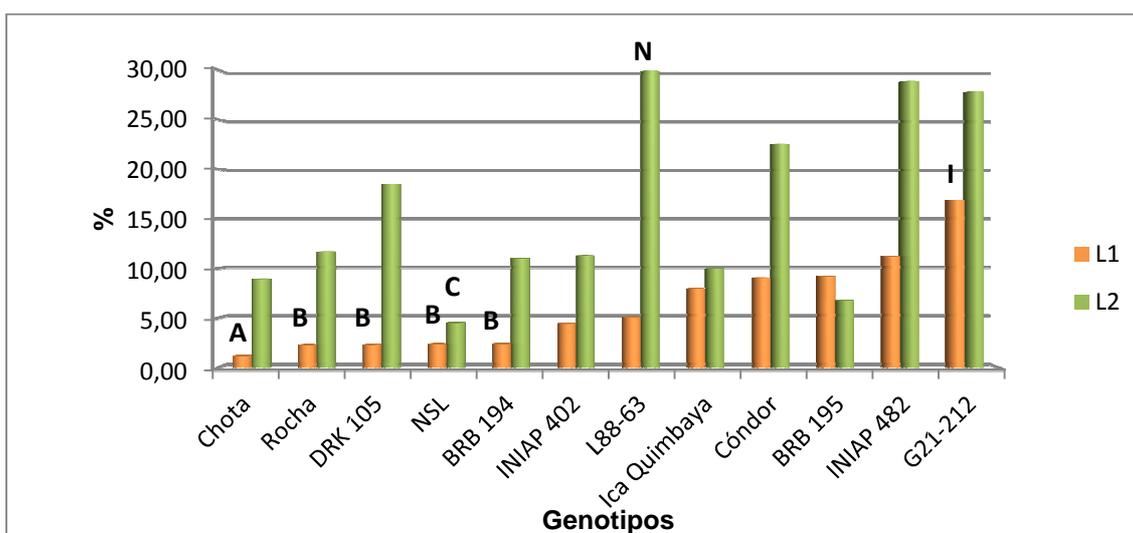


Figura 33. Sólidos suspendidos en el líquido de gobierno con (L1) y sin (L2) cloruro de calcio

El líquido de gobierno L1, con el genotipo Chota, presentó una menor concentración (1,13 %) de sólidos suspendidos, seguido por el líquido de gobierno de los genotipos Rocha, DRK 105, NSL y BRB 194 con 2,23; 2,26; 2,33 y 2,35 %, respectivamente. El líquido de gobierno del genotipo G21-212 presentó un mayor contenido de sólidos suspendidos (16,90%). En el líquido de gobierno L2, conteniendo al genotipo NSL, se detectó un menor contenido de sólidos suspendidos (4,47 %), seguido por el líquido de gobierno del genotipo

BRB 195 con 6,73 %. El mayor contenido de sólidos suspendidos se determinó en el líquido del genotipo L88-63, con 29,91 %.

La menor diferencia en el contenido de sólidos suspendidos del líquido de gobierno 1 y 2, correspondió al genotipo ICA Quimbaya con 2,02 %; seguida por las coberturas conteniendo al genotipo NSL que presentó una diferencia de 2,14 %.

3.4.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La alta temperatura utilizada en el proceso de esterilización y el tiempo de exposición del producto a esta temperatura, afectó el valor nutricional, funcional y organoléptico del fréjol, expresado en los contenidos de almidón, proteína, antocianinas, taninos, hierro y zinc. Con el análisis de varianza, se determinaron diferencias significativas en el contenido de almidón, taninos y antocianinas, por efecto del genotipo de grano y la composición del líquido de gobierno.

Tabla 38. Contenido de almidón, antocianinas y taninos en el fréjol procesado

Código	Factores en estudio		Variables de respuesta		
			Almidón	Antocianinas	Taninos
T1	BRB 195	L1	16,82 ^{fgh} ±0,526	2,19 ^{no} ±0,064	16,72 ^{bc} ±16,274
		L2	15,65 ^{gh} ±0,455	2,81 ^{mn} ±0,141	4,53 ^{abc} ±11,707
T2	BRB 194	L1	42,18 ^a ±0,000	3,35 ^{lm} ±0,072	42,43 ^{bcd} ±16,538
		L2	25,37 ^d ±0,199	2,60 ^{no} ±0,048	31,01 ^{bcd} ±50,226
T3	INIAP 402	L1	31,24 ^c ±0,669	5,76 ⁱ ±0,116	56,12 ^{cde} ±2,178
		L2	24,45 ^d ±0,270	3,90 ^{kl} ±0,093	53,73 ^{cde} ±9,238
T4	DRK 105	L1	37,47 ^b ±1,082	9,92 ^e ±0,157	3,22 ^{abc} ±3,17
		L2	21,78 ^e ±0,448	4,89 ^j ±0,107	12,73 ^{abc} ±16,771
T5	ICA Quimbaya	L1	17,03 ^{fg} ±0,773	2,50 ^{no} ±0,097	123,79 ^f ±26,302
		L2	6,85 ^k ±0,642	1,88 ^o ±0,057	107,76 ^{ef} ±23,734
T6	Cóndor	L1	36,04 ^b ±1,758	21,43 ^a ±0,251	No detectable ^a
		L2	31,24 ^c ±0,473	17,72 ^b ±0,092	No detectable ^a

± Desviación estándar de 3 repeticiones

Tabla 38. Contenido de almidón, antocianinas y taninos en el fréjol procesado **Continuación...**

Código	Factores en estudio		Variables de respuesta		
			Almidón	Antocianinas	Taninos
T7	L88-63	L1	17,07 ^{fg} ±0,000	6,57 ^h ±0,111	118,44 ^f ±10,886
		L2	14,77 ^{hi} ±0,246	5,64 ⁱ ±0,088	81,17 ^{def} ±4,964
T8	G21-212	L1	42,17 ^a ±0,552	9,01 ^f ±0,070	45,55 ^{cd} ±6,281
		L2	3,21 ^l ±0,865	5,98 ^{hi} ±0,066	30,20 ^{bcd} ±3,414
T9	NSL	L1	36,23 ^b ±0,000	7,35 ^g ±0,117	57,17 ^{cde} ±13,343
		L2	35,6 ^b ±0,000	4,13 ^k ±0,120	48,40 ^{cd} ±12,451
T10	INIAP 482	L1	18,76 ^f ±10,85	13,89 ^c ±0,468	285,09 ^g ±18,371
		L2	10,85 ^j ±0,997	12,14 ^d ±0,843	261,06 ^g ±17,284
T11	Rocha	L1	18,71 ^f ±0,739	-----	-----
		L2	13,33 ⁱ ±0,476	-----	-----
T12	Chota	L1	26,41 ^d ±0,595	-----	-----
		L2	25,97 ^d ±0,464	-----	-----

± Desviación estándar de 3 repeticiones

La Figura 34 muestra que el genotipo con mayor porcentaje de almidón, en el líquido de gobierno L1 (CaCl_2 , NaCl, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O) son BRB 194 y G21-212 con 42,18 y 42,17 %, respectivamente. Este último genotipo experimentó un descenso brusco en el contenido de almidón hasta un valor de 3,21 %, pérdida atribuible a la rotura de la cubierta del grano, por efecto del procesamiento térmico, dando lugar a la transferencia de almidón desde el grano al líquido de gobierno, el cual presentó una alta viscosidad (34,74 cst) y sólidos suspendidos (27,80 %). Igual sucedió con el líquido de gobierno L2 del genotipo ICA Quimbaya que presentó una viscosidad de 16,62 cst y 9,96 % de sólidos suspendidos.

El efecto de rotura de la cubierta tuvo lugar especialmente en el grano suspendido en líquidos de gobierno sin inclusión de cloruro de calcio, aditivo que ayuda a prevenir el ablandamiento y rotura de la cubierta del grano.

Estadísticamente se determinaron diferencias significativas en el contenido de almidón, antocianinas y taninos, por efecto del genotipo y la formulación del líquido de gobierno. En general, el grano envasado con el líquido de gobierno

L2 (sin CaCl_2) presentó menores contenidos de almidón, debido principalmente al rompimiento de la cubierta por lo cual la migración de las sustancias hacia el líquido de gobierno fue mayor; esto sucede según Würsch *et al.* (1986) porque el remojo de las semillas en agua fría o templada produce una hinchazón de los tejidos y la absorción de agua sin separación de células. Este efecto, acompañado de la gelatinización del almidón durante la cocción causa el redondeo de las células y su separación como en el cocimiento de la papa, pero la hinchazón total del almidón de la leguminosa se ve obstaculizado por la rigidez de la pared celular. La destrucción posterior de las células libera parcialmente granulos de almidón hinchados que están deformados y retorcidos debido a la aglomeración de los granulos dentro de la pared celular. Concluyéndose que el considerable descenso en la concentración de almidón, podría deberse parcialmente a su solubilidad durante los procesos de remojo y cocción.

Los genotipos que presentaron un mayor contenido de almidón en el líquido de gobierno L1 fueron BRB 194, G21-212, DRK 105, NSL y Cóndor con 42,18; 42,17; 37,47; 36,23 y 36,04 %; mientras que en el líquido de gobierno L2 fue NSL con 35,60 %.

Los genotipos que presentaron menor contenido de almidón fueron L88-63, ICA Quimbaya y BRB 195 con 17,07; 17,03 y 16,82 % para el líquido de gobierno L1, mientras que para el líquido de gobierno L2 fueron INIAP 482, ICA Quimbaya y G21-212 con 10,85; 6,85 y 3,21 %.

La disminución del contenido de almidón en los genotipos con el líquido de gobierno L1 fluctuó entre 32,07 % para BRB 194 a 74,67 % para BRB 195; mientras que en el líquido de gobierno L2, el rango de variación comprendió de 41,73 % para Cóndor a 95,62 % para G21-212.

El porcentaje de almidón presente en estos genotipos muestra un mayor rango de variación (16,82 a 42,18 % para L1 y de 3,21 a 35,60 % para L2) que el obtenido por Vargas-Torres *et al.*, (2006), quienes reportaron valores de 34,7 a 42,81% en fréjol cocinado; así como de los valores obtenidos por Osorio *et al.*, (2001), quienes reportaron valores de 39,63 a 42,64 % en fréjol enlatado.

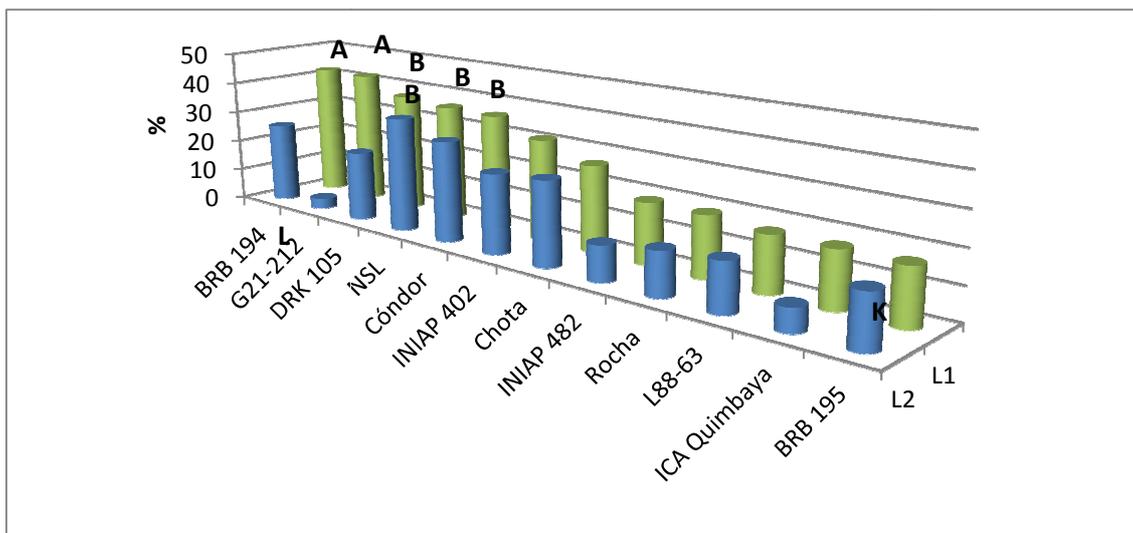


Figura 34. Contenido de almidón del fréjol térmicamente procesado y envasado con dos líquidos de gobierno

La Figura 35, muestra que el genotipo con mayor contenido de antocianinas es Cóndor con 21,43 mg/100g de fréjol; seguida por el genotipo INIAP 482 con 13,89 mg/100g de fréjol; mientras que los genotipos que presentaron menor contenido de antocianinas fueron ICA Quimbaya y BRB 195 con 2,5 y 2,19mg/100g de fréjol respectivamente, en el líquido de gobierno 1. En el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O) el genotipo con mayor contenido de antocianinas fue Cóndor con 17,72 mg/100g de fréjol; seguida por el genotipo INIAP 482 con 12,14 mg/100 g; mientras que el genotipo que presentó menor contenido de antocianinas fue ICA Quimbaya con 1,88mg/100g de fréjol.

El genotipo Cóndor envasado con el líquido de gobierno conteniendo cloruro de calcio, experimentó una disminución del 95,43 % en el contenido de antocianinas y 96,22% en el líquido de gobierno L2 (sin CaCl₂), con respecto al genotipo en estado crudo. El genotipo INIAP 482 en el líquido de gobierno L1, presentó una disminución del 97,04 % y 97,41 % en el líquido de gobierno L2, en el contenido de antocianinas, con respecto al genotipo en estado crudo. El genotipo ICA Quimbaya, en el líquido de gobierno L1, presentó una disminución del 96,27% y 97,20% en el líquido de gobierno L2, con respecto al genotipo en estado crudo, la diferencia entre ellos fue del 0,92%.

Los genotipos que presentaron una mayor pérdida en el contenido de antocianinas fueron G21-212 y L88-63 con 98,31 y 98,26 % respectivamente,

cuando fueron envasados con el líquido de gobierno L1; en el líquido de gobierno sin inclusión de cloruro de calcio, la pérdida aumentó a valores de 98,88 y 98,50 % respectivamente, la diferencia entre ellos fue del 0,57 y 0,25 % respectivamente.

En general, el procesamiento térmico provocó una disminución significativa en el contenido de antocianinas del fréjol, en mayor grado, sin inclusión de cloruro de calcio en el líquido de gobierno, como se aprecia en la Figura 35. La pérdida registrada es mayor que la reportada por Martínez *et al.*, (2003), quienes citan una disminución del 80 % en fréjol cocido y enlatado.

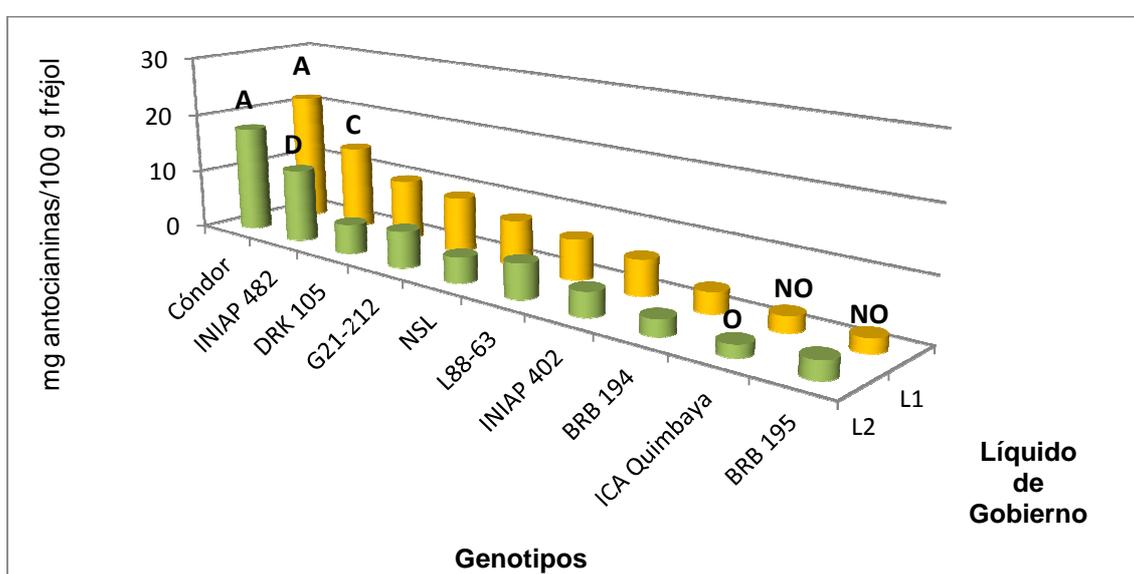


Figura 35. Contenido de antocianinas en el fréjol procesado

Igual que las antocianinas, los taninos experimentaron una pérdida significativa por efecto del procesamiento del grano, en mayor grado, cuando el líquido de gobierno no incluyó cloruro de calcio en la formulación, como se observa en la Figura 36. El genotipo más afectado fue Cóndor, en el que no se registró la presencia de taninos, al término del proceso de esterilización.

El genotipo que registró mayor contenido de taninos, cuando fue envasado con el líquido de gobierno L1 (con CaCl_2), después del proceso de enlatado fue INIAP-482 con 285,09 mg taninos/100 g de grano. En el líquido de gobierno sin cloruro de calcio el contenido disminuyó a 261 mg/g. Los genotipos DRK 105 y BRB 195, envasados en el líquido de gobierno L1, experimentaron una disminución del 88 y 99,76 % en el contenido de taninos, con respecto al fréjol

crudo; en el líquido de gobierno 2, la pérdida fue el 98,70 y 88,00 %, respectivamente.

La pérdida registrada en los genotipos experimentales, es similar a la reportada por Mier, (2009), para variedades de fréjol procesadas por calentamiento óhmico, con valores que fluctúan entre 69,97 a 92,48 %. Sin embargo, la pérdida es mayor que en el grano cocido en olla abierta, a presión atmosférica normal, para el que se reporta una disminución variable entre el 46,52 al 68,29 %. Al respecto, Reynoso *et al.*, (2007), señalan que en el fréjol cocido a presión normal, las pérdidas de taninos son menores, reportando un valor promedio de 689,4 mg/100 g.

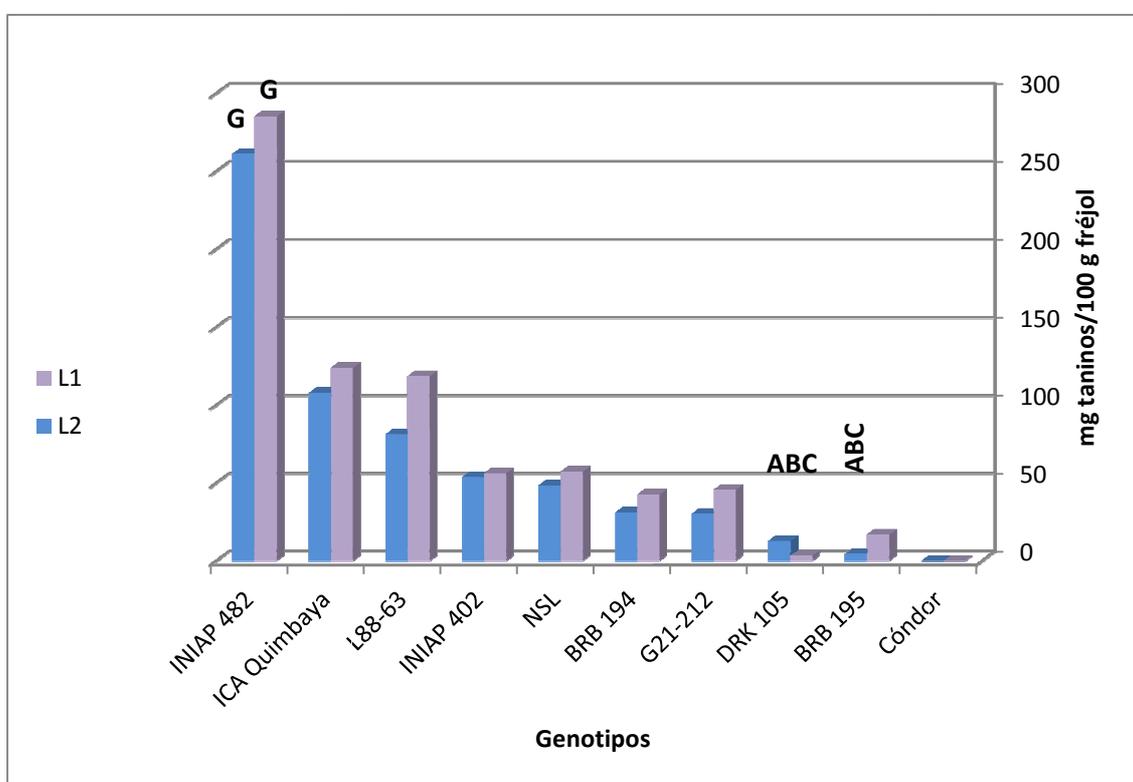


Figura 36. Contenido de taninos en el fréjol procesado

En la Tabla 39, se presentan los resultados para las variables de respuesta de la humedad, proteína, hierro y zinc, los cuales fueron proporcionados por el laboratorio LSAIA

Tabla 39. Contenido de humedad, proteína, hierro y zinc en genotipos de fréjol térmicamente procesados

Genotipo	L.G	Humedad (%)	Proteína (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)
BRB 195	L1	63,46	20,05	66	31
	L2	63,98	20,66	65	29
BRB 194	L1	65,98	20,15	54	28
	L2	66,54	20,87	53	27
INIAP 402	L1	66,88	25,96	78	21
	L2	67,71	25,37	77	19
DRK 105	L1	70,04	20,97	65	39
	L2	70,62	21,39	64	38
ICA Quimbaya	L1	64,93	28,03	75	32
	L2	65,69	27,65	74	31
Cóndor	L1	71,95	22,54	57	38
	L2	72,37	22,32	55	37
L88-63	L1	71,89	22,73	75	22
	L2	72,08	22,67	73	20
G21-212	L1	73,95	26,93	76	28
	L2	74,31	26,72	75	27
NSL	L1	66,23	22,64	86	39
	L2	66,58	22,58	83	37
INIAP 482	L1	68,75	24,62	79	24
	L2	69,03	24,59	78	23
Rocha	L1	66,23	22,08	71	31
	L2	67,41	21,66	68	29
Chota	L1	69,34	21,75	70	49
	L2	70,55	21,35	68	47

Elaborado por: LSAIA

El contenido de humedad del grano, sumergido en el líquido de gobierno L1 (NaCl, CaCl₂, C₆H₁₂O₆ y H₂O) varió de 63,46 a 73,95 %, y en el líquido de gobierno 2 de 63,98 a 74,31 %.

En el genotipo G21-212, se registró incrementos del 508,00 y 511,6 %, desde un valor 12,15 a 73,95 %, en el líquido de gobierno L1 (con CaCl₂) y 74,31 % en el líquido de gobierno L2 (sin CaCl₂). En contraste, para el genotipo NSL, se

registró el menor incremento de humedad del grano (390,10 %), sumergido en el líquido de gobierno L1 y 401,73 % en el líquido de gobierno 2, con respecto al grano crudo. En general, se registraron menores contenidos de humedad en el grano envasado con el líquido de gobierno conteniendo cloruro de calcio, posiblemente este aditivo, además de favorecer la textura del fréjol, ayuda a la mayor salida de agua.

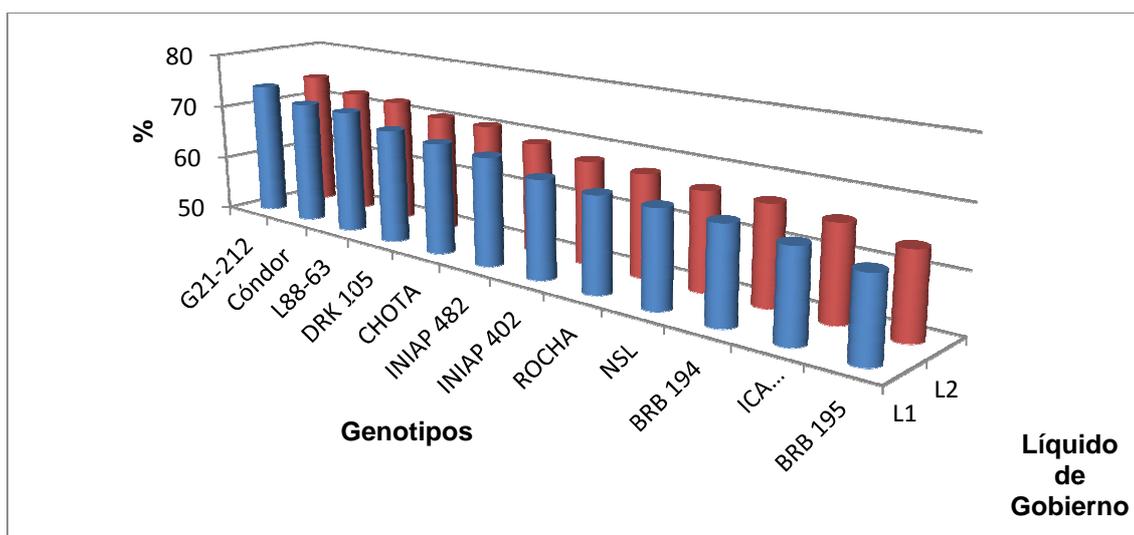


Figura 37. Contenido de humedad del fréjol enlatado

El porcentaje de proteína del grano tratado con el líquido de gobierno L1, varió de 20,97 a 28,03 %, correspondiente a los genotipos DRK 105 e ICA Quimbaya respectivamente. En el grano envasado en el líquido de gobierno L2, el contenido de proteína varió de 21,35 a 27,65 %, correspondiente a los genotipos Chota e ICA Quimbaya respectivamente, como se observa en la Figura 38.

Los únicos genotipos que registraron un incremento en el contenido de proteína fueron: INIAP 402 y G21-212. El primer genotipo, envasado con el líquido de gobierno L1 (con CaCl_2), experimentó un incremento del 4,20 % e inmerso en líquido de gobierno L2 (CaCl_2) 1,80 %. Para el genotipo G21-212, el incremento registrado fue de 21,10 y 20,20 % en los líquidos de gobierno L1 y L2, respectivamente. Fernández *et al.* (1982), citado por Yuliem (2006) indica que la temperatura de esterilización favorece la hidrólisis de los complejos proteína-tanino y proteína almidón, lo que se traduce en una mayor concentración de proteína en el genotipo G21-212, que a su vez experimentó un gran porcentaje

de rotura de la cubierta (78 %) y pérdida de taninos (90,1 %) por efecto del proceso. En los demás materiales de fréjol, se registró una disminución en el contenido de proteína por efecto del remojo y el procesamiento térmico del grano. Con mayor efecto en el genotipo Cóndor, cuyo contenido de proteína disminuyó de 29,97 a 22,54 % en el grano con el líquido de gobierno L1 y 22,32 % en el líquido de gobierno L2, lo que representa una disminución en el orden del 24,8 y 25,5 %, respectivamente. Pérdida que podría atribuirse a la hidrosolubilidad de algunas proteínas durante el proceso de remojo y en el procesamiento térmico. Delgado y Astiasarán(2003), citado por Astiasarán y Martínez (2003) señalan que la aplicación de calor suave, produce una eliminación de la actividad inhibitoria de la tripsina, una reducción de la cantidad de ácido fítico y una mejora de la digestibilidad proteica. Klein y Mondy, (1981), citado por Astiasarán y Martínez (2003), concluyeron que los diferentes métodos de cocción pueden conducir a cambios en la composición de los constituyentes nitrogenados, con una disminución en la retención de la mayoría de aminoácidos esenciales.

El contenido de hierro en el grano envasado con el líquido de gobierno L1 (CaCl_2 , NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O) fluctuó entre 65 a 86 ppm, mientras que en el líquido de gobierno L2 (NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O) la variación fue de 64 a 83 ppm; valores correspondientes a los genotipos DRK 105 y NSL, como se muestra en la Figura 39.

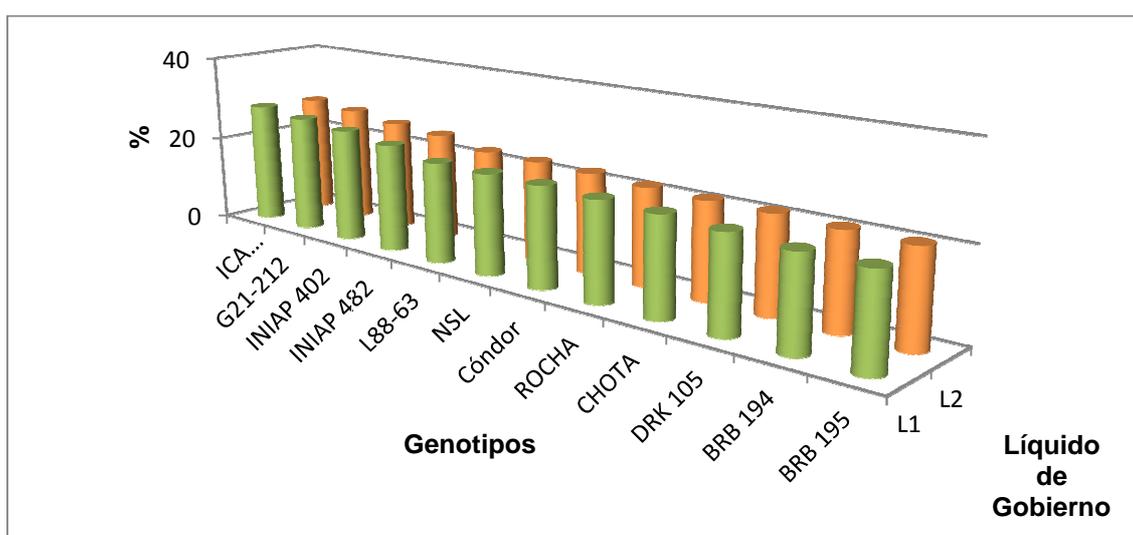


Figura 38. Contenido de proteína del fréjol enlatado

Algunos genotipos experimentaron un incremento en el contenido de hierro, mientras que otros mostraron el efecto contrario, dependiendo del grado de rotura de la cubierta del grano, la hidrosolubilidad y la concentración de este elemento en el agua de remojo y cocción del grano, así como la concentración del jugo celular por efecto de las sustancias osmoactivas del líquido de gobierno. Los genotipos que presentaron un aumento en el contenido de hierro fueron NSL, INIAP 402, Rocha, Chota, DRK 105 y BRB 194, tanto en el líquido de gobierno L1 como L2. El genotipo INIAP 402 presentó el mayor incremento en el contenido de hierro (18,87 y 17,34 %), con respecto al genotipo en estado crudo, incremento atribuible a la concentración del jugo celular, por efecto de las sustancias osmoactivas del líquido de gobierno, sin fase de transición del agua, según lo manifestado por Casp & Abril, (2003).

Igual ocurrió con el zinc, registrándose un incremento en unos genotipos y una disminución en otros. Los siguientes materiales presentaron una disminución del contenido de zinc: INIAP 482, G21-212, L88-63, ICA Quimbaya, Cóndor y BRB 195, tanto inmersos en el líquido de gobierno L1 como L2. Para el genotipo Cóndor se registró la mayor pérdida en el contenido de zinc con respecto al grano crudo, alcanzando valores de 28,71 y 31,21 % en el líquido de gobierno L1 y L2, respectivamente.

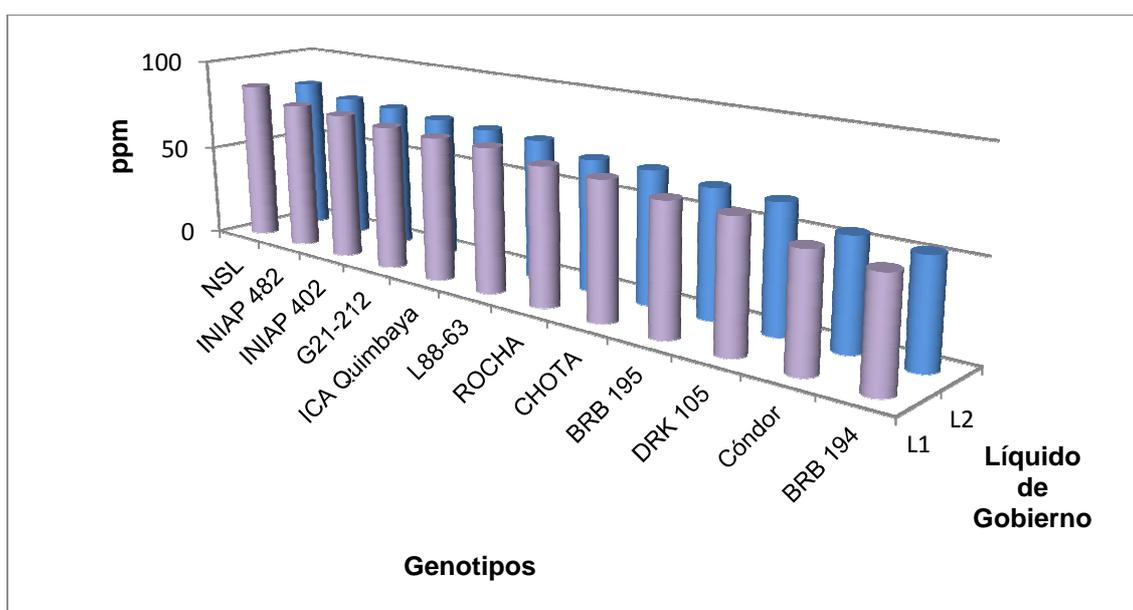


Figura 39. Contenido de hierro del fréjol enlatado

En los genotipos L88-63 y Chota, cubiertos con el líquido de gobierno L1 (CaCl_2 , NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O), el contenido de zinc varió de 22 a 49 ppm, y en el líquido de gobierno L2 (NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O) el rango de variación fue de 20 a 47 ppm (Figura 40).

En los genotipos NSL, Chota, DRK 105 y G21-212, se registró un incremento en el contenido de zinc, con respecto al grano crudo. En el genotipo Chota, este incremento alcanzó el 51,33 % en el grano con el líquido de gobierno L1 y 45,15 % con el líquido de gobierno L2. En contraste en los genotipos Rocha, BRB 194, INIAP 402, INIAP 482, G21-212, L88-63, ICA Quimbaya, Cóndor y BRB 195, se registró una disminución en el contenido de zinc del grano cubierto con el líquido de gobierno L1 como L2. La mayor pérdida de zinc se registró en INIAP 402, con un promedio de 46,35 % en el grano con el líquido de gobierno L1 y 51,46 % cuando fue envasado con el líquido de gobierno L2. Resultados que podrían tener relación con la hidrosolubilidad del zinc, ayudado por la temperatura y el grano de rotura del grano, que en este caso alcanzó el 37 y 45,66 %.

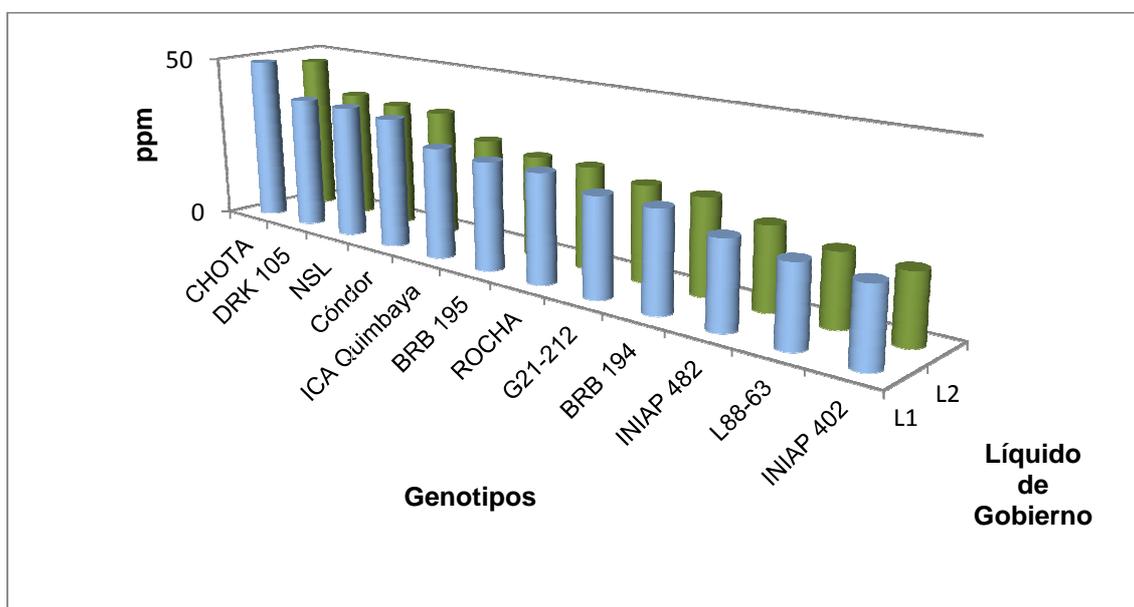


Figura 40. Contenido de zinc del fréjol enlatado

3.5 ANÁLISIS SENSORIAL

Los genotipos de fréjol enlatados, fueron sometidos a catación por un panel sensorial compuesto por veinte integrantes semientrenados, sin inclusión de un testigo referencial. En el Anexo 5 se adjunta la hoja de evaluación.

El ensayo se llevó a cabo en 9 días sucesivos, distribuyendo de tres a cuatro muestras diarias a los panelistas, hasta completar un total de veinte y cuatro. En varias sesiones y separadamente se analizaron los genotipos de color negro, seguidamente los rojos y finalmente los canarios. En el Anexo 8 se muestra la codificación de las muestras.

El análisis sensorial permitió identificar el genotipo de mayor preferencia en función de los atributos, sabor, textura, olor, apariencia, color e integridad del grano; color y apariencia del líquido de gobierno. En las Tablas 40, 41 y 42, se presentan los resultados de las calificaciones otorgadas por los panelistas a cada descriptor evaluado, mientras que el análisis de varianza consta en los Anexos 14 y 15.

Tabla 40. Calificaciones promedio para atributos sensoriales de los genotipos negros

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	Integridad del Grano	Ap. del líquido de gobierno
NSL	L2	100	5,75±0,639	4,65±1,565	6,3±1,081	5,6±0,940	4,7±1,218	6,3±1,081	4,9±1,483
	L1	406	5,25±1,585	5±1,170	6,85±0,366	5,25±1,552	4,7±0,865	6,85±0,366	3,8±1,281
Cóndor	L1	217	5,4±0,940	5,7±0,923	6±1,124	5,2±1,322	4,85±0,933	6±1,124	3,3±1,342
	L2	414	4,1±1,683	5,85±1,040	5,4±1,353	4,65±1,348	4,7±1,174	5,4±1,353	2,05±1,356
INIAP 482	L1	422	4,65±1,137	5,25±0,910	4,15±1,663	5,05±1,050	4,85±0,875	4,15±1,663	3,55±1,234
	L2	278	4,05±1,731	5,35±1,785	4,9±1,683	4,2±1,361	4,6±1,070	4,9±1,683	1,4±0,597
G21-212	L2	319	4±1,414	6±0,725	3,55±1,538	4,85±0,933	4,55±0,826	3,55±1,538	2,75±1,293
	L1	337	3,8±1,322	6,15±0,813	2,85±0,988	4,25±0,910	4,75±1,020	2,85±0,988	2,65±1,226
L88-63	L1	181	4±1,076	5,3±1,081	2,55±0,999	4,3±0,733	4,75±1,020	2,55±0,999	2,9±0,912
	L2	483	3,95±1,395	5,5±1,606	2,35±1,387	4,35±0,875	4,9±0,852	2,35±1,387	2,7±1,302

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Tabla 41.Calificaciones promedio para atributos sensoriales de los genotipos rojos

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	Integridad del Grano	Ap. del líquido de gobierno
BRB 194	L1	133	5,35±1,226	5,45±0,887	6,5±0,827	5,4±1,046	4,65±0,745	6,5±0,827	5,35±1,461
	L2	255	6±0,649	5,15±1,268	6,3±1,081	5,5±1,051	4,8±1,152	6,3±1,081	4,8±1,240
ICA Quimbaya	L2	299	5,3±0,865	5,7±0,923	6±1,076	5,45±0,887	4,55±1,146	6±1,076	5,1±1,586
	L1	499	5,35±1,268	5,7±1,081	5,9±1,252	5,3±0,865	4,9±1,165	5,9±1,252	4,25±1,410
DRK 105	L1	262	5,8±1,152	5,4±0,995	5±0,649	5±0,858	5,3±0,865	5±0,649	5,05±1,395
	L2	413	4,45±1,395	5,85±1,182	4,35±1,348	5,3±1,174	4,9±0,968	4,35±1,348	4,95±0,945
INIAP 402	L1	323	4,85±1,268	5,2±1,056	4,9±1,586	4,85±1,387	4,5±0,889	4,9±1,586	4,05±1,276
	L2	387	4,95±1,099	5,65±1,137	4,75±1,482	5,1±1,021	5,1±1,410	4,75±1,482	3,2±1,322
BRB 195	L1	268	5,7±1,129	5,75±1,164	2,9±0,912	4,85±0,988	4,75±1,251	2,9±0,912	6,6±0,503
	L2	398	5,25±1,070	5,65±1,040	3,2±0,834	4,85±0,875	4,8±1,240	3,2±0,834	6,35±0,587

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

Tabla 42.Calificaciones promedio para atributos sensoriales de los genotipos canarios

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	Integridad del Grano	Ap. del líquido de gobierno
Rocha	L2	427	5,95±0,887	4,65±1,309	5,8±0,894	4,8±1,105	4,55±1,276	5,8±0,894	3,25±1,410
	L1	371	5,9±0,788	4,85±1,226	4,6±1,095	4,8±1,105	4,85±1,040	4,6±1,095	4,65±1,631
Chota	L1	346	4,95±1,191	5,4±1,046	4,15±0,933	4,45±1,234	6,05±1,317	4,15±0,933	5,45±1,432
	L2	409	5,1±1,804	5,2±1,436	4±1,622	5,45±1,356	4,25±1,118	4±1,622	5,8±1,056

Xm± DS; n=3; Valores en la misma fila seguidos de letras distintas son significativamente diferentes (p<0,005)

3.5.1 APARIENCIA GLOBAL DEL PRODUCTO ENLATADO

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5 %, permitió determinar que la calificación de la apariencia varía de forma significativa entre los genotipos negros; el fréjol NSL, en el líquido de gobierno L2, alcanzó la mayor calificación (5,75/7), correspondiente a la categoría “me agrada poco” como se observa en la Figura 41. Al genotipo NSL, siguieron en preferencia los genotipos Cóndor^{ab} y NSL^{abc} en el líquido de gobierno L1.

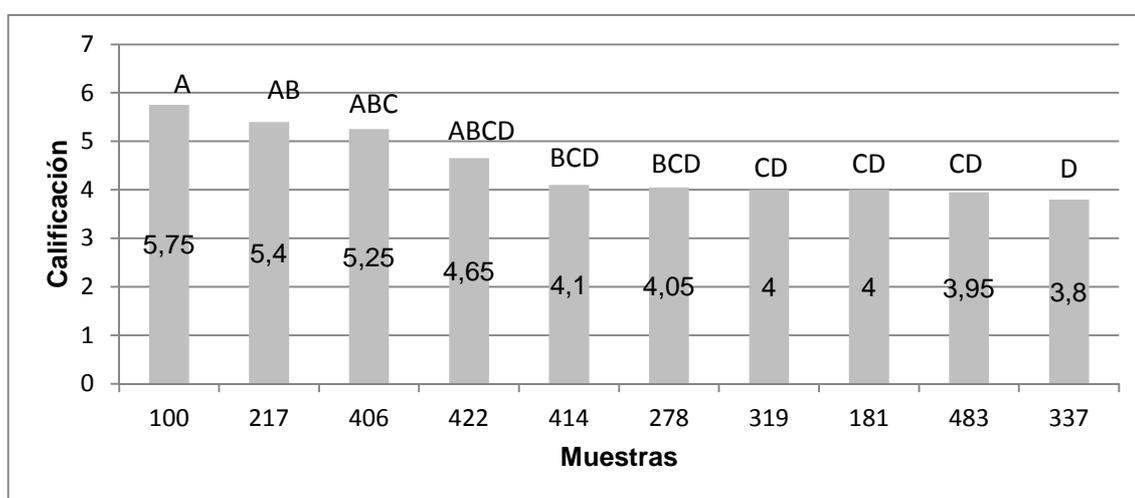


Figura 41. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos negros

La calificación promedio de la apariencia varió significativamente entre los genotipos de fréjol rojo.

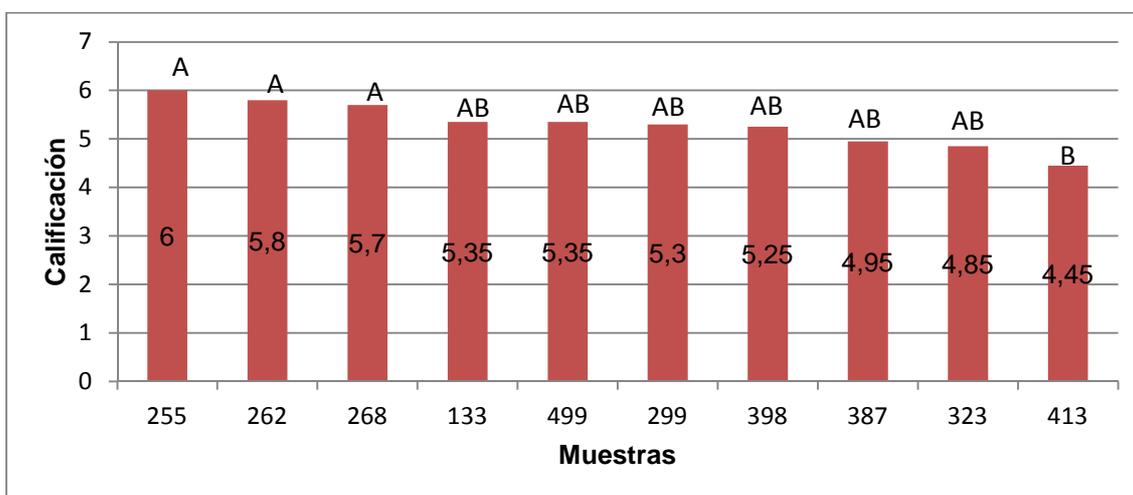


Figura 42. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos rojos

Los materiales que alcanzaron una mayor calificación fueron ICA Quimbaya en el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O), DRK 105 y BRB 195, en el líquido de gobierno L1 (con CaCl₂), con puntuaciones de 6; 5,8 y 5,7 respectivamente, correspondiente a las categorías “me agrada bastante” y “me agrada poco”.

No se encontró diferencias estadísticas en la preferencia de los genotipos canarios, como se muestra en la Figura 43. La calificación promedio de estos materiales varió de 4,95 a 5,95 sobre un total de siete puntos, correspondiente a la categoría “me agrada bastante”. De los tres grupos evaluados, a los panelistas agradó la apariencia del grano de los genotipos rojos y canarios.

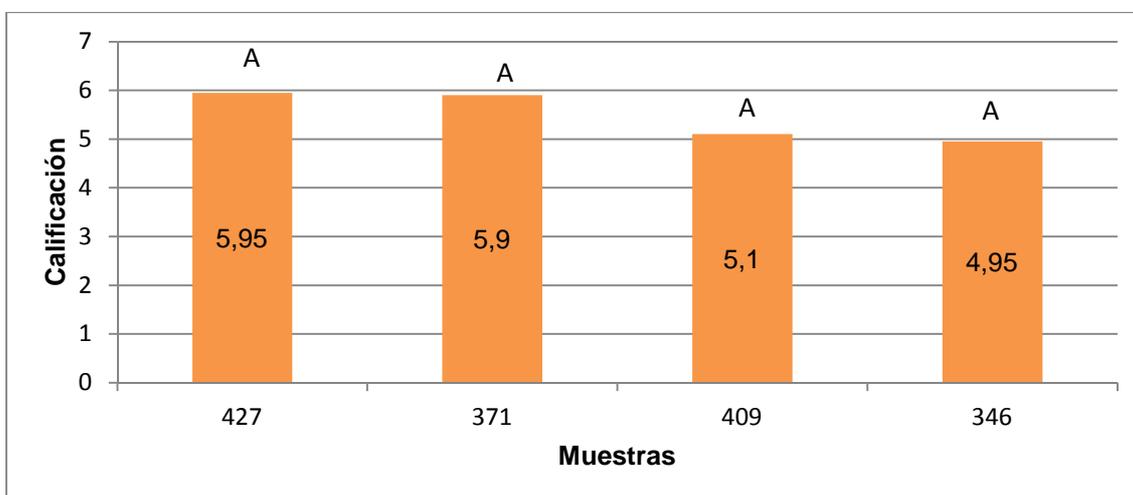


Figura 43. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos canarios

3.5.2 APARIENCIA DEL LÍQUIDO DE COBERTURA

La Figura 44, muestra una variación significativa en la calificación promedio relativa a la apariencia del líquido de gobierno de los genotipos de color negro. La mayor calificación (4,9), correspondiente a la categoría “algo turbio”, alcanzó la apariencia del líquido de gobierno del genotipo NSL en la formulación sin inclusión de cloruro de calcio (L2). A los panelistas no agradó la apariencia del líquido de cobertura del genotipo INIAP-482 con la formulación L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O), por lo que le otorgaron una calificación promedio de 1,4 puntos.

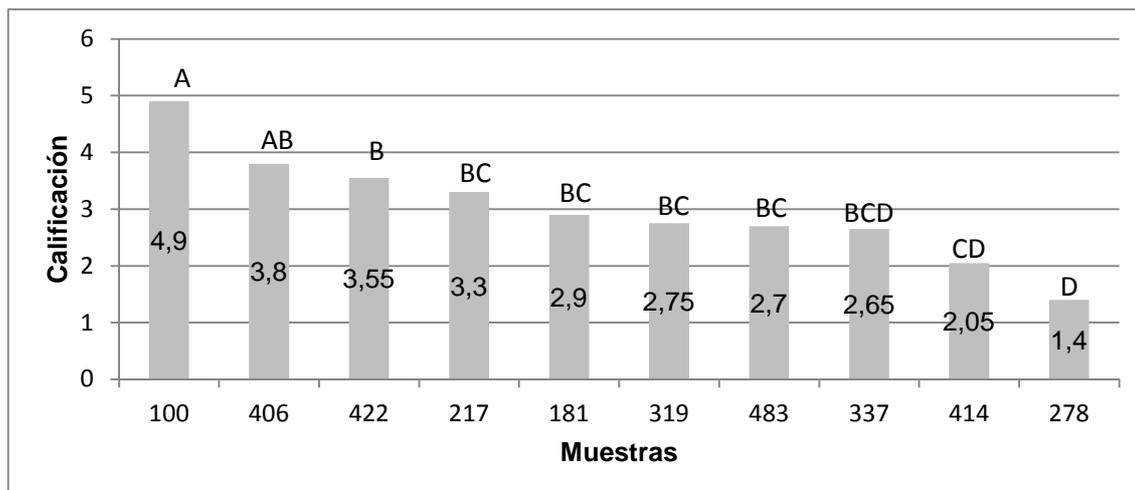


Figura 44. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos negros

Se determinó diferencia estadística en la calificación promedio de la apariencia del líquido de cobertura correspondiente a los genotipos rojos. A los panelistas agradó la apariencia del líquido de cobertura del genotipo BRB 195, con la formulación L1 (CaCl_2 , NaCl , $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O), el cual alcanzó una calificación promedio de 6,6 sobre 7 puntos, correspondiente a la categoría “sin turbidez”.

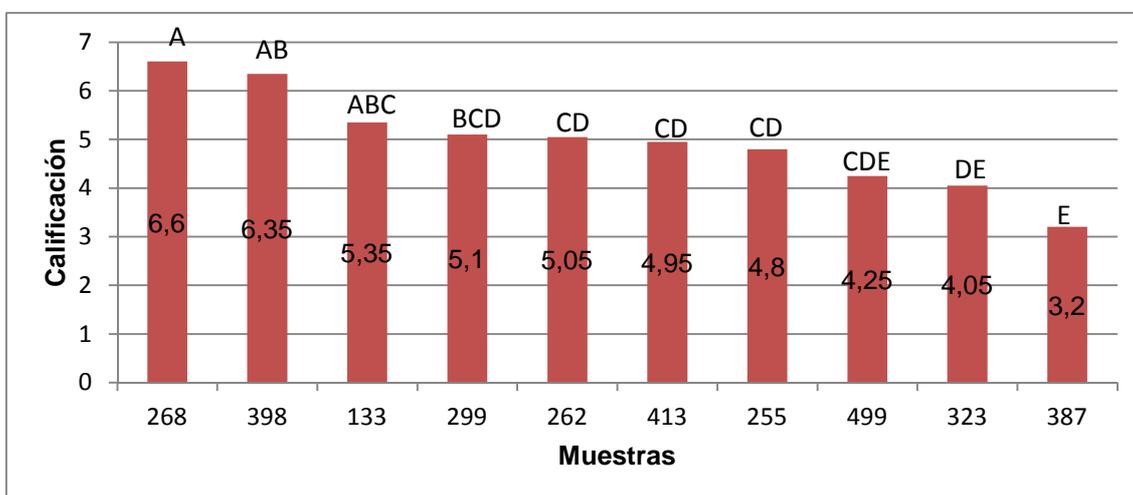


Figura 45. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos rojos

Igualmente la calificación promedio de la apariencia del líquido de gobierno varió para los genotipos canarios. Los panelistas otorgaron una mayor calificación (5,8) al líquido de gobierno del genotipo Chota, con la formulación L2. Esta puntuación numérica corresponde a la categoría “algo turbio”.

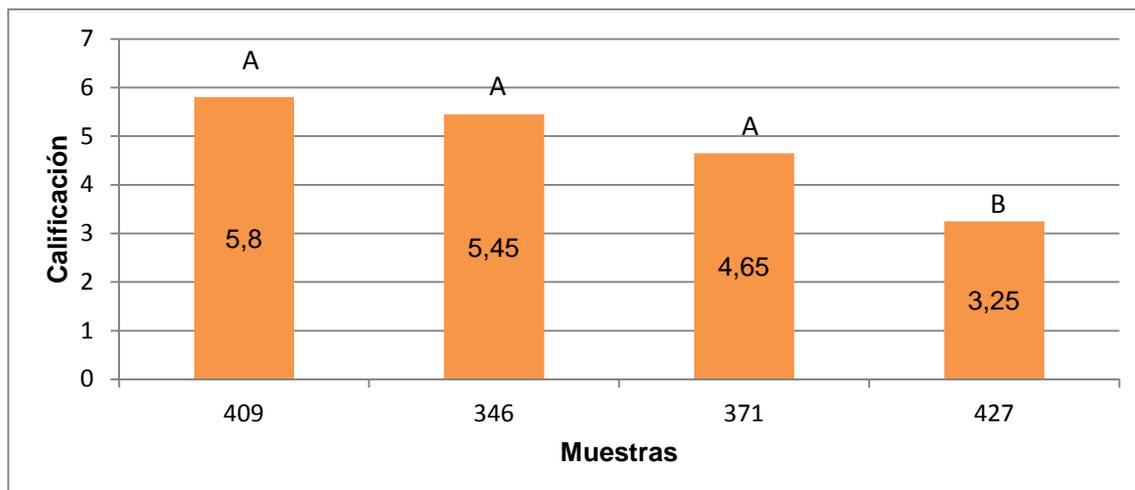


Figura 46. Calificación promedio de la apariencia de líquido de gobierno de los genotipos canarios

3.5.3 OLOR

Los panelistas no encontraron diferencias significativas en el olor del grano de los genotipos negros, otorgando una calificación que varió entre 4,55 a 4,9 puntos, esta última hace referencia a la categoría “me agrada”, correspondiente al genotipo L88-63 envasado con el líquido de gobierno L2.

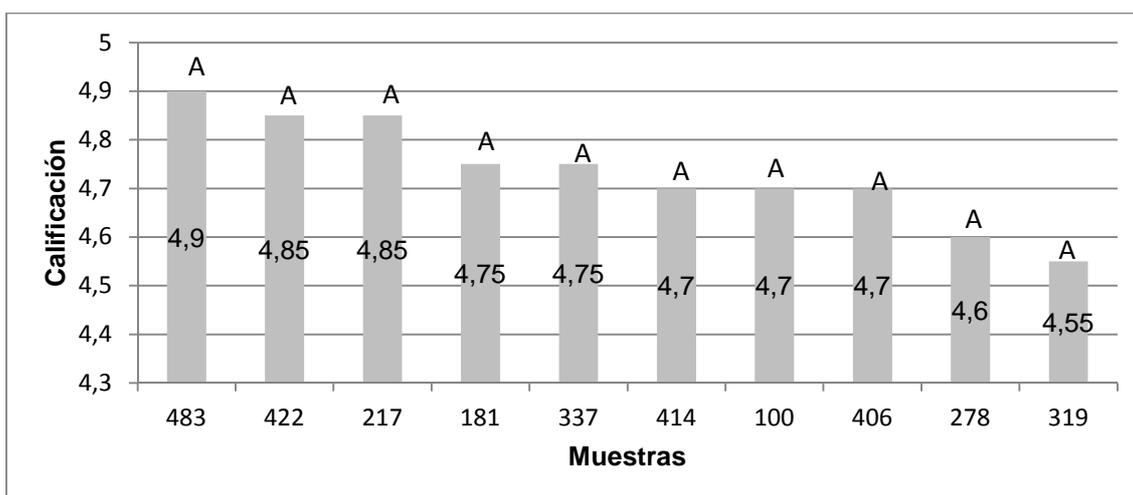


Figura 47. Calificación promedio del olor en los genotipos negros

Igualmente, los panelistas no encontraron diferencias significativas en el olor del grano de los genotipos rojos (Figura 48). Sin embargo, los catadores otorgaron

una mayor calificación al olor de éstos granos, con relación a los genotipos negros. La mayor calificación correspondió al genotipo DRK105 en el líquido L1, con 5,3 puntos, correspondiente a la categoría “me agrada”.

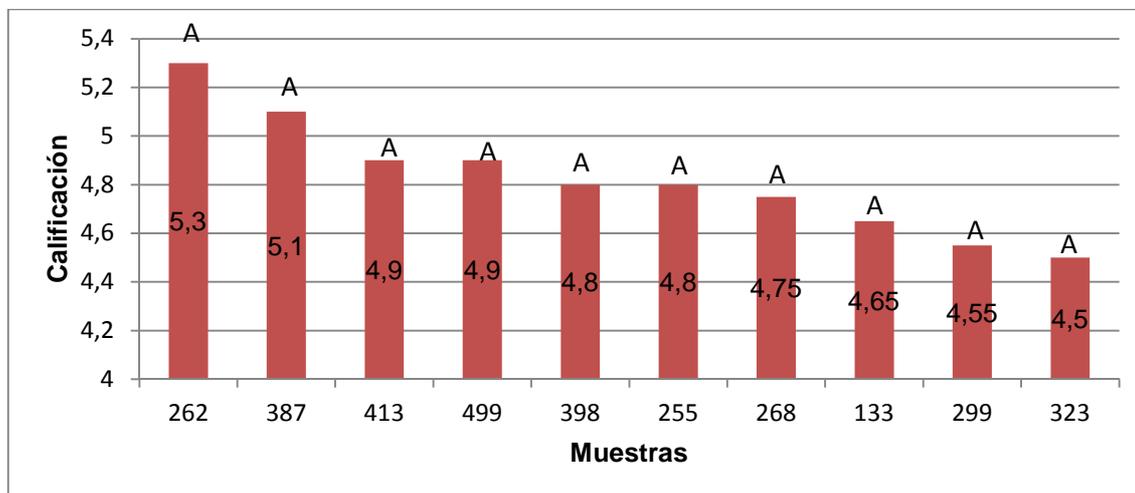


Figura 48. Calificación promedio del olor en los genotipos rojos

En el olor de los genotipos canarios, los panelistas si establecieron diferencias y asignaron una mayor calificación al olor del genotipo Chota en el líquido de gobierno L1, con 6,05 puntos, correspondiente a la categoría “me agrada bastante”.

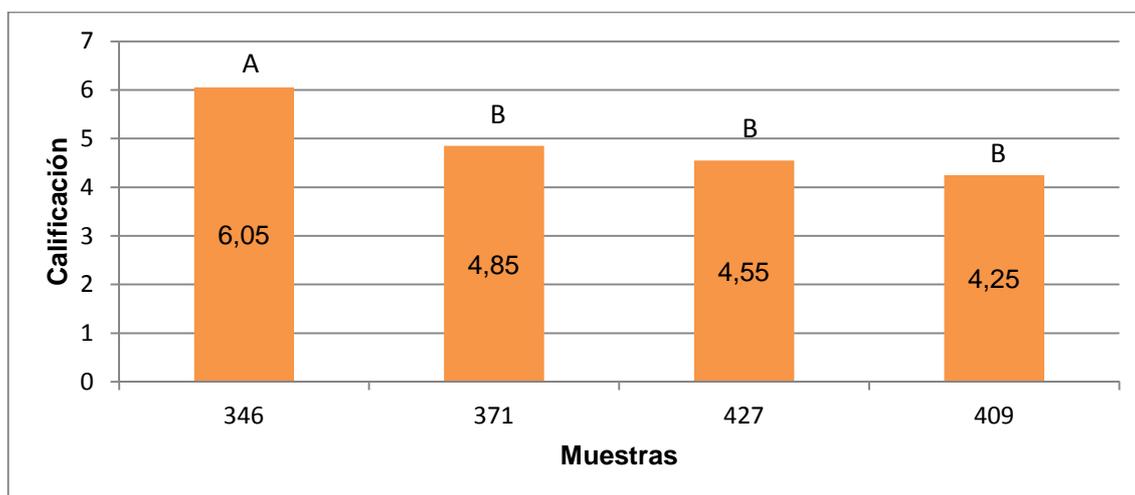


Figura 49. Calificación promedio del olor en los genotipos canarios

3.5.4 SABOR

Los panelistas determinaron diferencias significativas en el sabor del grano de los genotipos color negro, como se muestra en la Figura 50, con una gran preferencia por el genotipo G21-212 en los líquidos de gobierno L1 y L2, los que alcanzaron una calificación de 6,15 y 6, correspondiente a la categoría “me agrada moderadamente”.

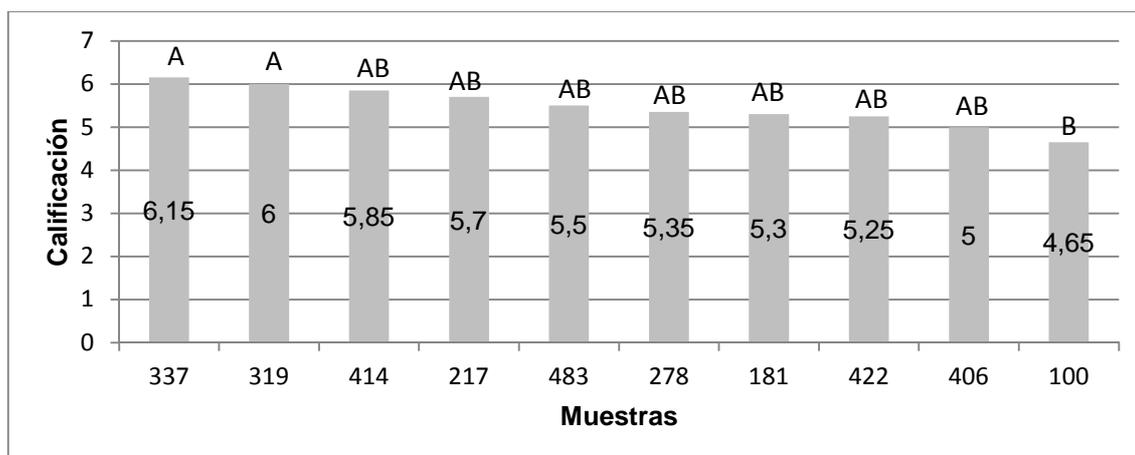


Figura 50. Calificación promedio del sabor en los genotipos negros

En los genotipos rojos, los catadores no encontraron diferencias significativas en el sabor del grano y asignaron calificaciones entre 5,15 a 5,85. Este último valor correspondió al genotipo DRK105, correspondiente a la categoría “me agrada moderadamente”.

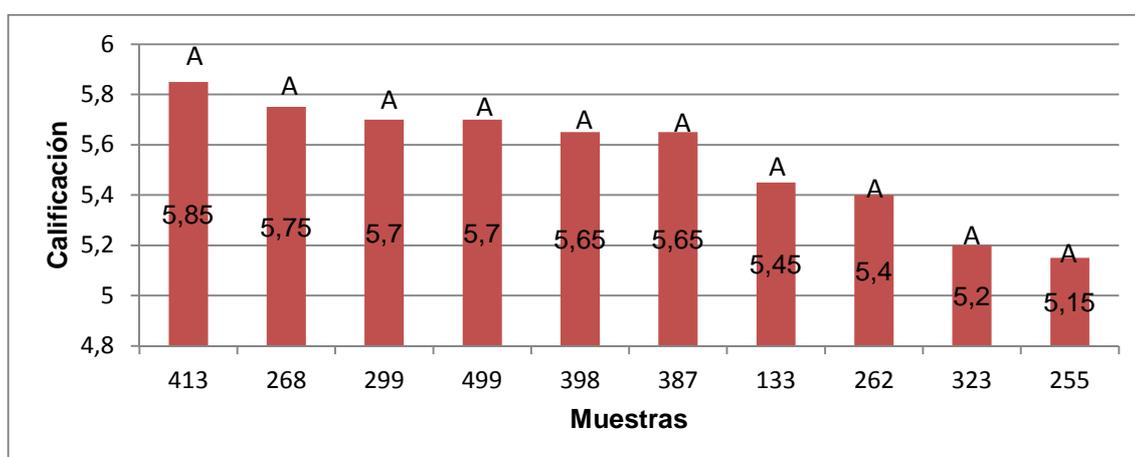


Figura 51. Calificación promedio del sabor en los genotipos rojos

Igualmente en los genotipos canarios, los catadores no establecieron diferencias en el sabor del grano y otorgaron puntuaciones entre 4,65 y 5,4, como se muestra en la Figura 52. Este último valor, alcanzó el genotipo Chota envasado con el líquido de cobertura L1 y corresponde a la categoría “me agrada poco”.

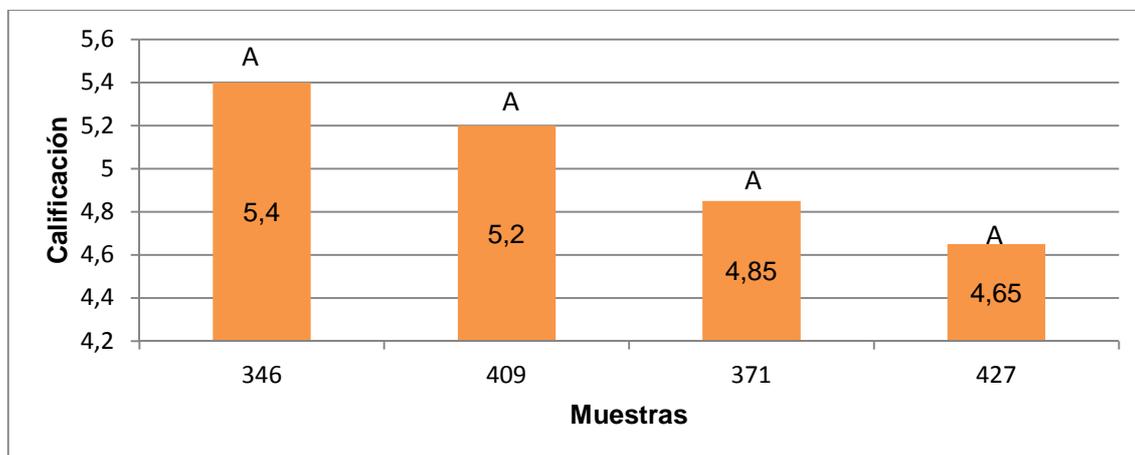


Figura 52. Calificación promedio del sabor en los genotipos canarios

3.5.5 INTEGRIDAD DEL GRANO

La integridad del grano varió en forma significativa en los genotipos de color negro, como se observa en la Figura 53.

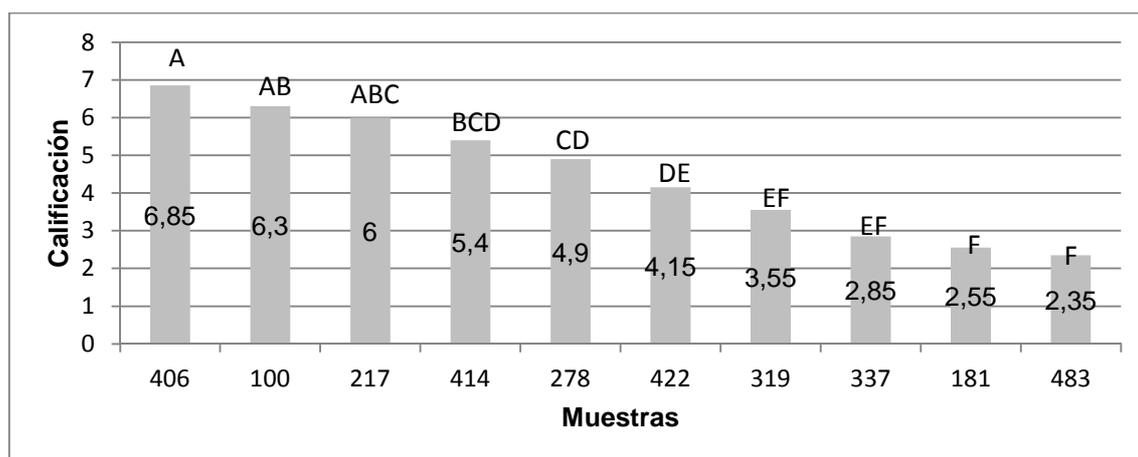


Figura 53. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos negros

Los panelistas otorgaron la mayor puntuación (6,85) en este atributo al genotipo NSL, envasados con el líquido de gobierno L1 (con CaCl_2). Este valor corresponde a la categoría “granos enteros” y evidencia el papel del cloruro de

calcio en la preservación de la cubierta del grano, disminuyendo su susceptibilidad a la rotura. El genotipo que alcanzó una menor calificación (2,35/7) en la integridad de grano fue L88-63 en el líquido de gobierno L2 (sin CaCl_2).

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5 %, permitieron determinar significancia estadística en la integridad del grano de los genotipos rojos (Figura 54).

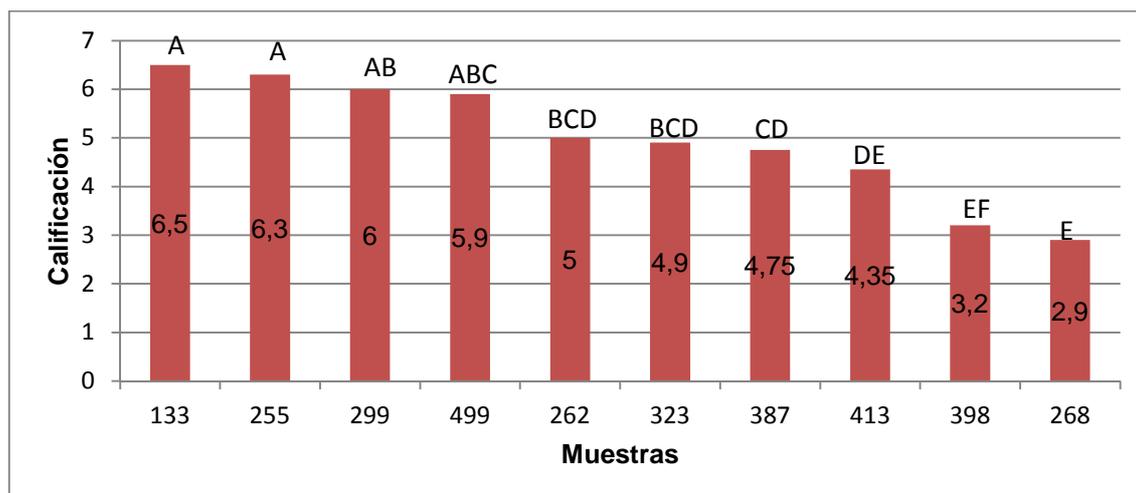


Figura 54. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos rojos

Los genotipos BRB 194 e ICA Quimbaya, alcanzaron la mayor puntuación, (6,5 y 6,3), envasados en los líquidos de gobierno L1 y L2, respectivamente. Los mencionados valores, corresponden a la categoría “la mayoría de granos enteros”, lo que evidencia cierto porcentaje de rotura, que incide en la menor calificación de estos genotipos, con respecto a los granos de color negro, cuyo mejor cultivar (NSL) alcanzó una elevada calificación (6,85 sobre un total de 7 puntos).

Los resultados del análisis estadístico, muestran que la integridad del grano varía de forma significativa en los genotipos canarios, como se observa en la Figura 55. Los panelistas otorgaron una mayor calificación (5,8) al genotipo Rocha, envasado en el líquido de gobierno L2 (sin CaCl_2). Este valor numérico describe a la categoría “la mayoría de granos enteros”, mostrando la aptitud de este material para el proceso de enlatado.

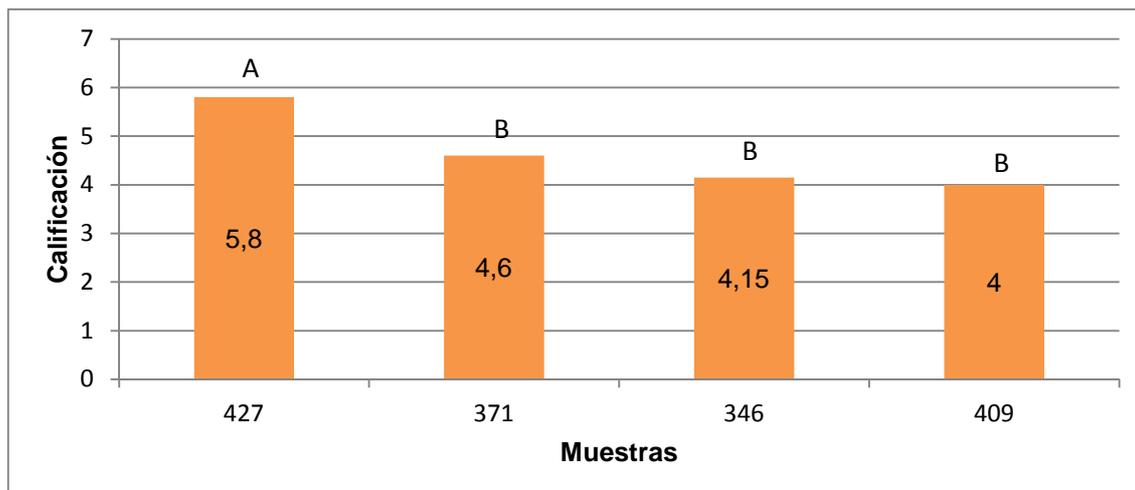


Figura 55. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos canarios

3.5.6 COLOR DEL GRANO

El análisis de varianza y la prueba de Tukey al 5 %, muestra que el color del grano varía de forma significativa entre los genotipos negros, por efecto del tratamiento térmico aplicado (Figura 56). Los catadores otorgaron una mayor calificación (5,6) al genotipo NSL, en el líquido de cobertura L2 (sin cloruro de calcio), valor correspondiente a la categoría “me agrada bastante”, a pesar de la degradación del color, las antocianinas y taninos por efecto del remojo y la cocción del grano.

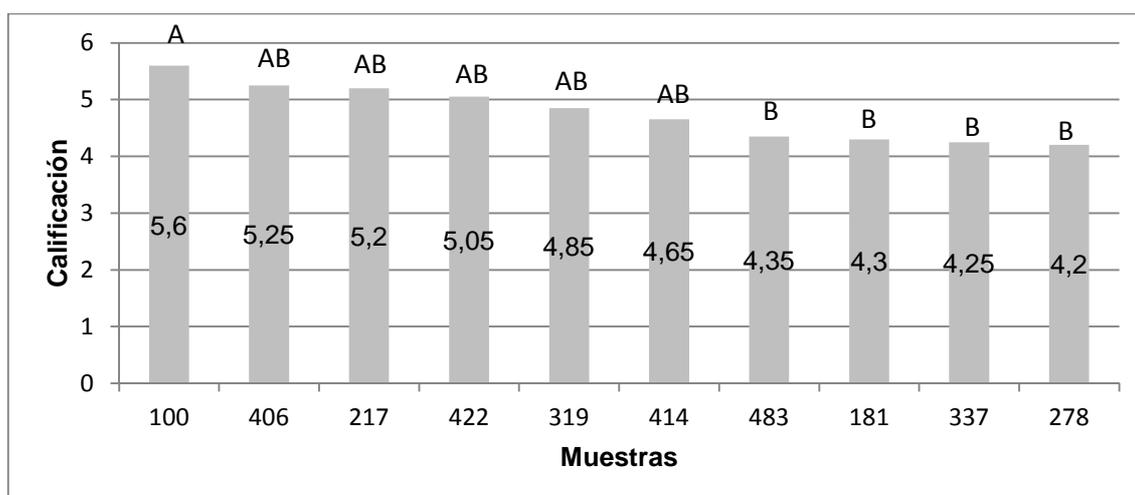


Figura 56. Calificación promedio del color del grano en los genotipos negros

Los resultados del análisis estadístico, muestran que no existe diferencia significativa en el color de los genotipos de frejol rojo, según las calificaciones otorgadas por los panelistas, como se observa en la Figura 57. Las calificaciones promedio fluctuaron entre 4,85 a 5,5; correspondiente a la categoría “me agrada”. Este resultado muestra que a pesar de la degradación sufrida por efecto del procesamiento térmico, el color residual del grano, agradó a los panelistas.

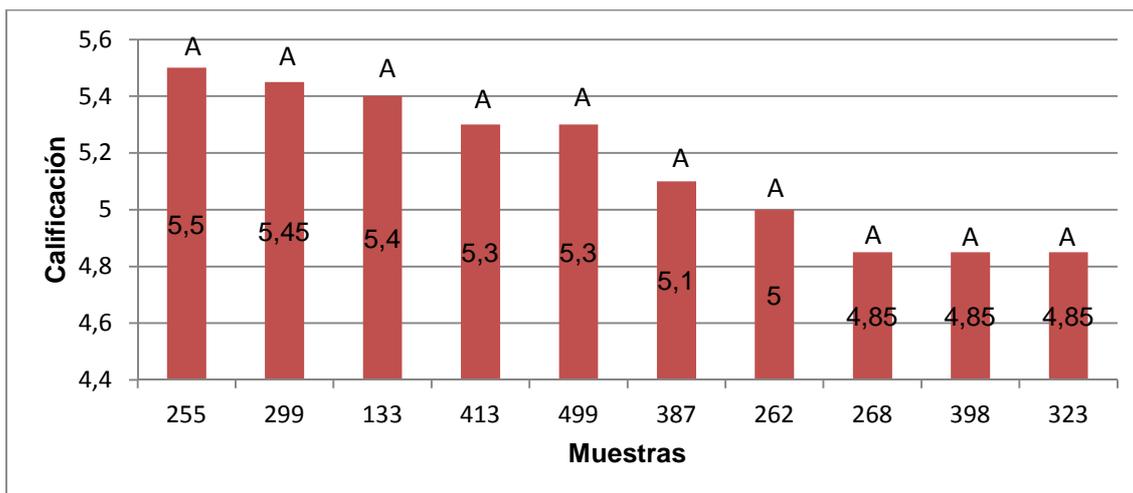


Figura 57. Calificación promedio del color del grano en los genotipos rojos

Igual que los genotipos rojos, los granos de color crema, denominados “canarios”, no variaron significativamente en el atributo “color”, como se muestra en la Figura 58. La calificación de los panelistas para este grupo de materiales fluctuó entre 4,45 a 5,45, correspondiente a la categoría “me agrada”.

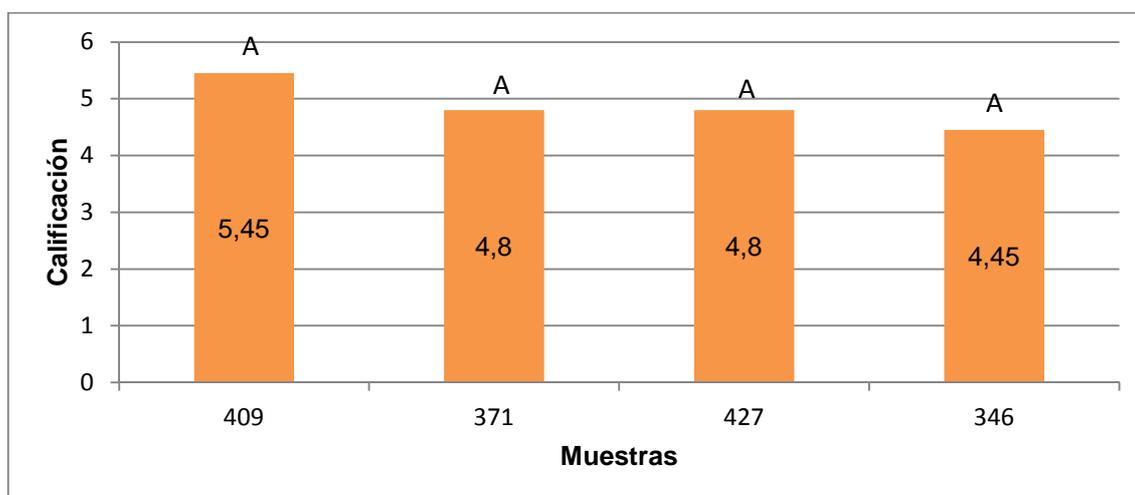


Figura 58. Calificación promedio del color del grano en los genotipos canarios

3.5.7 TEXTURA DEL GRANO

En la Figura 59, se muestra la variación en las calificaciones de textura del grano color negro, desde un valor 2,35 asignado al genotipo L88-63 en el líquido de gobierno L2, hasta 6,85, correspondiente al genotipo NSL, en el líquido de gobierno L1. Este valor describe a un grano “extremadamente suave”, atributo que agradó en alto grado a los panelistas.

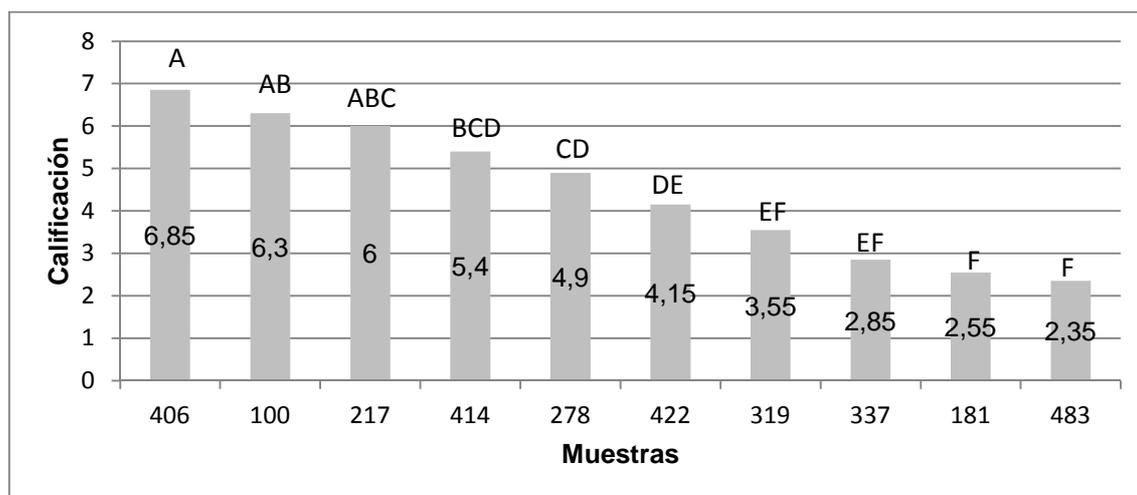


Figura 59. Calificación promedio de la textura del grano en los genotipos negros

En los genotipos de color rojo, los catadores establecieron diferencias significativas en la textura del grano, (Figura 60).

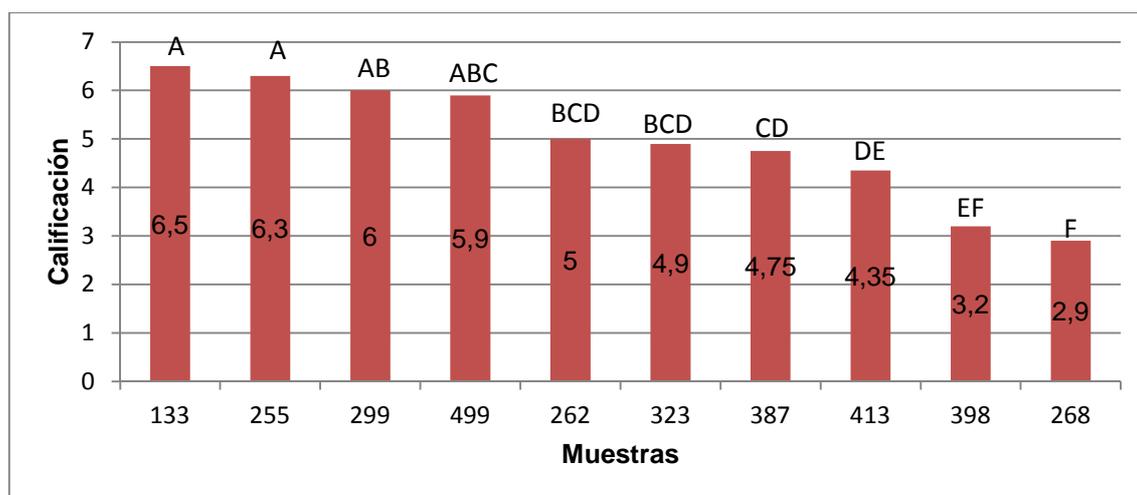


Figura 60. Variación de la textura del grano en los genotipos rojos

Asignaron la mayor puntuación (6,5 y 6,3) a los genotipos BRB 194 e ICA Quimbaya, en los líquidos de gobierno L1 y L2, respectivamente. Esta calificación corresponde a la categoría “muy suave” y la de mayor agrado entre los catadores.

En los genotipos de frejol color crema “canarios”, también se encontró diferencias estadísticas en la textura del grano (Figura 61), con una mayor preferencia de los evaluadores por el genotipo Rocha, envasado con el líquido de gobierno L2 (sin CaCl_2), el cual alcanzó una calificación de 5,8, correspondiente a la categoría “muy suave”.

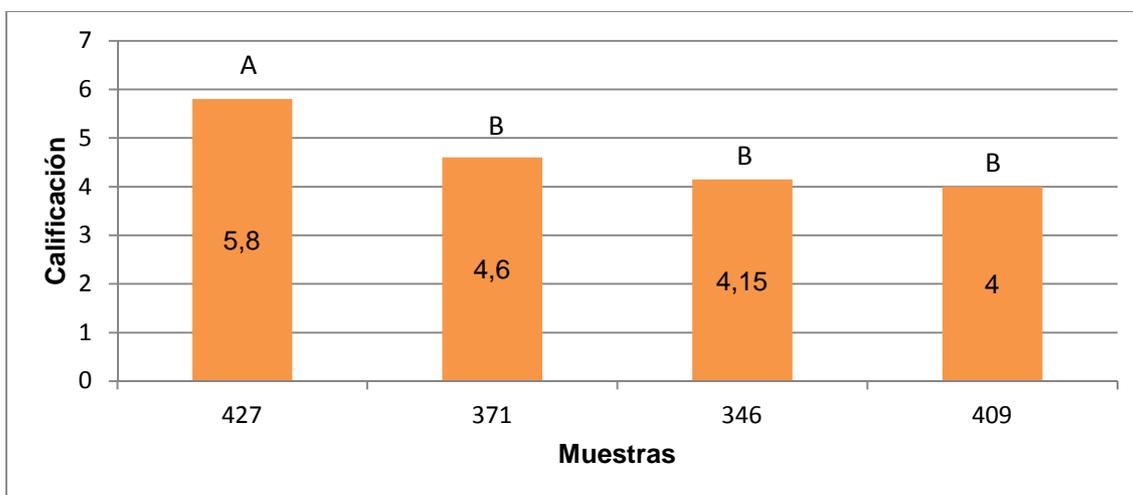


Figura 61. Variación de la textura del grano en los genotipos canarios

Para obtener la calificación total de cada genotipo, se jerarquizó la importancia de los atributos, mediante el empleo de los ponderantes que constan en el Anexo VI, que multiplicados por la calificación promedio alcanzada en la evaluación sensorial, permiten obtener la calificación ponderada para cada atributo, de cuya sumatoria se obtiene la calificación total registrada en las Tablas 43, 44 y 45.

Los atributos sensoriales de mayor jerarquía en un producto enlatado son la apariencia, el sabor y la textura, a los que se les asignó un puntaje de 2, 2 y 1,5, respectivamente; la ponderación para los demás atributos fue de un punto

Tabla 43.Calificación ponderada de los atributos sensoriales para los genotipos de frejol, color negro

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	I. G	A.L.G	Σ total
NSL	L2	100	11,5	9,3	9,45	5,6	4,7	6,3	4,9	51,75
	L1	406	10,5	10	10,28	5,25	4,7	6,85	3,8	51,38
Cóndor	L1	217	10,8	11,4	9,00	5,2	4,85	6	3,3	50,55
	L2	414	8,2	11,7	8,10	4,65	4,7	5,4	2,05	44,80
INIAP 482	L1	422	9,3	10,5	6,23	5,05	4,85	4,15	3,55	43,63
	L2	278	8,1	10,7	7,35	4,2	4,6	4,9	1,4	41,25
G21212	L2	319	8	12	5,33	4,85	4,55	3,55	2,75	41,03
	L1	337	7,6	12,3	4,28	4,25	4,75	2,85	2,65	38,68
L88-63	L1	181	8	10,6	3,83	4,3	4,75	2,55	2,9	36,93
	L2	483	7,9	11	3,53	4,35	4,9	2,35	2,7	36,73

Tabla 44.Calificación ponderada de los atributos sensoriales para los genotipos de frejol, color rojo

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	I.G	A.L.G	Σ total
BRB194	L1	133	10,7	10,9	9,75	5,4	4,65	6,5	5,35	53,25
	L2	299	10,6	11,4	9,00	5,45	4,55	6	5,1	52,10
ICA Quimbaya	L1	499	10,7	11,4	8,85	5,3	4,9	5,9	4,25	51,30
	L2	255	12	10,3	9,45	5,45	4,8	6,3	4,8	53,15
DRK105	L1	262	11,6	10,8	7,50	5	5,3	5	5,05	50,25
	L2	413	8,9	11,7	6,53	5,3	4,9	4,35	4,95	46,63
INIAP402	L1	323	9,7	10,4	7,35	4,85	4,5	4,9	4,05	45,75
	L2	387	9,9	11,3	7,13	5,1	5,1	4,75	3,2	46,48
BRB195	L1	268	11,4	11,5	4,35	4,85	4,75	2,9	6,6	46,35
	L2	398	10,5	11,3	4,80	4,85	4,8	3,2	6,35	45,80

Tabla 45.Calificación ponderada de los atributos sensoriales para los genotipos de frejol, color canario

Muestra	LG	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	I.G	A.L.G	Σ total
Rocha	L2	427	11,9	9,3	8,70	4,8	4,55	5,8	3,25	48,30
	L1	371	11,8	9,7	6,90	4,8	4,85	4,6	4,65	47,30
Chota	L1	346	9,9	10,8	6,23	4,45	6,05	4,15	5,45	47,03
	L2	409	10,2	10,4	6,00	5,45	4,25	4	5,8	46,10

De cada grupo de granos, se seleccionó el genotipo que alcanzó la mayor calificación total ponderada. Dentro de los genotipos de color negro, sobresalió el cultivar NSL, que alcanzó una calificación total de 51,75, envasado en el líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O) y 51,38, en el líquido de gobierno L1 (CaCl₂, NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O). En el grupo de los genotipos rojos, el cultivar BRB 194, en el líquido de gobierno L1, alcanzó la mayor calificación (53,25). Entre los genotipos de color crema denominados “canarios”, se destacó el genotipo Rocha, en el líquido de gobierno L2, con una calificación total ponderada de 48,30.

Con los genotipos seleccionados de cada grupo de granos, se realizó otro tamizaje con base en las calificaciones de los atributos sensoriales que constan en la Tabla 46, lo que permitió seleccionar un solo genotipo con características de calidad para el proceso de enlatado.

Tabla 46. Variables respuesta del análisis sensorial de los genotipos escogidos

Muestra	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	Integridad del Grano	Ap. del líquido de gobierno
516*	5,8	5,7	4,25	5,8	5,05	6,5	3,85
542**	4,9	5,85	2,75	5,2	5,35	4,6	4,75
520***	4,7	4,55	3,45	4,7	4,3	6,05	3,4

* BRB 194 con CaCl₂;

** Rocha sin CaCl₂ y

*** NSL sin CaCl₂.

3.5.8 APARIENCIA GENERAL DEL PRODUCTO ENLATADO SELECCIONADO

Los catadores no encontraron diferencias significativas (Tukey al 5 %) en la apariencia general de los tres genotipos de grano, la cual considera la apariencia tanto del grano como del líquido de gobierno. A los materiales evaluados asignaron una calificación entre 4,7 a 5,8 puntos, correspondiente a la categoría “me agrada poco”.

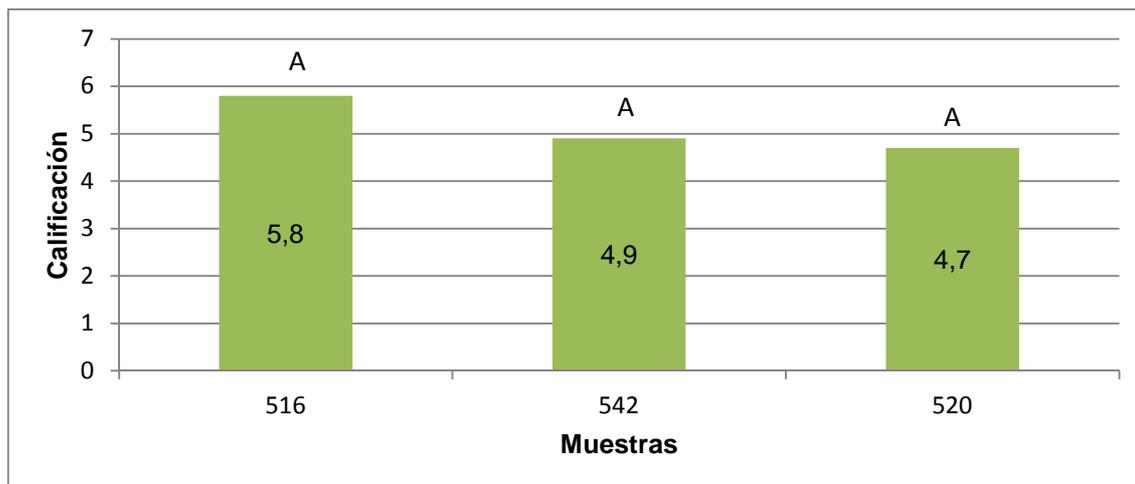


Figura 62. Calificación promedio de la apariencia de los genotipos seleccionados

3.5.9 APARIENCIA DEL LÍQUIDO DE GOBIERNO DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADO

Cuando a los catadores se les proporcionó el líquido de gobierno de los tres genotipos seleccionados, para que evalúen su apariencia; éstos asignaron diferentes calificaciones, cuyo análisis estadístico permitió establecer tres rangos, según la prueba de Tukey al 5 %. En el primer rango, se ubicó el líquido de gobierno del genotipo Rocha, con una calificación promedio de 4,75, que describe a un líquido “algo turbio”, seguido por el líquido de gobierno del genotipo BRB 194 con 3,85 puntos.

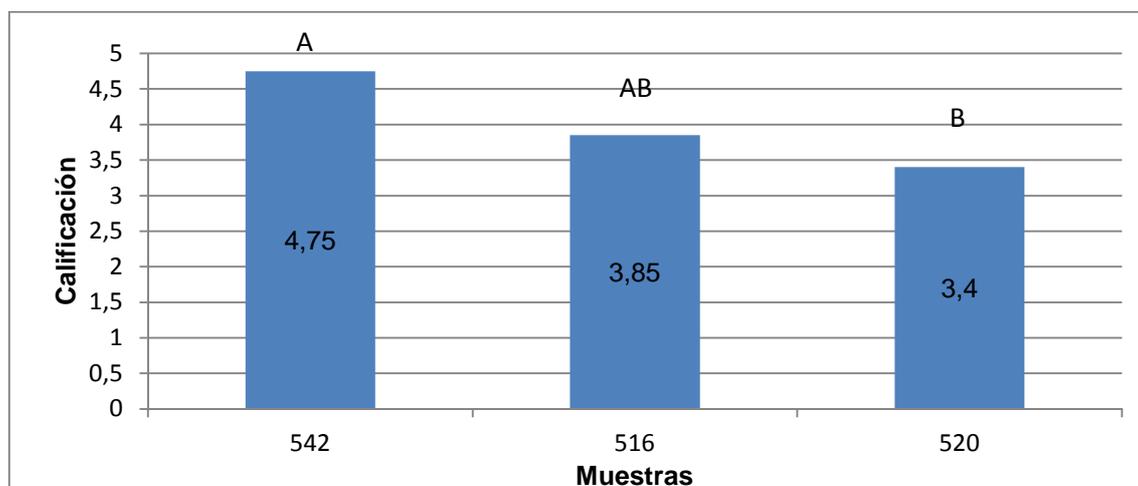


Figura 63. Variación del líquido de gobierno de los genotipos seleccionados

El líquido de gobierno del genotipo NSL, alcanzó una menor aceptación por los panelistas, quienes asignaron una calificación de 3,4, correspondiente a la categoría “moderadamente turbio”.

3.5.10 OLOR DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

En la Figura 64, se ilustra los resultados del análisis estadístico de las calificaciones otorgadas por los catadores, al olor de los tres genotipos de frejol térmicamente procesado. La mayor calificación (5,35) alcanzó el genotipo Rocha, valor correspondiente a la categoría “olor agradable”, según la escala hedónica de siete puntos. Los genotipos BRB 194 y NSL, alcanzaron una menor calificación, por lo que se ubicaron en otros rangos estadísticos.

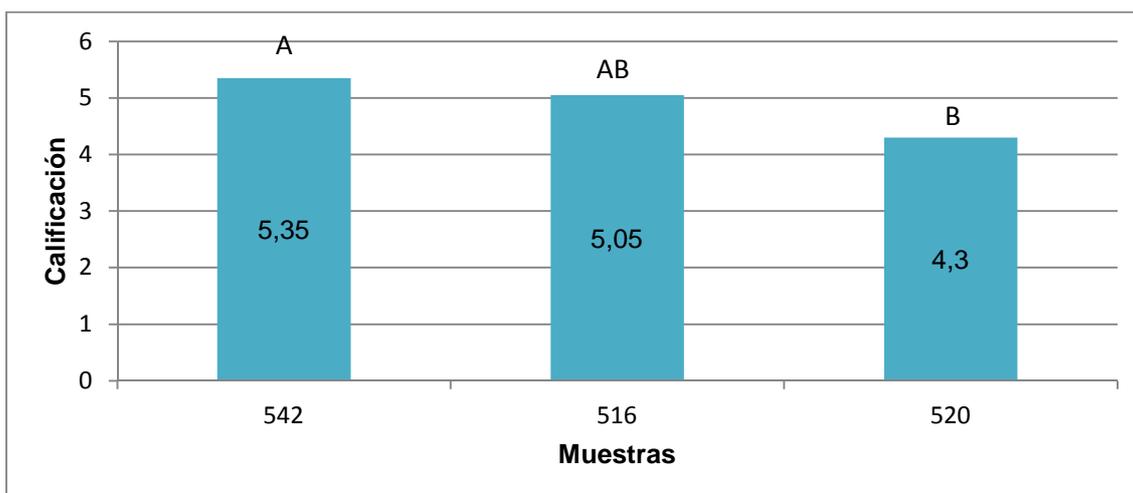


Figura 64. Calificación promedio del olor de los genotipos seleccionados

3.5.11 SABOR DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

En este atributo, los genotipos que alcanzaron una mayor calificación por los panelistas fueron Rocha y BRB 194 (Figura 65), con 5,85 y 5,7 puntos, correspondiente a la categoría “me agrada moderadamente”. Los dos materiales se envasaron con líquidos de gobierno de diferente composición (L1 y L2),

concluyéndose que el cloruro de calcio utilizado como un mejorador de la textura del grano, no influyó en el sabor del grano cocido.

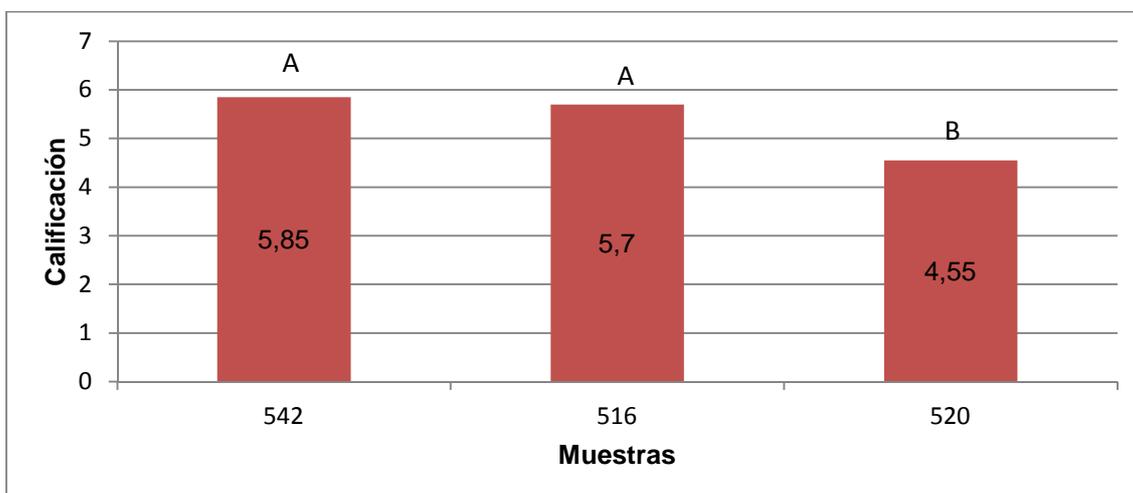


Figura 65. Calificación promedio del sabor de los genotipos seleccionados

3.5.12 INTEGRIDAD DEL GRANO DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

Los resultados del análisis estadístico para la calificación de la integridad del grano procesado, muestran una variación significativa en función del genotipo evaluado (Figura 66).

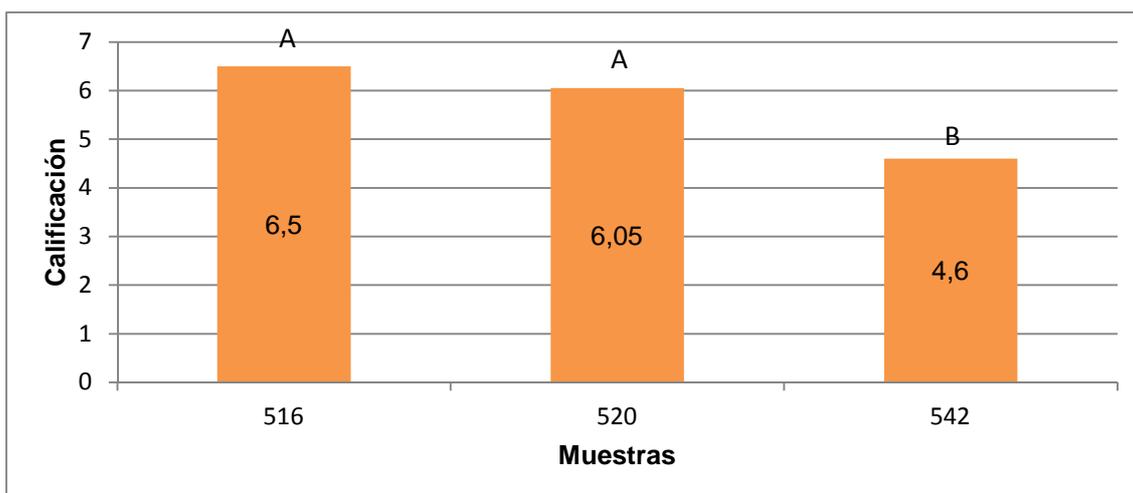


Figura 66. Calificación promedio de la integridad del grano en los genotipos seleccionados

La mayor calificación (6,5), alcanzó el genotipo BRB 194, valor correspondiente a la categoría de “granos enteros”, mientras que el genotipo Rocha presentó un mayor número de granos partidos, por lo que los panelistas le asignaron una calificación de 4,6 puntos, correspondiente a la categoría “pocos granos partidos”, en la escala hedónica de siete puntos.

3.5.13 COLOR DEL GRANO DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

Los catadores encontraron diferencias significativas en el color del grano de los tres genotipos evaluados, como se muestra en la Figura 67. Una mayor aceptación alcanzó el genotipo de color rojo (BRB 194), con 5,8 puntos, correspondiente a la categoría “me agrada bastante”, seguido por el genotipo de color crema denominado Rocha, con 5,2 puntos, correspondiente a la categoría “agradable”, con una menor aceptación por el genotipo de color negro (NSL), con 4,7 puntos.

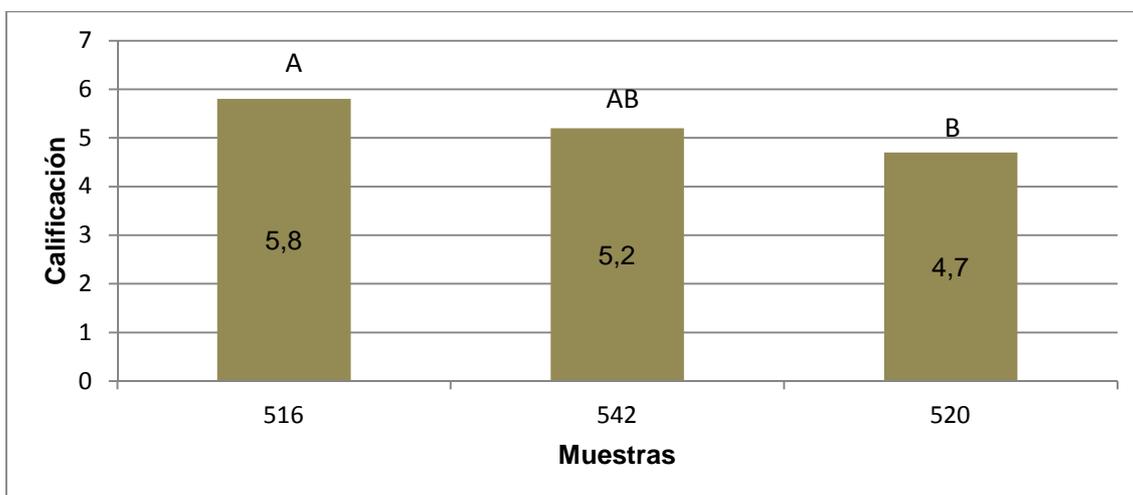


Figura 67. Calificación promedio del color de los genotipos seleccionados

3.5.14 TEXTURA DEL GRANO DE LOS GENOTIPOS SELECCIONADOS

Los resultados del análisis estadístico, muestran que la textura del grano varía de forma significativa entre los genotipos evaluados, como se observa en la Figura 68. A los panelistas agradó la textura “poco suave” del genotipo rojo BRB 194,

que alcanzó una calificación de 4,25. Mientras que a los genotipos NSL y Rocha, los catadores, asignaron una calificación promedio de 3, correspondiente a la categoría “moderadamente duro” y de menor agrado entre los evaluadores.

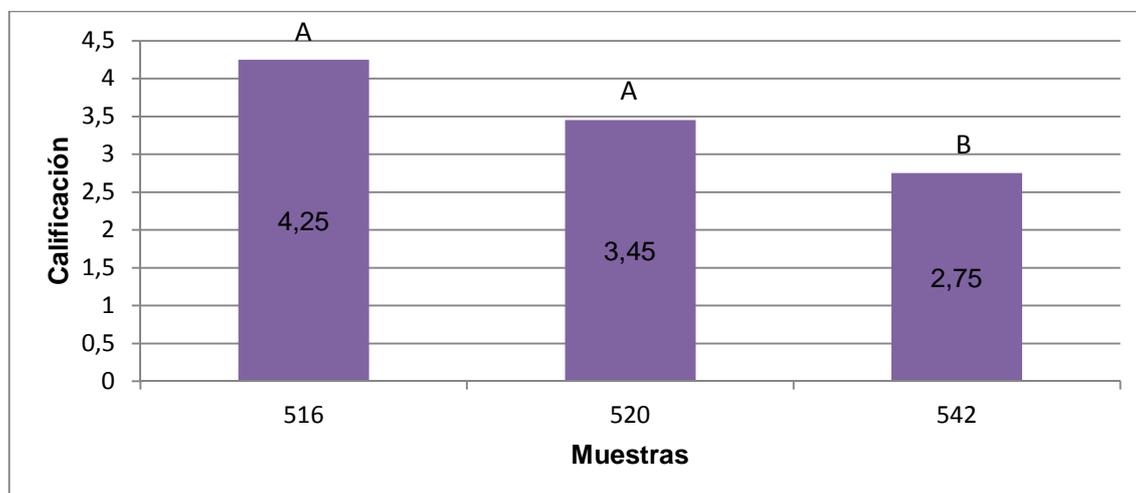


Figura 68. Calificación promedio de la textura de los genotipos seleccionados

Luego, se jerarquizaron los atributos, mediante el empleo de ponderantes, que multiplicados por la calificación promedio alcanzada en la evaluación sensorial, permitieron obtener la calificación ponderada para cada atributo, de cuya sumatoria se obtiene la calificación total ponderada, registrada en la Tabla 47.

Tabla 47. Ponderación de las características de los genotipos seleccionados

Muestra	L.G.	Código	Apariencia	Sabor	Textura	Color	Olor	I.G	A.L.G	Σ total
BRB194	L1	516	11,6	11,4	6,38	5,8	5,05	6,5	3,85	50,58
NSL	L2	542	9,8	11,7	4,13	5,2	5,35	4,6	4,75	45,53
Rocha	L2	520	9,4	9,1	5,18	4,7	4,3	6,05	3,4	42,13

El genotipo de color rojo BRB 194, alcanzó la mayor calificación total ponderada (50,58) de los atributos sensoriales evaluados, valor que superó la calificación total ponderada de cuarenta y siete puntos, que debe reunir un genotipo con calidad para enlatado (Tabla 48).

Tabla 48. Calificación ponderada* de los atributos sensoriales para determinar el Índice de Calidad para enlatado

Descriptor	Categoría	Ponderante	Calificación mínima aceptable	Calificación Ponderada
Apariencia	Me agrada poco	2	5	10
Apariencia del líquido de cobertura	Escasamente turbio	1	6	6
Olor	Me agrada bastante	1	6	6
Sabor	Me agrada poco	2	5	10
Color del grano	Me agrada	1	5	5
Integridad del grano	Granos ligeramente partidos	1	4	4
Textura del grano	Poco suave	1,5	4	6
			∑ total	47

*Calificación mínima que debe reunir un genotipo con calidad para enlatado

3.6 IDENTIFICACIÓN DE LOS GENOTIPOS APTOS PARA LA INDUSTRIA DE ENLATADO

Los resultados de los análisis físico-químicos y sensoriales del frejol térmicamente procesado, orientaron la determinación del índice de calidad para enlatado (ICP). En el producto global (grano y líquido de gobierno) se consideraron los siguientes parámetros:

- La cantidad de agrupación o grado de aglomeración,
- División o grado de rotura,
- La apariencia general de una muestra de frijol en lata,

En el líquido de gobierno:

- viscosidad,
- color
- cantidad de sólidos suspendidos

En el grano cocido:

- Color,

- Tamaño
- Textura

Este análisis se realizó con el fin de identificar que genotipo posee las mejores características para la industria del enlatado.

En la Tabla 50, se muestran los resultados de la calificación asignada a cada categoría de parámetro evaluado, en base a las escalas hedónicas establecidas en las Tablas 34, 35 y 36.

Los diferentes parámetros físicos evaluados se ponderaron según su importancia en el proceso de selección y se estableció una calificación mínima que deben reunir los genotipos, con aptitud para el proceso de enlatado (Tabla 49).

Tabla 49. Calificación y Ponderación de la Base Aceptable

Parámetro	Ponderante	Calificación mínima requerida	Calificación Ponderada
Grado de aglomeración	1	4	4
Grado de rotura	1	5	5
Apariencia	2	5	10
Viscosidad	1	4	4
Apariencia líquido de gobierno	1	6	6
Sólidos suspendidos	1,5	5	7,5
Color	1,5	5	7,5
Tamaño	1,5	4	6
Textura	1,5	4	6
Σ total			56

Según las especificaciones de la Tabla 49, la calificación global ponderada que debe alcanzar un genotipo para ser considerado apto para el proceso de enlatado es de cincuenta y seis puntos, debiendo descartarse aquellos materiales que presenten una calificación menor que la especificada. En la Tabla 51 se presentan las calificaciones alcanzadas por los genotipos de frejol en estudio.

Tabla 50. Calificación alcanzada en diferentes parámetros físicos, para la determinación del índice de calidad para enlatado, ICP

Parámetro Genotipo	Líquido de Gobierno	Grado de aglomeración	Grado de rotura	Apariencia	Viscosidad	Apariencia líquido de gobierno	Sólidos suspendidos	Color	Tamaño	Textura
DRK 105	L1	7	7	5,8	7	5,05	7	5	7	5
	L2	7	6	4,45	6	4,95	6	5,3	7	4,35
Ica Quimbaya	L1	7	7	5,35	5	4,25	7	5,3	7	5,9
	L2	7	7	6	5	4,8	7	5,5	7	6,3
BRB 195	L1	7	7	5,7	6	6,6	7	4,85	4	2,9
	L2	5	7	5,25	4	6,35	7	4,85	5	3,2
INIAP 402	L1	6	4	4,95	6	3,2	7	5,1	6	4,75
	L2	4	5	4,85	6	4,05	7	4,85	7	4,9
BRB 194	L1	7	7	5,35	7	5,35	7	5,4	5	6,5
	L2	5	7	5,3	7	5,1	7	5,45	5	6
INIAP 482	L1	3	5	4,65	5	3,55	7	5,05	4	4,15
	L2	2	4	4,05	4	1,4	6	4,2	4	4,9
L88-63	L1	5	2	4	6	2,9	7	4,3	3	2,55
	L2	4	2	3,95	2	2,7	6	4,35	3	2,35

Tabla 50.Calificación alcanzada en diferentes parámetros físicos, para la determinación del índice de calidad para enlatado, ICPC**Continuación...**

Parámetro Genotipo	Líquido de Gobierno	Grado de aglomeración	Grado de rotura	Apariencia	Viscosidad	Apariencia líquido de gobierno	Sólidos suspendidos	Color	Tamaño	Textura
NSL	L1	5	7	5,25	7	3,8	7	5,25	4	6,85
	L2	4	5	5,75	6	4,9	7	5,6	4	6,3
G21-212	L1	5	2	3,8	7	2,65	6	4,25	4	2,85
	L2	3	4	4	2	2,75	6	4,85	4	3,55
Cóndor	L1	4	7	5,4	7	3,3	7	5,2	3	6
	L2	1	6	4,1	6	2,05	7	4,65	3	5,4
Chota	L1	7	5	4,95	6	5,45	7	4,45	4	4,15
	L2	5	4	5,1	6	5,8	7	5,45	5	4
Rocha	L1	6	5	5,9	4	4,65	7	4,8	6	4,6
	L2	4	4	5,95	2	3,25	7	4,8	6	5,8

Tabla 51. Calificación total ponderada de los parámetros físicos para varios genotipos de fréjol procesado

Parámetro Genotipo	L.G	G. A	G.R	Apariencia	Viscosidad	A.L.G	Sólidos suspendidos	Color	Tamaño	Textura	Σ Total
DRK 105	L1	7	7	11,6	7	5,05	10,5	7,5	10,5	7,5	73,65
	L2	7	6	8,9	6	4,95	9	7,95	10,5	6,53	66,83
Ica Quimbaya	L1	7	7	10,7	5	4,25	10,5	7,95	10,5	8,85	71,75
	L2	7	7	12	5	4,8	10,5	8,25	10,5	9,45	74,5
BRB 195	L1	7	7	11,4	6	6,6	10,5	7,28	6	4,35	66,13
	L2	5	7	10,5	4	6,35	10,5	7,28	7,5	4,8	62,93
INIAP 402	L1	6	4	9,9	6	3,2	10,5	7,65	9	7,13	63,38
	L2	4	5	9,7	6	4,05	10,5	7,28	10,5	7,35	64,38
BRB 194	L1	7	7	10,7	7	5,35	10,5	8,1	7,5	9,75	72,9
	L2	5	7	10,6	7	5,1	10,5	8,18	7,5	9	69,88
INIAP 482	L1	3	5	9,3	5	3,55	10,5	7,58	6	6,23	56,15
	L2	2	4	8,1	4	1,4	9	6,3	6	7,35	48,15
L88-63	L1	5	2	8	6	2,9	10,5	6,45	4,5	3,83	49,18
	L2	4	2	7,9	2	2,7	9	6,53	4,5	3,53	42,15

Tabla 51. Calificación total ponderada de los parámetros físicos para varios genotipos de fréjol procesado **Continuación...**

Parámetro Genotipo	L.G	G. A	G.R	Apariencia	Viscosidad	A.L.G	Sólidos suspendidos	Color	Tamaño	Textura	∑ Total
NSL	L1	5	7	10,5	7	3,8	10,5	7,88	6	10,28	67,95
	L2	4	5	11,5	6	4,9	10,5	8,4	6	9,45	65,75
G21-212	L1	5	2	7,6	7	2,65	9	6,38	6	4,28	49,9
	L2	3	4	8	2	2,75	9	7,28	6	5,33	47,35
Cóndor	L1	4	7	10,8	7	3,3	10,5	7,8	4,5	9	63,9
	L2	1	6	8,2	6	2,05	10,5	6,98	4,5	8,1	53,33
Chota	L1	7	5	9,9	6	5,45	10,5	6,68	6	6,23	62,75
	L2	5	4	10,2	6	5,8	10,5	8,18	7,5	6	63,18
Rocha	L1	6	5	11,8	4	4,65	10,5	7,2	9	6,9	65,05
	L2	4	4	11,9	2	3,25	10,5	7,2	9	8,7	60,55

Los resultados de la Tabla 51, permiten concluir que los genotipos con aptitud para el proceso de enlatado son DRK 105, BRB 194 e ICA Quimbaya, utilizando el líquido de gobierno L1 (CaCl_2 , NaCl, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ y H_2O), los que alcanzaron una calificación global ponderada de 73,65; 72,90 y 71,75 respectivamente; mientras que en el líquido de gobierno L2 (sin CaCl_2), los genotipos que presentaron mejor aptitud para el enlatado son ICA Quimbaya y BRB 194 con 74,50 y 69,88, respectivamente.

En el líquido de gobierno L1, los genotipos NSL, BRB 195, Rocha, Cóndor, INIAP 402, Chota e INIAP 482 también alcanzaron una calificación mayor a la mínima requerida, con 67,95; 66,13; 65,05; 63,90; 63,38; 62,75 y 56,15 respectivamente.

En el líquido de gobierno L2, los genotipos DRK 105, NSL, INIAP 402, Chota, BRB 195 y Rocha, superaron la calificación mínima requerida con 66,83; 65,75; 64,38; 63,18; 62,93 y 60,55 respectivamente.

Los genotipos que no alcanzaron la calificación ponderada mínima para el proceso de enlatado fueron L88-63 y G21-212, en el líquido de gobierno L1, con calificaciones de 49,18 y 49,90, respectivamente; utilizando el líquido de gobierno L2, los genotipos rechazados fueron INIAP 482, L88-63, G21-212 y Cóndor, con 48,15; 42,15; 47,35 y 53,33, respectivamente.

Los genotipos G21-212 y L88-63 no presentaron buenas características para el proceso de enlatado con ninguno de los líquidos de gobierno utilizados en este estudio.

3.7 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE PRODUCCIÓN DEL FRÉJOL ENLATADO

Las empresas normalmente no fabrican un solo producto sino una amplia variedad de estos, este conjunto se denomina gama. La gestión de la gama de productos requiere un análisis en varios niveles y una parte precisa es la gestión conjunta y actividades de marketing de toda la gama de productos para potenciarlos.

La gama de productos de esta planta consiste en fréjol enlatado, pasta de fréjol, frejol con tocino enlatado y sopa de fréjol. Se debe realizar un análisis de los costes de producción de cada producto.

Conociendo los costes y los ingresos podemos conocer el beneficio que aporta cada producto. Y sabiendo las inversiones o recursos que consume ese producto podemos estimar la rentabilidad de cada producto concreto.

Nuestro análisis de costos de producción se centra en el enlatado de fréjol, en la Figura 70 se puede observar el proceso de elaboración para la obtención del enlatado de fréjol, a escala piloto.

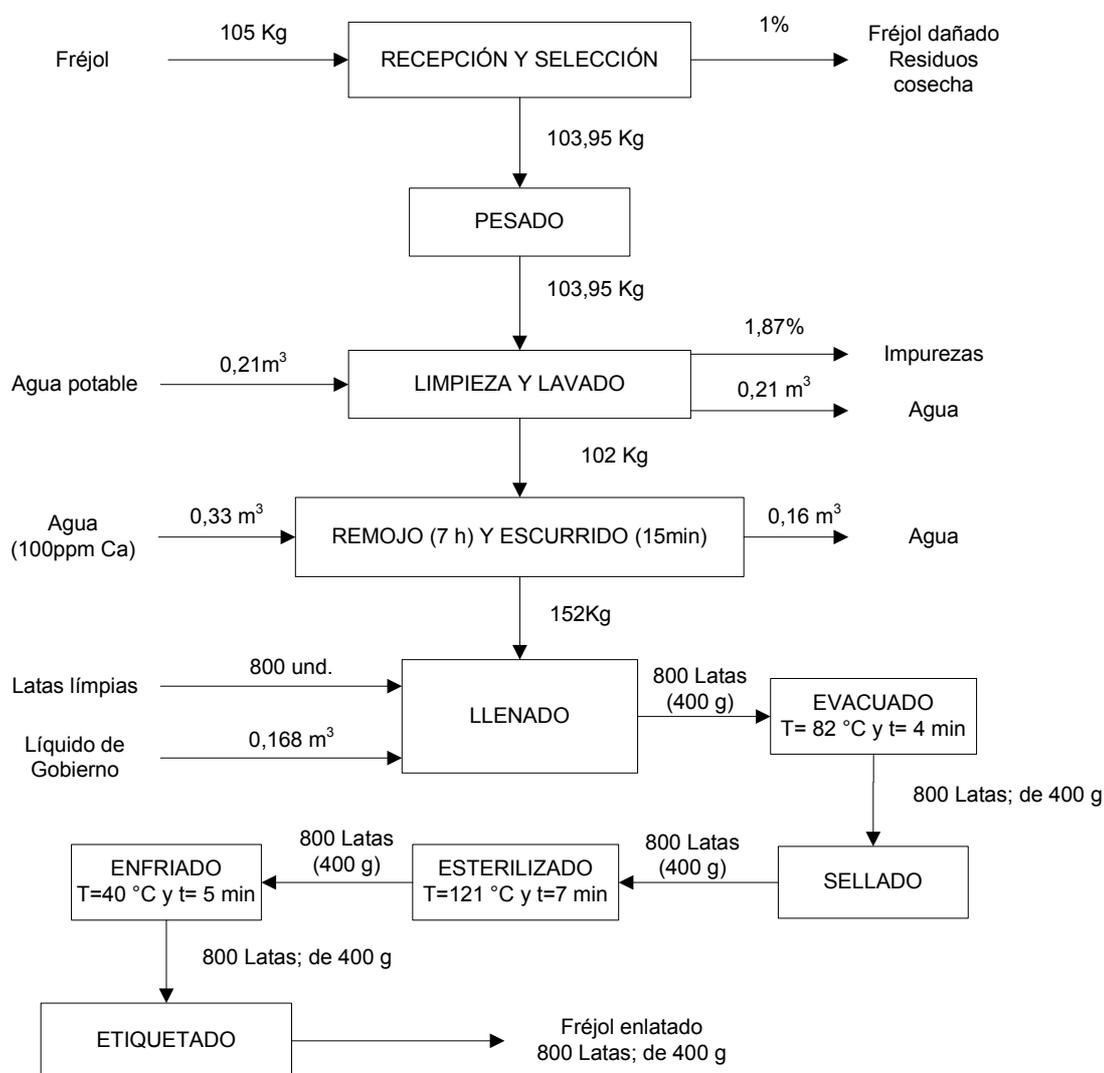


Figura 69. Diagrama del balance de masa para la obtención de enlatado de fréjol

Para establecer la capacidad de la planta se parte de los siguientes supuestos: se trabajará 22 días al mes, 8 horas diarias (264 días al año) y se requerirá 27,72 Tm de materia prima al año, de esta forma se podrán procesar 105 Kg. diarios de fréjol BRB 194.

Se consideró al genotipo BRB 194 ya que presentó las mejores características sensoriales, así como también el mejor ICP como se puede observar en la sección 3.5 y 3.6 respectivamente.

Se determinaron los costos de producción para la obtención de 800 latas diarias de un peso neto de 400g.

3.7.1 INVERSIÓN

Concepto	\$	%
Inversión fija	140 240	88,30
Capital de operaciones	18 586	11,70
INVERSIÓN TOTAL	158 826	100,00
CAPITAL PROPIO	95 296	60,00
FINANCIAMIENTO	63 530	40,00

3.7.1.1 Inversión Fija

Concepto	\$	%
Terrenos y Construcciones	48 765	34,77
Maquinaria y equipo	66 532,17	47,44
Otros activos	18 264,86	13,02
SUMAN	133 562,03	95,24
Imprevistos de la inversión fija (5%)	6 678,10	4,76
TOTAL	140 240,13	100,00

3.7.1.1.1 Terrenos y Construcciones

Concepto	Cantidad (m ²)	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Terreno	300,00	10,00	3 000,00
Fábrica	100,00	180,00	18 000,00
Oficinas y laboratorio	45,00	285,00	12 825,00
Cerramiento (m)	74,00	50,00	3 700,00
Bodegas	100,00	70,00	7 000,00
Baños	20,00	212,00	4 240,00
		TOTAL	48 765,00

3.7.1.1.2 Maquinaria y Equipo de Producción

Concepto	Valor Ex-Aduana (\$)
Equipo de Producción (Importado y nacional)	S/ 56 727,38
Equipo Auxiliar	S/ 1.126,68
Gastos de Instalación y Montaje	S/ 8 678,00
TOTAL	S/ 66 532,17

A continuación se da una descripción detallada de la maquinaria, equipos principales y auxiliares:

Denominación	Cantidad (und.)	Capacidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Báscula	1	0,5 ton	745	745,00
Mesas de acero inoxidable	4	-----	822,91	3 291,64
Selladora de latas	1	10 latas/min	2 235	2 235,00
Evacuador	1	30 latas/lote	5000	5 000,00
Autoclave vertical	1	6 carros	18000	18 000,00
Etiquetadora	1	20 latas/min	2 618	2 618,08
Caldera	1	15 CV	10 115	10 115,02
Bomba centrífuga	1	5 HP	750	750,00
Marmita agitada	2	0,128 m3	5 036	10 072,64
Tanque de abastecimiento de agua	1	0,33 m3	3 900	3 900,00
			SUMAN	56 727,38

Denominación	Cantidad (und.)	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Viscosímetro	1	572,00	572,00
Balanza	1	343,84	343,84
Termómetro	1	43,68	43,68
Cronómetro	2	23,58	47,16
Cucharas	10	12	120,00
		SUMAN	1126,68

3.7.1.1.3 Otros Activos

Concepto	Valor (\$)
Equipos y muebles de oficina	4 000,00
Constitución de la sociedad	5 000,00
Herramientas	500,00
Equipos de computación	2 000,00
Material y suministros de laboratorio	1 000,00
Imprevistos 5% de Total de terreno- construcciones y maquinaria-equipo.	5 764,86
TOTAL	18 264,86

3.7.1.2 Capital de Operaciones

Concepto	Tiempo (meses)	Valor (\$)
Materiales Directos	1,5	7 479,88
Mano de Obra Directa	1,5	6 169,80
Carga Fabril*	1,5	987,14
Gastos de administración*	1,5	3 627,38
Gastos de venta	1,5	321,88
TOTAL		18 586,07

* Sin depreciación ni amortización

3.7.1.2.1 Materiales Directos

Concepto	Cantidad (Kg)	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Fréjol BRB 194	27 720	1,50	41 580,00
Sal	369,60	0,37	136,75
Azúcar	462	0,70	323,40
Latas	211 200	0,08	17740,80
CaCl ₂	29,04	2,00	58,08
TOTAL			59 839,03

3.7.1.2.2 Mano de Obra Directa

Concepto	N°	Sueldo Mensual (\$)	Total Anual (\$)
Calificados	2	650,00	15 600
Semi-calificados	3	370,00	13 320
No calificados	2	264,00	6 336
SUMAN			35 256
Cargas sociales (40%)			14 102
TOTAL			49 358

3.7.1.2.3 Carga Fabril

A. Materiales indirectos

DENOMINACIÓN	Cantidad	Costo Unitario (\$)	Costo Total (\$)
Material de limpieza	1	476,36	476,36
TOTAL			476,36

B. Depreciación

CONCEPTO	Vida Útil (años)	Costo (\$)	Valor Anual (\$)
Construcciones	20	48 765	2 438,25
Maquinaria y equipo	10	66 532	6 653,22
Computadoras	3	2 000	666,67
Repuestos y accesorios	10	1 000	100,00
Imprevistos de la inversión fija	10	5 765,86	576,49
Gastos de puesta en marcha	10	8 678,11	867,81
		TOTAL	11 302,43

C. Suministros

CONCEPTO		Cantidad	Valor Unitario (\$)	Valor Total (\$)
Energía eléctrica (Kw-h)		48137,76	0,08	3 851,02
Agua (m ³)		313,36	0,32	100,28
			TOTAL	3 951,30

D. Reparaciones y mantenimiento

CONCEPTO	%	Costo (\$)	Valor Total (\$)
Maquinaria y equipo	2,0	66 532,17	1 330,64
Edificios y Construcciones	2,0	48 765	975,30
		TOTAL	2 305,94

E. Seguros

CONCEPTO	%	Costo (\$)	Valor Total (\$)
Maquinaria y equipo	1,0	66 532,17	665,32
Edificios y Construcciones	1,0	48 765	487,65
		TOTAL	1 152,97

F. Imprevistos de la carga fabril

CONCEPTO	Valor Total (\$)
Aprox. 3% de todos los rubros anteriores	575,67
TOTAL GENERAL (A+B+C+D+E+F)	33.263

3.7.2 COSTO UNITARIO DEL PRODUCTO

Concepto	Valor (\$)
Costo de producción	128 962,10
Costos de ventas	2 575,00
Gastos de administración y generales	1 472,33
Gastos de financiamiento	6 486,46
	TOTAL
	139 495,90
	Unidades Producidas
	211200 und
Costo unitario	0,66

El costo unitario del enlatado de fréjol sin percibir una ganancia fue de \$ 0,66, es decir, solo se cubre los gastos de la empresa.

3.7.2.1 Costos de Producción

Descripción	\$	%
Materiales directos	59.839,03	46,40
Mano de obra directa	49 358,40	38,27
Carga fabril		
a) Mano de obra indirecta	---	---
b) Materiales indirectos	476,36	0,37
c) Depreciación	11 302,43	8,76
e) Suministros	3 951,30	3,06
d) Reparación y mantenimiento	2 305,94	1,79
f) Seguros	1 152,97	0,89
g) Imprevistos	575,67	0,45
	TOTAL	128 962,10
		100,000
Producto procesado (unidades)	211200	
Costo de producción por unidad (\$)	0,61	

Los costos de producción fueron de \$ 128 962,10, donde el rubro más fuerte fue el de los materiales directos que representa el 46,40% de todos estos costos. Hay que tomar en cuenta que esto es lo más razonable ya que este valor corresponde al de la materia prima.

3.7.2.2 Gastos de Ventas

Descripción	Total Anual (\$)
Gastos de publicidad	2500
Imprevistos (3%)	75
TOTAL	2.575

3.7.2.3 Gastos de Administración

Concepto	N°	Sueldo Mensual(\$)	Total Anual(\$)
Gerente General	1	800	9600
Secretaria	1	300	3600
Contador	1	500	6000
		SUMAN	19200
Cargas sociales (30%)			7680
		SUMAN	26880
Depreciación de muebles y equipo de oficina (10 años)			400
Amortización de constitución de la sociedad (10 años)			500
Depreciación Equipos laboratorio (10 años)			666,67
Gastos de oficina (suministros)			1000
Gastos telefónicos			720
Imprevistos (5%)			1472,33
		TOTAL	31639

3.7.2.4 Gastos de Financiamiento

El costo de producción del enlatado de fréjol considerando materiales directos, mano de obra directa y carga fabril, se ha establecido en \$ 0,61; mientras que el

costo unitario final, que incluye gastos de venta, administración y financiamiento, es \$ 0,66.

Concepto	Tasa	Dólares
Intereses del préstamo	10,21	6 486,46
TOTAL		6 486,46

3.7.3 VENTAS NETAS

PRODUCTOS	Cantidad Anual (unidades)	Valor Unitario (Dólares)	Valor Total (Dólares)
Enlatado de fréjol (400g)	211200	1,04	219 648,00
		TOTAL	219 648,00

Si se vende las 211200 latas de 400 g de fréjol a un precio de \$1,04 cada unidad, se debe añadir un 30% de margen de utilidades que se da entre los comercializadores, mayoristas y minoristas, el producto llegaría al consumidor a un precio final de \$ 1,35. Este precio resulta menor con respecto a las marcas comerciales; por ejemplo, el precio del enlatado de fréjol de 425g de la marca Facundo es de \$ 1,66.

3.7.4 ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS

Concepto	Valor (\$)	%
Ventas netas	219 648,00	100,00
Costo de producción	128 962,10	58,71
Utilidad bruta en ventas	90 685,90	41,29
Gastos de ventas	2.575,00	1,17
Utilidad neta en ventas	88 110,90	40,11
Gastos de administración y generales	31.639,00	14,40
Utilidad neta en operaciones	56 471,90	25,71
Gastos de financiamiento	6 486,46	2,95
Reparto de utilidades a trabajadores (15%)	7 497,82	3,41
Utilidad neta del período antes del impuesto sobre las utilidades	42 487,62	19,34

La rentabilidad que presenta sobre el capital propio es del 44,69% y sobre la inversión total es del 26,75%; comparando estos valores con los de la tasa del segmento empresarial (10,21%) se puede decir que el negocio es rentable ya que es superior a este.

3.7.5 PUNTO DE EQUILIBRIO

Concepto		Costos Fijos	Costos Variables
Materiales Directos			59.839,03
Mano de Obra Directa			49 358,40
Carga Fabril			
Mano de obra indirecta		---	
Materiales indirectos		476,36	
Depreciación		11 302,43	
Suministros		3 951,30	
Reparaciones y mantenimiento		2 305,94	
Seguros		1 152,97	
Imprevistos		575,67	
Gastos de ventas		2.575,00	
Gastos administración, generales		31.639,00	
Gastos financieros		6 486,46	
TOTAL		60 465,13	109 197,43
Punto de Equilibrio (%)		54,74	

El punto de equilibrio resultante fue de 54,74% como se observa en la figura 71, en este punto la planta no presenta ni pérdida ni ganancia; si aumentamos la capacidad de la planta al 60% se obtendrán ganancias. La cantidad de producto necesaria para alcanzar el punto de equilibrio es de 115 610 latas de 400 g.

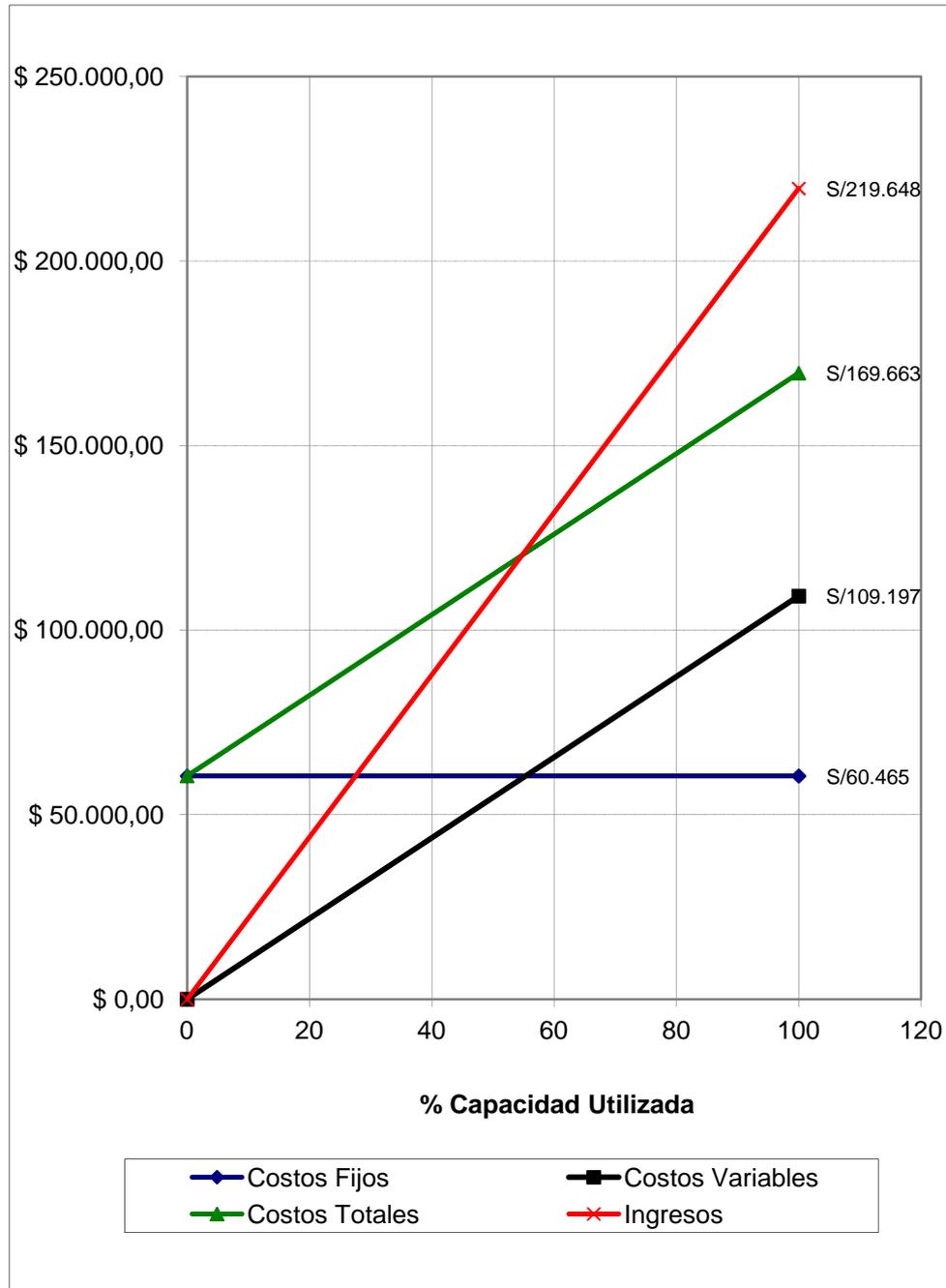


Figura 70. Punto de equilibrio del enlatado de fréjol BRB 194

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- En función de la longitud del grano, se determinaron cuatro tamaños: muy pequeño (8 a 9 mm), pequeño (10 a 11 mm), mediano (11 a 13 mm) y grande (14 a 17 mm).
- A partir de la relación ancho/largo, se determinaron tres amplitudes de grano: estrechos (0,45 a 0,55 mm), medios (0,56 a 0,65 mm) y anchos (0,66 a 0,75 mm).
- A partir de la relación espesor/largo, se determinaron cinco formas del grano: planos (0,34 mm), estrechos elípticos (0,40 a 0,41 mm), elípticos (0,46 a 0,47 mm), elípticos anchos (0,50 a 0,54 mm) y circulares (0,64 mm).
- La dureza de los genotipos estudiados es independiente de las dimensiones del grano. En el grano crudo este parámetro varió de 0,75 a 3,6 mm, mientras que en el grano cocido el rango de variación fue de 2,53 a 9,40 mm.
- Se determinó que los genotipos Cóndor, L88-63, G21-212, NSL e INIAP 482, en estado crudo presentan el mayor valor de tono (H^*), menor proporción rojo/verde (a^*) y menor valor de croma (C). Esto está de acuerdo con el hecho de que presentan el mayor contenido de antocianinas y taninos, lo que indica que tienen mayor intensidad colorante que los genotipos rojos y canarios.
- En el grano crudo de fréjol, el contenido de almidón varió de 53,61 a 74,51 %, la proteína de 22,23 a 29,97 %, el hierro de 49,37 a 89,24 ppm y el zinc de 26,9 a 46,89 ppm. Los genotipos de color negro presentaron mayor contenido de proteína (26,46 %) y hierro (79,74 ppm), los genotipos canarios mayor contenido de almidón (67,53 %), mientras que para los rojos se registró mayor contenido de zinc (38,99 ppm).
- Se determinó que el tamaño y la dureza del grano influyen en el tiempo de remojo. Los genotipos de tamaño muy pequeño como L88-63 y Cóndor

alcanzaron coeficientes de hidratación entre 1,92 a 2 en 3 y 2 horas de remojo, respectivamente.

- La velocidad de hidratación inicial fue mayor en los genotipos grandes, seguida por los genotipos medianos y por último los genotipos pequeños y muy pequeños.
- El límite de absorción de agua, al final del periodo de remojo fue similar para todos los genotipos (50 - 56 %).
- La composición del líquido de gobierno no influyó en el tiempo necesario para alcanzar la esterilización comercial. Los genotipos en el líquido de gobierno L1 (CaCl₂, NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O) requirieron 7,4 min y en líquido de gobierno L2 (NaCl, C₆H₁₂O₆ y H₂O) 7,48 min.
- La composición del líquido de gobierno influyó en las características físicas y la composición química del grano térmicamente procesado. La inclusión de cloruro de calcio en el líquido de gobierno L1, ayudó a prevenir el ablandamiento excesivo y la rotura de la cubierta, disminuyendo la transferencia de nutrientes, componentes funcionales y del color al líquido de gobierno.
- En general, el tratamiento térmico afectó a los componentes del color del grano, induciendo a una menor tonalidad (H*), luminosidad (L*), croma (C), proporción rojo/verde (a) y amarillo/azul (b), especialmente en los genotipos negros y rojos.
- La composición del líquido de gobierno no influyó significativamente en el grado de aglomeración del grano, pero sí en las demás características físicas y composición química, determinando su aptitud o rechazo para el proceso de enlatado.
- El tratamiento térmico, provocó una disminución significativa del almidón, antocianinas y taninos del grano. Los genotipos negros presentaron una mayor retención de antocianinas, con respecto a los rojos y canarios.
- Mediante análisis del nivel de aceptabilidad por grupo de materiales, se determinó que los genotipos que alcanzaron mayor nivel de aceptabilidad

entre los panelistas fueron el BRB 194 de coloración roja, NSL de coloración negra y Rocha de coloración crema comúnmente denominados “canarios”, con valores de 53,25; 51,75 y 48,30 respectivamente. En el análisis de aceptabilidad global, el genotipo de mayor aceptación resultó el BRB 194, en el líquido de gobierno L1, con 50,58 puntos.

- En base a la calificación total ponderada de las características físicas y sensoriales del líquido de gobierno y del grano, se determinó que los genotipos G21-212 y L88-63, tanto en el líquido de gobierno L1 como en el L2, INIAP 482 y Cóndor en el líquido de cobertura L2 no son aptos para el proceso de enlatado. Los demás genotipos reúnen las especificaciones de calidad para este proceso.
- El análisis económico a escala piloto, permitió determinar que el costo unitario de cada envase de 400 g de producto es de \$0,66, sin ganancias. Lo que permite proyectar un precio de venta de \$ 1,35, con una ganancia del 57,57 % para la empresa. La rentabilidad sobre el capital propio es de 44,59 % y de 26,75 % sobre la inversión total. El punto de equilibrio se alcanza al operar el 54,74 % de la capacidad instalada, lo que corresponde a 115 610 latas.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda mejorar el control de calidad en la selección de la materia prima, para así disminuir las pérdidas.
- Realizar ensayos de remojo a mayores temperaturas que las contempladas en este ensayo, con el objeto de disminuir el tiempo de remojo y evaluar su efecto en las características del producto final.
- Realizar la caracterización química del agua de remojo del grano, con el fin de determinar su aptitud para la reutilización.
- Realizar un nuevo análisis sensorial con catadores de otras regiones del país, con el fin de elaborar mapas que permitan confirmar la preferencia global de los consumidores por el genotipo BRB 194

- Se recomienda observar y cumplir las normas sanitarias para la elaboración de productos enlatados con el fin de evitar una contaminación del producto final.
- Realizar estudios de mercado que orienten el desarrollo de nuevos productos, con base en los genotipos utilizados

BIBLIOGRAFÍA

1. A.O.A.C (Association of Official Analytical Chemist), 1964, "Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures", Arlington, Estados Unidos.
2. A.O.A.C, 1998, "Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures", Arlington, Estados Unidos.
3. A.O.A.C, 2000, "Métodos de la A.O.A.C. Peer Verified Methods. Manual on policies and procedures", Arlington, Estados Unidos.
4. Astiasarán, I. y Martínez, A., 2003, "Alimentos: Composición y propiedades", Mc Graw-Hill, Segunda Edición, Madrid, España, pp. 317-337.
5. Benavides, A., 20, "Evaluación de las condiciones de hidratación y precalentamiento del grano para la producción de bebida de soya (*Glycine max* L. Merrill.)", Memorias de las Primeras Jornadas de actualización "Avances de la investigación en Alimentos realizada por el ICTA, Universidad nacional de Colombia", pp. 83-98
6. BIC (Bean Improvement Cooperative), 2005, "Bean Processing", http://www.css.msu.edu/bic/PDF/Bean_Processing.pdf, (Marzo, 2010), pp. 1-9.
7. Boscarol, M., 2007, "El espacio del color L*C*h", http://www.gusgsm.com/categoria_espacio_de_color, (Octubre, 2010).
8. Brennan, J., 2006, "Manual del procesado de los alimentos", Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 33-70.
9. Cabrera, H., Pérez, S., Rodríguez, M., Conde, J., Pérez, J., 2002, "Determinación de las coordenadas CIELab y otros parámetros influyentes en el color en vinos tintos de las islas canarias", Memoria de las Jornadas Técnicas Vinícolas Canarias, pp. 1-9.
10. Carpenter, R., Lyon, D., Hasdell, T., 2000, "Análisis Sensorial en el desarrollo y control de la calidad de Alimentos", Editorial Acribia, Segunda edición, Zaragoza, España, pp.201-211.
11. Casp, A. y Abril, J., 2003, "Procesos de conservación de alimentos", Editorial Mundi Prensa, Segunda Edición, Madrid, España, pp. 127-160.

12. Castellanos, J. y Guzmán, S., 1994, "Effect of hard shell in cooking time of common beans in the semiarid highlands of Mexico", *Ann Rep Bean Improv Coop.* 37, 103.
13. CIAT, 1992, "Catálogo de germoplasma de frijol común *Phaseolus vulgaris* L.", Documento de trabajo N° 114, Cali, Colombia, p. 206 .
14. CIAT, 1994, "Catalog of advanced bean lines from CIAT", Cali, Colombia, pp. 1; 105.
15. COVENIN (Comisión Venezolana de Normas Industriales), 1979, Normas Venezolanas, Caracas, Venezuela.
16. COVENIN, 1977, Normas venezolanas, Caracas, Venezuela.
17. COVENIN, 1978, Normas venezolanas, Caracas, Venezuela.
18. Elías L., García-Soto, A., y Bressani R., 1986, "Métodos para establecer la calidad tecnológica y nutricional del frijol *Phaseolus vulgaris*", Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Guatemala, p. 42.
19. Egan, H., Kirk, R. y Sawyer, R., 1981, "Análisis Químico de Alimentos de Pearson", Tercera edición, Editorial Continental, México D.F., México, pp-244-245.
20. FAO, 1984, "Cosecha de granos trigo, maíz, frejol y soya", <http://www.fao.org/docrep/x5051s/x5051s05.gif>, (Noviembre, 2010).
21. Fick, K., McDowell, L., Miles, P., Wilkinson, N., Funk, J. y Conrad, J., 1979, "Manual de Métodos de Análisis de Minerales para tejidos de planta y animales", 2da Edición, Departamento de Ciencia Animal, Florida, EE.UU, pp. 301-304.
22. Figueroa, J., 1985, "Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada", Tema didáctico Núm. 17, pp. 34-40.
23. Fortin, J. y Desplancke, C., 2001, "Guía de Selección y Entrenamiento de un Panel de Catadores", Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp
24. Genchev, I., 2005, "COLOR SCALES for Identification Characters of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)", Dobrudja, Bulgaria, pp. 14-15.

25. Guamán, R., Andrade, C. y Alava, J., 2003, "Variedades Mejoradas de fréjol arbustivo para El litoral ecuatoriano "INIAP 473-Bolicho" "INIAP 474-Doralisa"", Boletín divulgativo, N°297, Programa de Leguminosas, Guayas, Ecuador.
26. Guzmán, H., Jacinto, H., y Castellanos, J., 1995, "Manual de métodos para determinar características de calidad en frijol Común (*Phaseolus vulgaris* L.)", Campo Experimental del Bajío, México, p. 77.
27. Guzmán, S., Acosta, J., Álvarez, M., García, S. y Loarca, G., 2002, "Calidad Alimentaria y Potencial Nutracéutico del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)", Agricultura Técnica en México, Vol. 28, 159.
28. Huang, Y., Chang, Y. y Shao, Y., 2006, "Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan", en Food Chemistry, vol. 98, pp. 539-537.
29. IPGRI (International Plant Genetic Resources Institute), 1996, "Descriptores del café (*Coffea* spp. y *Psilanthus* spp.)", Roma, Italia, p. 36.
30. Jacinto, C., Castañeda, G. y Campos, A., 1996, "Caracterización de cuatro variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) por sus cualidades físicas y nutricionales", AGRONOMÍA MESOAMERICANA, 7 (4), 37.
31. Jiménez, A. y Gutiérrez, G., 2001, "Métodos para medir propiedades físicas e industriales de alimentos", 2ed, España, Acribia, Cap. 4, pp, 330-332.
32. Kelly, J., Varner, G. y Sprague, C., 2006, "Condor a new black bean for michigan" Boletín divulgativo E-2962, Extensión de la Universidad Estatal de Michigan, Michigan, Estados Unidos.
33. Kuklinski, C., 2003, "Nutrición y Bromatología", Editorial Omega, Barcelona, España, pp. 77-80; 143-148.
34. Mafart, P., 1994, "Ingeniería Industrial Alimentaria: Procesos Físicos de Conservación", Volumen I, Editorial Acribia, Zaragoza, España, pp. 81-130.
35. Martínez, A., Naranjo, A. y Nungaray, J., 2003, "Antocininas, flavonóides y ácidos fenólicos presentes en frijol negro querétaro y mayocoba y su estabilidad durante el cocimiento industrial", http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/puertovallarta03/TRABAJOS/A REA_VI/CARTEL/CVI-2.pdf, (Octubre, 2010).

36. Mataix, J., 2009., "Tratado de Nutrición y Alimentación Humana", Primera Edición, Editorial Océano, Barcelona, España, pp. 358-362; 392; 404-406.
37. Mier, L., 2009, "Contenido total de taninos condensados en las variedades pinto zapata, azufrado higuera, negro 8025 y bayo madero de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) cocidas por calentamiento óhmico", Tesis previa a la obtención del grado de Maestro en Tecnología Avanzada, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. Unidad Querétaro, Santiago de Querétaro, México, pp. 31-41.
38. Murillo, A., Peralta, E., Mazón, N. y Pinzón, J., 2005, "INIAP 420 "Canario del Chota" Variedad Mejorada de fréjol arbustivo de color amarillo", Plegable informativo, N°258, PRONALEG-GA, Quito, Ecuador.
39. Nadal, S., Moreno, M. y Cubero, J., 2004, "Las leguminosas grano en la agricultura moderna", Editorial Mundi Prensa, Madrid, España, pp. 151-170.
40. Osorio, P., Bello, A., Agama, E., Tovar, J. y Paredes, O., 2001, "Contenido de Almidón resistente y digestibilidad *in vitro* del almidón de frijol industrializado (*Phaseolus vulgaris* L.)", http://www.smbb.com.mx/congresos%20smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_XIII/CXIII-73.pdf, (Octubre, 2010).
41. Ospina, H., 1981, "Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.)", Segunda Edición, CIAT, Cali, Colombia, pp. 7-44.
42. Peralta, E., Murillo, A., Caicedo, C., Pinzón, J. y Rivera, M., 1998, "Manual Agrícola de Leguminosas", PRONALEG-INIAP, Quito, Ecuador, pp. 3-6.
43. Peralta, E., Murillo, A., Mazón, N. y Pinzón, J., 2009, "INIAP 480 Rocha, Nueva variedad de fréjol arbustivo de grano amarillo –canario-", Boletín divulgativo, N°352, PRONALEG-GA, Quito, Ecuador.
44. Perez, P., Esquivel, G., Rosales, R. y Acosta, J., 2002, "Caracterización física, culinaria y nutricional de frijol del altiplano subhúmedo de México", Archivos Latinoamericanos de Nutrición, 52 (2), 172
45. Peterson, J., 2010, "El ABC de los sistemas: CIELAB", <http://elabcdelossistemas.blogspot.com/2010/12/cielab.html>, (Diciembre, 2010).
46. PRONALEG-GA, 2007, "Informe Anual 2007", Quito, Ecuador, pp. 1-106.

47. PRONALEG-GA, 2009, "Informe Anual 2008", Quito, Ecuador, pp. 1-78.
48. PRONALEG-GA, 2010, "Informe Anual 2009", Quito, Ecuador, pp. 1-90.
49. PRONALEG-GA, 2010, "Informe Anual 2010", Quito, Ecuador, pp. 1-30.
50. Quiminet, 2006, "¿Cómo se elaboran los productos enlatados?", http://www.quiminet.com/ar3/ar_advcaAssRsDF-como-se-elaboran-los-productos-enlatados.htm, (Septiembre, 2010).
51. Reddy, N., Pierson, M., Sathe, S. y Salunkhe, D., 1985, "Dry bean tannins: A review of Nutritional Implications", JAOCS (Journal of the American Oil Chemists' Society), 62 (3), 541.
52. Reyes, E., Padilla, L., Veyna, O. y Lopez, P., 2008, "Historia, naturaleza y cualidades alimentarias del frijol", Revista investigación científica, 4 (3), 1.
53. Reynoso, R., Ramos, M. y Loarca, G., 2006, "Bioactive components in common beans (*Phaseolus vulgaris* L.)", http://www.trnres.com/ebook/uploads/gonzalezfinal/T_1231138943gonzalez%2010.pdf, (Septiembre, 2010), pp. 217-219.
54. Reynoso, R., Ríos, M., Pacheco, I., Acosta, J., Palomino, C., Ramos, M., Jasso, E. y Guzmán, S., 2007, "El consumo de frijol comum (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto sobre el cáncer de colon en ratas sprague-dawley", Agricultura Técnica en México, 33 (1), 43.
55. Salinas-Moreno, Y., Rojas-Herrera, L., Sosa-Montes, E. y Pérez-Herrera, P., 2005, "Composición de antocianinas en variedades de frijol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivadas en México", Agrociencia, 39 (4), 385.
56. Sánchez, M., 2003, "Procesos de elaboración de alimentos y bebidas", Primera edición, Editorial Mundi Prensa y Madrid Vicente, Madrid, España, pp. 414-427.
57. Sancho, J., Bota, E. y de Castro, J., 2002, "Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos", Editorial Alfaomega, México D.F., México, pp. 23-30; 119-150.
58. Serrano, L., 2004, "Análisis del caso frijol", <http://www.agrochiapas.gob.mx/tmp/SP/archivos/SP-Frijol.pdf>, (Mayo, 2010).

59. Shree, P. 1999. "Common Bean Improvement in the Twenty-first Century", Kluwer Academic Publishers, Volumen 7. Netherlands.
60. Torricela, R.; Zamora, E.; Pulido, H., 1989, "Evaluación sensorial aplicada a la investigación, desarrollo y control de calidad en la industria alimentaria", Ciudad de la Habana, pp. 11-33.
61. Vargas-Torres, A., Osorio-Díaz, P., Agama-Acevedo, E., Morales-Franco, L. y Bello-Pérez, L., 2006, "Digestibilidad del Almidón en Diferentes Variedades de Frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)", INTERCIENCIA, 31 (12),.881.
62. Villasís, C., Cevallos, E., Acuña, J., Pinzón, J., "Variedad de fréjol arbustivo INIAP 402", Plegable informativo, N°98, PRONALEG-G A, Quito, Ecuador.
63. Würsch, P., Del Vedovo, S. y Koellreutter, B., 1986, "Cell structure and starch nature as key determinants of the digestion rate of starch in legume", The American Journal of Clinical Nutrition, 43, 25.
64. Yuliem, M., 2006, "Indicadores de la Calidad en el grano de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)", Cultivos Tropicales, 27 (3), 55.

ANEXOS

ANEXO I

MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS ANÁLISIS QUÍMICOS

HUMEDAD

Principio(A.O.A.C., 2000)

La humedad de la muestra se pierde por volatilización a causa del calor en el secado. El material residual después de eliminar la humedad constituye la materia seca. El tiempo y la temperatura necesarios para el proceso de secado dependen del tipo de grano y si éstos están enteros o molidos.

Materiales y Equipos

- Balanza analítica
- Estufa de corriente de aire
- Desecadores con agente desecante
- Cajas petri
- Pinzas.
- Frascos plásticos con tapa

Procedimiento

- Colocar las cajas destapadas, en la estufa de corriente de aire que tiene un termómetro calibrado en una de las bandejas internas con el objeto de controlar la temperatura.
- Encender la estufa y colocar la perilla de control en el sitio indicado para llegar a 130°C, una vez alcanzada esa temperatura tomar el tiempo de 1 h para tarar las cajas.

- Sacar las cajas con una pinza y colocarlas en un desecador. Tapar el desecador y enfriarlas por 1 h.
- Preparar las muestras moliendo y colocarlas en frascos plásticos provistos de tapa.
- En una caja enfriada y pesada (provista con tapa), previamente calentada a 130 ± 3 °C, pesar exactamente cerca de 2 g de una porción de prueba bien mezclada en la balanza analítica con cuatro cifras decimales.
- Destapar la porción de prueba y secar caja, tapa, y contenido por 1 hora en estufa provista de abertura para ventilación y mantenida a 130 ± 3 °C (El período de secado de 1 h comienza cuando la temperatura de la estufa está a 130° C). Tapar la caja mientras está todavía dentro de la estufa, transferir a un desecador, y pesarla tan pronto alcanza la temperatura ambiente. Se recomienda enfriar exactamente 1 h y pesar.
- Reportar el residuo de la harina como sólidos totales y la pérdida en peso como humedad.

Cálculos

Se empleará la siguiente fórmula: $\%Humedad = \frac{P_2 - P_3}{P_2 - P_1}$

Donde:

P_1 = Peso de la caja petri vacía.

P_2 = Peso de la caja petri + la muestra.

P_3 = Peso de la caja petri + residuo.

PROTEÍNA

Principio (A.O.A.C., 1998)

El nitrógeno de las proteínas y otros compuestos se transforman en sulfato de amonio al ser digeridas en ácido sulfúrico en ebullición. El residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se

desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico, que luego se titula con ácido clorhídrico estandarizado.

Materiales y Equipo

- Balanza analítica
- Aparato de digestión y destilación micro kjeldahl
- Balones kjedahl de 50 ml.
- Erlenmeyer de 250 ml.
- Titulador automático
- Agitadores magnéticos

Reactivos

- Ácido sulfúrico (grado técnico)
- Ácido Clorhídrico 0.02 N estandarizado
- Hidróxido de sodio al 50% (grado técnico)
- Ácido bórico al 4%
- Indicador mixto: rojo de metilo al 0,1% y verde de bromocresol al 0,2% en alcohol de 95%
- Mezcla catalizadora: 800g de sulfato de potasio o sodio, 50g de sulfato cúprico pentahidratado y 50g de dióxido de selenio.
- Agua desmineralizada

Procedimiento

1. Digestión

- Pesar alrededor de 0,04g de muestra, colocar dentro de un balón de digestión y añadir 0,5g de catalizador y 2ml de ácido sulfúrico al 92% (grado técnico)

- Colocar los balones en el digestor kjeldahl con los calentadores a 500°C hasta que la solución adquiriera una coloración verde. Esto es indicativo de haberse eliminado toda la materia orgánica.
- Retirar los balones del digestor y enfriar.

2. Destilación

- Colocar la muestra en el destilador y añadir 10ml de hidróxido de sodio al 50%, destilar recogiendo el destilado en 6ml de ácido bórico al 4% hasta obtener 50ml de volumen.

3. Titulación

- Al destilado se agrega dos gotas del indicador mixto y se titula con ácido clorhídrico 0,02N, hasta que la solución cambie de color.
- Se realiza también la titulación con un blanco.

Cálculos

$$\%P = \frac{(V_a - V_b) * N * 0,014001 * 6,25}{P_m} * 100$$

Donde:

%P: porcentaje de proteína

N= normalidad del ácido titulante

V_a= mililitros de ácido gastado en la muestra

V_b= mililitros de ácido gastado en el blanco

P_m= Peso de la muestra en gramos

6,25= factor proteico del nitrógeno.

ALMIDÓN

Principio (Egan, 1981)

El almidón es tratado con una solución diluida de ácido clorhídrico en baño maría y luego se determina el ángulo de rotación de la luz de una solución clara en el polarímetro.

Materiales y Equipo

- Balones de 100ml
- Embudos
- Pipetas graduadas
- Piceta
- Portaembudos
- Gradilla
- Balanza analítica
- Baño maría
- Polarímetro
- Tubo polarimétrico de 200ml
- Papel filtro cualitativo

Reactivos

- Ácido clorhídrico 0,31N.
- Solución I: ferrocianuro de potasio trihidratado al 15% en agua destilada
- Solución II: sulfato de zinc heptahidratado al 30% en agua destilada

Procedimiento

- La muestra se seca a 65°C y posteriormente se muele, de la misma se pesaron 2,5g en un balón aforado de 100ml.
- Se agrega 25 ml de ácido clorhídrico 0,3094M, se agita y se añade 25 ml más de ácido clorhídrico 0,3094M.
- Se somete la muestra a baño maría en agua hirviente por 15 min, agitando continuamente durante los tres primeros minutos. Transcurrido este tiempo se enfrió y adicionó 30 ml de agua destilada a 20 °C.
- Se adiciona 10 ml de solución I, se agita durante 1 min; se adiciona 10 ml de solución II, se agita durante 1 min; se afora el balón con agua destilada y se filtra.
- El tubo de 200 mm se llena con el filtrado y este contenido fue leído en el polarímetro.

Para el blanco

- Se pesaron 5g de muestra molida en un balón de 100ml
- Se agregaron 80ml de agua destilada y se dejó durante 1 h agitando seis veces durante ese tiempo.
- Se afora el balón y se filtra
- Se toma 50 ml del filtrado y se adiciona 2,1 ml de ácido clorhídrico al 25%, esta mezcla se lleva a baño maría en agua hirviente por 15 minutos. Se enfría la muestra a temperatura ambiente.
- Se adiciona 10 ml de solución I, se agita durante 1 min, se adiciona 10 ml de solución II, se agita durante 1 min; se afora el balón con agua destilada y se filtra.
- El tubo de 200 mm se llena con el filtrado y este contenido fue leído en el polarímetro.

Cálculos

El contenido en porcentaje de almidón se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%Almidón = \frac{2000x(P - P')}{[a]_D^t}$$

Donde:

α = Ángulo de rotación específica

P= Medida de la muestra

P'= Medida del blanco

ANTOCIANINAS

Principio (Huang, 2006)

Los métodos espectrofotométricos se basan sobre la medida de la absorbancia a una longitud máxima de una dilución del extracto de los materiales, con un disolvente ácido.

Materiales y Equipo

- Harina de testa de genotipos de fréjol que presenten pigmentación roja o negra
- Tubos centrifuga de 50ml
- Centrifuga 3000-4000 rpm
- Pipetas volumétricas de 10ml
- Balón de 25ml con tapa esmerilada
- Espectrofotómetro
- Balanza analítica
- Erlen mayer 50 ml
- Metanol Acidificado al 1% con ácido clorhídrico

Procedimiento

- Pesar 1 g de muestra y colocar en el erlen mayer
- Añadir 10 ml de Metanol acidificado al 1% con HCl, mezclar a 45°C y 200rpm durante 30 min en la oscuridad.
- Transferir el contenido a un tubo de centrifugación y centrifugar por 15 min a 3000 rpm y 4°C.
- Tomar el residuo y añadir 10 ml de Metanol acidificado al 1% con HCl, mezclar a 45°C y 200rpm durante 30 min en la oscuridad.
- Transferir el contenido a un tubo de centrifugación y centrifugar por 15 min a 3000 rpm y 4°C.
- El sobrenadante final se diluye a 25 ml con agua destilada.
- Leer en el espectrofotómetro.

Medida espectrofotométrica

Para el reconocimiento de las antocianinas, tomar con una pipeta una cantidad suficiente de la capa superior y transferirla a la celda. Medir la densidad óptica de las muestras de los genotipos rojos y negros a 520 nm y 530nm respectivamente, usando metanol acidificado al 1% con HCl como blanco.

Cálculos

$$\text{Contenido de Antocianinas} = \frac{AxPMxFdx100}{\epsilon x Pm}$$

Donde:

A= Absorbancia

PM= Peso molecular de la antocianina que se encuentra predominando en los genotipos

Fd= Factor de dilución

E= Absortividad molar

Pm= Peso de la muestra

TANINOS

Principio (A.O.A.C., 1964)

La determinación de taninos se realiza en una muestra libre de grasas y pigmentos, utilizándose un extracto acuoso el cual reacciona con el reactivo Folin-Denis en medio alcalino. Se utiliza ácido tánico como estándar y se realizan las lecturas en un espectrofotómetro UV VIS a 680 nm.

Reactivos

- Solución de Folin-Denis: Disolver 100g de wolframato de sodio deshidratado, 20g de ácido fosfomolibdico, 50 ml de ácido fosfórico, en 750 ml de agua destilada. Se calienta dos horas a reflujo, se enfría y se afora a un litro.
- Solución de carbonato de sodio saturado: En 100ml de agua destilada añadir 35g de carbonato de sodio anhidro, se disuelve en caliente a 70-80°C, se enfría una y se deja precipitar 12 h, se coloca en la solución algunos cristales de carbonato de sodio decahidratado y luego que cristaliza se filtra a través de lana de vidrio.
- Solución estándar de ácido tánico: Preparar una solución madre de 100 ppm de ácido tánico, cada vez que se va a realizar esta determinación.

Procedimiento

- Se pesa 1 g de muestra y se extrae durante 8 h con hexano.
- Se coloca en ebullición el residuo durante 2 h con 300ml de agua destilada. Se enfría, se filtra y se diluye a 500 ml.
- Se toma alícuotas del filtrado en balones de 50 ml, se añade 2,5ml de reactivo Folin-Denis, 5 ml de solución de carbonato de sodio y se afora a 50ml con agua destilada.

- Se lee en un espectrofotómetro a 680nm, después de 30 min que ocurre la reacción.
- Se prepara una curva patrón de ácido tánico de 0-5 ppm, proceder desde la adición del reactivo Folin-Denis.

Cálculos

Se debe tener en consideración para los cálculos las diluciones realizadas y el peso de la muestra. Los taninos vienen expresados como Ac. Tánico y los resultados se expresan como siguen:

$$mg \text{ taninos} / g \text{ muestra} = \left(\frac{LR(\mu g / ml) \times V(ml) \times FD \times 10^{-3} (mg / \mu g)}{Pm(g)} \right)$$

Donde:

LR = lectura de regresión.

V = volumen final.

FD = Factor de dilución.

Pm = peso de la muestra.

MINERALES

Principio(Fick *et al.*, 1979)

Las cenizas de la muestra son sometidas a una digestión ácida, luego se aforan a un volumen determinado. Se realiza un análisis de macro y micro elementos por absorción atómica y en el caso del fósforo por absorción atómica.

Materiales y Equipo

- Espectrofotómetro de absorción atómica Shimadzu AA-680
- Espectrofotómetro de spectronic 20D

- Dilutor automático
- Balanza analítica
- Plancha calentadora
- Tubos (celda) de lectura para espectral 20D
- Agitador magnético
- Balones aforados de 50, 100, 500, 1000 ml.
- Pipetas volumétricas 0,1; 0,5; 1, 2, 3, 4, 5 ml
- Pipetas graduadas de 5, 10, 25 ml
- Papel filtro Whatman 541
- Embudos y porta embudos
- Tubos de ensayo con gradilla

Reactivos

- Agua destilada
- Solución estándar de: zinc de 1000 ppm
- Solución estándar de hierro 10ppm
- Ácido clorhídrico
- Ácido nítrico
- Calcio

Procedimiento

- Se coloca los crisoles que contienen las cenizas en la Sorbona, se adiciona 10ml de agua destilada y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, se digiere a baja temperatura hasta que el volumen se reduzca a la tercera parte.
- Se retiran los crisoles de la plancha y se enfría, se filtra usando papel cuantitativo y se recibe el filtrado en un balón de 100ml, aforar con agua bidestilada.

Determinación de Hierro

- Preparar la curva estándar de hierro de 0 a 5 ppm:
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de hierro 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Tomar 5 ml de la muestra y leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama.

Nota: En caso de ser lecturas altas, realizar diluciones de 1/10.

Cálculos

$$Fe(\%) = \frac{C * Fd}{Pm}$$

Donde:

C = Concentración (ppm)
 Fd = Factor de dilución
 Pm = Peso de la muestra (g)

Determinación de Zinc

- Tomar 10 ml de la solución madre, agitar y leer
- Preparar la curva estándar de zinc de 5 y 0.5 ppm
- Colocar en tubos de ensayo la solución estándar de zinc 0, 1, 2, 3, 4, 5 ml, y adicionar agua bidestilada hasta 9 ml y adicionar 1 ml de la solución de lantano al 1%.
- Leer en el espectrofotómetro de absorción atómica de llama, primero los estándares luego las muestras.

Cálculos

$$Zn(ppm) = \frac{LR * Fd}{Pm}$$

Donde:

LR = Lectura de Regresión
Fd = Factor de dilución
Pm = Peso de la muestra

ANEXO II

MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS ANÁLISIS FÍSICOS

GRADO DE AGLOMERACIÓN

Principio (BIC, 2005)

El grado de aglomeración de los frijoles envasados, se manifiesta cuando los frijoles individuales se adhieren unos a otros en lugar de encontrarse individualmente.

Materiales

- Abre latas
- Instrumental de laboratorio

Procedimiento

- El envase se deja en reposo
- Se abre y deposita en otro envase
- Se visualiza la presentación

Cálculos

Se valorara en una escala de siete puntos. Donde:

- **1=** severo; los fréjoles están sólidamente empaquetados en la lata y una pesada agregación de los mismos es notoria.

- **7=** sin aglomeración, los fréjoles caen libremente de la lata y no presenta una agregación aparente de los mismos

GRADO DE ROTURA

Principio (BIC, 2005)

Mide el grado de división transversal y tangencial de los frijoles.

Materiales

- Abre latas
- Instrumental de laboratorio

Procedimiento

- El envase se deja en reposo
- Se abre y se toma una muestra de los fréjoles
- Se coloca la muestra en otro recipiente y se determina por visualización.

Cálculos

Las muestras son visualmente valoradas en una escala de siete puntos.

Donde:

- **1** = Muy grave escisión, con la mayoría de los frijoles de la muestra rotos
- **7** = La mayoría de los granos en la muestra no se presenta divididos (pequeñas grietas transversales, de 2 mm, en las semillas es admisible)

PESO ESCURRIDO O DRENADO

Principio (COVENIN, 1979)

Es el peso del contenido del envase al cual se ha eliminado el medio de relleno o líquido de gobierno, según las condiciones establecidas para cada producto.

Los valores debe encontrarse entre 1,4 y 1,6; valores menores a 1,4 indican una baja absorción de agua. Valores mayores a 1,6 indican que tienen un peso escurrido atípico, así como también una alta absorción de agua.

Equipos

- Balanza analítica
- Tamíz N° 8
- Utensillos para abrir los envases
- Instrumental de laboratorio

Procedimiento

- El envase se deja en reposo.
- Se abre y se vierte el contenido sobre el tamiz.
- Se deja escurrir y se coloca en otro recipiente previamente pesado.
- Se procede a tomar el peso.

Cálculos

El peso escurrido del alimento, expresado en porcentaje, se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\%PE = \frac{P_2 - P_1}{P_3} * 100$$

Donde:

PE= peso escurrido del alimento, en porcentaje

P₁= peso del tamiz limpio y seco, en gramos

P₂= peso del tamiz con el producto retenido, en gramos

P₃= Peso neto declarado en gramos

CONTENIDO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL CALDO DE COCCIÓN(COVENIN, 1978)

Materiales y Equipos

- Centrífuga
- Tubos de centrífuga cónicos de 50ml de capacidad y con graduación impresa

Procedimiento

- Se mide directamente 50ml del producto en el tubo de centrífuga
- Se coloca el tubo en la centrífuga, se equilibra el peso colocando en el soporte opuesto otro tubo con agua, y se centrifuga durante 10 minutos después de ajustar las revoluciones por minuto correspondientes al diámetro de giro de la cabeza de la centrífuga.
- Después de centrifugado se realiza la lectura correspondiente.

Cálculos

El valor obtenido en la lectura se multiplica por dos para obtener el porcentaje de sólidos en suspensión.

Los resultados se expresan en porcentaje por volumen (v/v)

VISCOCIDAD

Principio (COVENIN, 1977)

Este método se basa en medir el tiempo de flujo (en segundos) de la muestra, a través de un tubo de vidrio de dimensiones estándar.

Materiales y Equipos

- Viscosímetro Cannon 200
- Soporte de bureta
- Cronómetro
- Termómetro graduado

Procedimiento

- El aparato debe estar limpio y seco, es necesario mantener la temperatura a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,5$ durante la determinación.
- Se calibra añadiendo agua destilada a $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2$, llenando completamente hasta el punto de derrame, con la ayuda de una pera se absorbe el líquido hasta la marca inicial de conteo del tiempo.
- Se retira la pera y se toma el tiempo hasta que el fluido llegue al punto señalado en el capilar.
- Para determinar la viscosidad del fluido en estudio se siguen los pasos antes mencionados para la calibración.

Cálculos

Se emplea la siguiente fórmula:

$$V = k \cdot t$$

Donde:

V= Viscosidad

k= Constante del agua a 20°C (0,025)

t= tiempo (s)

COLOR

Principio (Jiménez y Gutiérrez, 2001)

El color superficial de las muestras es medido usando un colorímetro EXPECTRO COLOR, el medidor de diferencia de color registra los valores: L (0=negro, 100= blanco), aL (+ valores= rojo, - valores= verde), y bL (+ valores= amarillo, - valores= azul). La diferencia de color total (ΔE) es calculada previamente desde los parámetros Hunter.

Materiales y Equipo

- Colorímetro expectro color
- Superficie de color blanco o negro

Procedimiento

- Seleccionar y limpiar los frejoles a medirse.
- Colocar los frejoles sobre una superficie blanca o negra (baldosa).
- Colocar el prisma del EXPECTRO COLOR sobre la piel del frejol, tratando de cubrir toda su superficie.
- Tomar las lecturas en diferentes zonas del fréjol.
- Anotar los parámetros: L, a, b y C.

Cálculo

Para determinar el ángulo Hue (H), se parte de los parámetros medidos de a y b, mediante la siguiente ecuación:

$$H = \arctang\left(\frac{b}{a}\right)$$

Donde:

Tono = H = Angulo Hue

a= componente a de la luminosidad

b= componente b de la luminosidad

DUREZA

Principio (Torricela *et al*, 1989)

Las propiedades de textura de un alimento corresponden al grupo de características físicas que son percibidas por el sentido del tacto y están relacionadas con la deformación, desintegración y flujo del alimento bajo la aplicación de una fuerza y se miden objetivamente por funciones de fuerza, tiempo y/o distancia de penetración de un vástago cilíndrico, aguja, cono o bola en el alimento.

Materiales y Métodos

- Penetrómetro de precisión Junior Penetrometer K-195-10P.

Procedimiento

- Calibrar el aparato, colocando en la división cero el fiel, que indica el grado de penetración.

- Colocar la muestra en la parte inferior de la plataforma del penetrómetro y acercar la aguja hasta hacer contacto; ajustado con un tornillo micrométrico.
- Tomar la medida de la longitud hasta ese punto.
- Se deja caer la aguja durante cinco segundos y se lee la longitud que penetra después de ese tiempo, la misma que se expresa inmediatamente en milímetros.

Cálculos

Los datos se reportaran en mm de penetración.

TAMAÑO (IPGRI, 1996)

Equipo

- Paquímetro digital MITUTOYO modelo CD8" C-B

Procedimiento

- Se tomará una muestra representativa, en la cual se procederá a medir:
 - a. Largo: se mide en milímetros en la parte más larga del grano.
 - b. Ancho: se mide en milímetros en la parte más ancha del grano.
 - c. Espesor: se mide en milímetros a lo largo del tabique que separa a las dos semillas

Cálculos

Se realizará un promedio de las mediciones tomadas y se reportara en mm.

ANEXO III

MÉTODOS EMPLEADOS EN LOS PARÁMETROS TECNOLÓGICOS APROPIADOS

COEFICIENTE DE HIDRATACIÓN

Principio(Elías, 1986; Guzmán, 1995; BIC, 2005; Benavides, 2006)

Este coeficiente refleja el incremento de peso de los granos luego del remojo con respecto al peso fresco inicial. El coeficiente de hidratación es un indicador rápido de que tan bien un grano es hidratado antes del proceso térmico. Un coeficiente de hidratación de 1,8 es considerado óptimo para la industria procesadora.

Materiales y método

- Cronómetro
- Agua
- Genotipos de fréjol

Procedimiento

- Se contarán 100 granos de fréjol de tamaño similar, los cuales serán pesados y posteriormente remojados en agua del grifo (ajustada, si es necesario, a 100ppm de Ca^{+2}), a temperatura ambiente en intervalos de 1 hora con una relación fréjol-agua 3:10.
- En cada hora de remojo, los granos son inmediatamente removidos del agua, escurridos, y pesados.
- Luego se vuelve a repetir el procedimiento cuantas veces sea necesario hasta que el coeficiente de humedad sea igual o mayor a 1,8.

Cálculos

Se calculará con la siguiente fórmula:

$$CH = \frac{Pf}{Pi}$$

Donde:

CH= Coeficiente de Hidratación

Pi= Peso inicial de los granos en base seca

Pf=Peso de los granos luego del remojo

Nota: el coeficiente inicial es la relación del peso de los granos con respecto al peso de los granos en base seca.

VELOCIDAD DE HIDRATACIÓN

(BIC, 2005; Benavides, 2006)

Materiales y método

- Cronómetro
- Agua
- Genotipos de fréjol

Procedimiento

- Se contarán 100 granos de fréjol de tamaño similar, los cuales serán pesados y posteriormente remojados en agua del grifo (ajustada, si es necesario, a 100ppm de Ca^{+2}), a temperatura ambiente en intervalos de 1 hora con una relación fréjol-agua 3:10.
- En cada hora de remojo, los granos son inmediatamente removidos del agua, escurridos, y pesados.

- Luego se vuelve a repetir el procedimiento cuantas veces sea necesario hasta que el coeficiente de humedad sea igual o mayor a 1,8.

Cálculos

Se empleará la siguiente ecuación:

$$V_t = \frac{\Delta P_t}{t}$$

Donde:

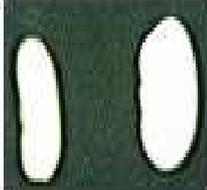
V_t =Velocidad de hidratación en el tiempo

ΔP_t = Cambio en el peso del grano hidratado en el tiempo t

t= Cambio en el tiempo t

ANEXO IV

TABLAS ESTANDARIZADAS DE LA FORMA DEL FRÉJOL
(Genchev, 2005)

Example varieties				
		<i>Vulkan</i>	<i>Abritus</i>	<i>Dobroudjanski 7, Dunav 1</i>
Note	1	2	3	4
Expression	<i>circular</i>	<i>circular to elliptic</i>	<i>elliptic</i>	<i>kidney - shaped</i>

Grado de curvatura de los granos arriñonados (Genchev, 2005)

Example varieties			
	<i>Mx 1834-1</i>	<i>Dobroudjanski 7</i>	<i>Dunav 1</i>
Note	3	5	7
Expression	<i>weak</i>	<i>medium</i>	<i>strong</i>

ANEXO V

HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

EVALUACIÓN SENSORIAL DEL NIVEL DE ACEPTABILIDAD DEL FRÉJOL TÉRMICAMENTE PROCESADO

Nombre:

Edad:

Fecha:

Observe y pruebe la muestra. Indique el grado en que le gusta o le desagrada cada una, poniendo una "X" en la categoría correspondiente:

Apariencia	542 520 516	Sabor	542 520 516				
Me desagrada enormemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada enormemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me desagrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada moderadamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me desagrada levemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada poco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Ni me agrada, ni me desagrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada poco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada poco	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada moderadamente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada enormemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada enormemente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Color del grano	542 520 516	Olor	542 520 516				
Me desagrada mucho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada mucho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me desagrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me desagrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me desagrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Indiferente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Indiferente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada bastante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Me agrada mucho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Me agrada mucho	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Apariencia del líquido de cobertura	542 520 516	Integridad del grano	542 520 516				
Extremadamente turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granos extremadamente partidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granos partidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Moderadamente turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granos moderadamente partidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Poco turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granos ligeramente partidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Algo turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Pocos granos partidos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Escasamente turbio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	La mayoría de granos entero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sin turbidez	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Granos enteros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Textura del grano	542 520 516						
Extremadamente dura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Dura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Moderadamente dura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Poco suave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Suave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Muy suave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Extremadamente suave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				

Comentarios: _____

ANEXO VI**TABLA DE PONDERACIÓN DEL ANÁLISIS SENSORIAL**

Descriptor	Peso Puntuación
Apariencia	2x
Sabor	2x
Textura	1,5x
Color	1x
Olor	1x
Integridad del grano	1x
Apariencia del líquido de gobierno	1x

ANEXO VII**TABLA DE PONDERACIÓN DEL INDICE DE CALIDAD PARA
ENLATADO**

Descriptor	Peso Puntuación
Aglomeración	1x
Rotura	1x
Apariencia	2x
Viscosidad	1x
Apariencia líquido de gobierno	1x
Sólidos suspendidos	1,5x
Color	1,5x
Tamaño	1,5x
Textura	1,5x

ANEXO VIII

CODIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL

Código	Genotipo	Líquido de Gobierno
406	NSL	L1
100		L2
217	Cóndor	L1
414		L2
422	INIAP 482	L1
278		L2
337	G21-212	L1
319		L2
181	L88-63	L1
483		L2
133	BRB 194	L1
299		L2
255	ICA Quimbaya	L1
499		L2
262	DRK 105	L1
413		L2
387	INIAP 402	L1
323		L2
268	BRB 195	L1
398		L2
371	Rocha	L1
427		L2
346	Chota	L1
409		L2

ANEXO IX

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS GENOTIPOS EN ESTADO NATIVO.

1. Peso de 100 semillas

Análisis de la varianza						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,18861			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Genotipo	Medias	n	E.E.
Peso inicial	36	1,00	1,00	1,99					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Error: 0,5528 gl: 24			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor				
Modelo	7185,84	11	653,26	1181,73	<0,0001	DRK 105	52,86	3	0,43 A
Genotipo	7185,84	11	653,26	1181,73	<0,0001	ICA Quimbaya	52,21	3	0,43 A
Error	13,27	24	0,55			CHOTA	52,00	3	0,43 A B
Total	7199,11	35				INIAP 402	49,91	3	0,43 B
						BRB 195	45,51	3	0,43 C
						ROCHA	44,28	3	0,43 C D
						BRB 194	42,92	3	0,43 D
						NSL	33,62	3	0,43 E
						G21-212	22,95	3	0,43 F
						INIAP 482	18,40	3	0,43 G
						L88-63	18,25	3	0,43 G
						CÓNDOR	15,66	3	0,43 H
						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)			

2. Tamaño

2.1 Largo

Análisis de la varianza						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,89795			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Genotipo	Medias	n	E.E.
Largo	72	0,89	0,87	8,03					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Error: 0,9350 gl: 60			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor				
Modelo	455,44	11	41,40	44,28	<0,0001	ICA Quimbaya	16,58	6	0,39 A
Genotipo	455,44	11	41,40	44,28	<0,0001	INIAP 402	16,09	6	0,39 A B
Error	56,10	60	0,93			DRK 105	14,43	6	0,39 B
Total	511,54	71				BRB 195	12,50	6	0,39 C
						Rocha	12,22	6	0,39 C D
						Chota	11,92	6	0,39 C D
						BRB 194	11,87	6	0,39 C D E
						NSL	11,42	6	0,39 C D E
						G21-212	10,58	6	0,39 D E F
						INIAP 482	10,00	6	0,39 E F
						L88-63	8,89	6	0,39 F G
						Cóndor	8,00	6	0,39 G
						Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)			

2.2 Ancho

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,86316									
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error: 0,1934 gl: 60									
Ancho	72	0,86	0,84	6,16	Genotipo	Medias	n	E.E.						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Chota	8,55	6	0,18	A					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	DRK 105	8,22	6	0,18	A	B			
Modelo	74,17	11	6,74	34,87	<0,0001	Rocha	8,07	6	0,18	A	B	C		
Genotipo	74,17	11	6,74	34,87	<0,0001	INIAP 402	7,70	6	0,18	A	B	C		
Error	11,60	60	0,19			NSL	7,70	6	0,18	A	B	C		
Total	85,78	71				ICA Quimbaya	7,43	6	0,18	B	C			
					BRB 194					7,33	6	0,18	C	
					BRB 195					7,29	6	0,18	C	
					G21-212					6,25	6	0,18	D	
					L88-63					6,01	6	0,18	D	
					INIAP 482					5,97	6	0,18	D	
					Cóndor					5,11	6	0,18	E	
					Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)									

2.3 Espesor

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,89332									
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error: 0,2071 gl: 60									
Espesor	72	0,89	0,86	8,13	Genotipo	Medias	n	E.E.						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Chota	7,64	6	0,19	A					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	DRK 105	6,70	6	0,19	B				
Modelo	96,15	11	8,74	42,20	<0,0001	Rocha	6,66	6	0,19	B				
Genotipo	96,15	11	8,74	42,20	<0,0001	BRB 195	6,34	6	0,19	B	C			
Error	12,43	60	0,21			BRB 194	6,18	6	0,19	B	C	D		
Total	108,58	71				NSL	5,96	6	0,19	B	C	D		
					ICA Quimbaya					5,64	6	0,19	C	D
					INIAP 402					5,39	6	0,19	D	E
					L88-63					4,51	6	0,19	E	F
					G21-212					4,31	6	0,19	F	
					INIAP 482					4,09	6	0,19	F	
					Cóndor					3,77	6	0,19	F	
					Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)									

3. Textura

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,07116								
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error: 0,2978 gl: 60								
Textura	72	0,71	0,65	42,94	Genotipo	Medias	n	E.E.					
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Cóndor	3,65	6	0,22	A				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Chota	1,65	6	0,22	B			
Modelo	43,26	11	3,93	13,21	<0,0001	Rocha	1,43	6	0,22	B			
Genotipo	43,26	11	3,93	13,21	<0,0001	ICA Quimbaya	1,28	6	0,22	B			
Error	17,87	60	0,30			BRB 194	1,20	6	0,22	B			
Total	61,13	71				G21-212	1,18	6	0,22	B			
					NSL					0,98	6	0,22	B
					L88-63					0,88	6	0,22	B
					BRB 195					0,82	6	0,22	B
					DRK 105					0,82	6	0,22	B
					INIAP 482					0,75	6	0,22	B
					INIAP 402					0,60	6	0,22	B
					Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)								

4. Color

4.1 Rojos

4.1.1 L

Análisis de la varianza						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,68068			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 1,8764 gl: 10			
L	15	0,69	0,56	32,86		Genotipo	Medias	n	E.E.
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						INIAP 402	2,00	3	0,79 A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	BRB 194	3,55	3	0,79 A B
Modelo	40,96	4	10,24	5,46	0,0136	BRB 195	3,75	3	0,79 A B
Genotipo	40,96	4	10,24	5,46	0,0136	DRK 105	4,50	3	0,79 A B
Error	18,76	10	1,88			ICA Quimbaya	7,04	3	0,79 B
Total	59,72	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)			

4.1.2 H

Análisis de la varianza						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,39602			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 2,6766 gl: 10			
H	15	0,68	0,55	10,47		Genotipo	Medias	n	E.E.
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						INIAP 402	13,84	3	0,94 A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	BRB 194	14,47	3	0,94 A
Modelo	56,44	4	14,11	5,27	0,0151	BRB 195	14,65	3	0,94 A
Genotipo	56,44	4	14,11	5,27	0,0151	DRK 105	15,89	3	0,94 A B
Error	26,77	10	2,68			ICA Quimbaya	19,27	3	0,94 B
Total	83,21	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)			

4.1.3 C

Análisis de la varianza						Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=16,31320			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 36,8593 gl: 10			
C	15	0,67	0,54	23,69		Genotipo	Medias	n	E.E.
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						INIAP 402	14,17	3	3,51 A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	BRB 194	24,36	3	3,51 A B
Modelo	754,52	4	188,63	5,12	0,0166	BRB 195	25,51	3	3,51 A B
Genotipo	754,52	4	188,63	5,12	0,0166	DRK 105	27,84	3	3,51 A B
Error	368,59	10	36,86			ICA Quimbaya	36,29	3	3,51 B
Total	1123,11	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)			

4.1.4 a

Análisis de la varianza						Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=15,26564				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 32,2774 gl: 10				
a	15	0,67	0,53	23,11		Genotipo Medias n E.E.				
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						ICA Quimbaya	34,16	3	3,28	A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	DRK 105	26,73	3	3,28	A B
Modelo	644,16	4	161,04	4,99	0,0180	BRB 195	24,68	3	3,28	A B
Genotipo	644,16	4	161,04	4,99	0,0180	BRB 194	23,58	3	3,28	A B
Error	322,77	10	32,28			INIAP 402	13,75	3	3,28	B
Total	966,94	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)				

4.1.5 b

Análisis de la varianza						Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=6,34155				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 5,5701 gl: 10				
b	15	0,69	0,56	32,89		Genotipo Medias n E.E.				
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						INIAP 402	3,43	3	1,36	A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	BRB 194	6,10	3	1,36	A B
Modelo	121,82	4	30,46	5,47	0,0135	BRB 195	6,46	3	1,36	A B
Genotipo	121,82	4	30,46	5,47	0,0135	DRK 105	7,76	3	1,36	A B
Error	55,70	10	5,57			ICA Quimbaya	12,13	3	1,36	B
Total	177,52	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)				

4.2 Negros

4.2.1 L

Análisis de la varianza						Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=4,44215				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		Error: 2,7331 gl: 10				
L	15	0,78	0,69	10,74		Genotipo Medias n E.E.				
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Cóndor	12,16	3	0,95	A
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	NSL	13,02	3	0,95	A B
Modelo	96,77	4	24,19	8,85	0,0025	INIAP 482	15,65	3	0,95	A B C
Genotipo	96,77	4	24,19	8,85	0,0025	G21-212	17,09	3	0,95	B C
Error	27,33	10	2,73			L88-63	19,03	3	0,95	C
Total	124,10	14				Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)				

4.2.2 H

Análisis de la varianza					Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=36,17454			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error:	Medias	n	E.E.
H	15	0,39	0,15	4,95	181,2485	gl:	10	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Genotipo			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Medias	n	E.E.
Modelo	1163,79	4	290,95	1,61	0,2475	NSL	283,15	3 7,77 A
Genotipo	1163,79	4	290,95	1,61	0,2475	INIAP 482	275,28	3 7,77 A
Error	1812,49	10	181,25			L88-63	275,22	3 7,77 A
Total	2976,27	14				Cóndor	270,91	3 7,77 A
						G21-212	256,46	3 7,77 A
						Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)		

4.2.3 C

Análisis de la varianza					Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,74868			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error:	Medias	n	E.E.
C	15	0,13	0,00	20,27	0,4235	gl:	10	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Genotipo			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Medias	n	E.E.
Modelo	0,65	4	0,16	0,38	0,8174	G21-212	2,93	3 0,38 A
Genotipo	0,65	4	0,16	0,38	0,8174	Cóndor	3,03	3 0,38 A
Error	4,24	10	0,42			INIAP 482	3,28	3 0,38 A
Total	4,88	14				L88-63	3,29	3 0,38 A
						NSL	3,52	3 0,38 A
						Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)		

4.2.4 a

Análisis de la varianza					Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,97144			
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Error:	Medias	n	E.E.
a	15	0,43	0,20	5394,83	0,5383	gl:	10	
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					Genotipo			
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Medias	n	E.E.
Modelo	4,10	4	1,02	1,90	0,1867	G21-212	-0,75	3 0,42 A
Genotipo	4,10	4	1,02	1,90	0,1867	INIAP 482	-0,31	3 0,42 A
Error	5,38	10	0,54			Cóndor	-0,05	3 0,42 A
Total	9,48	14				L88-63	0,23	3 0,42 A
						NSL	0,81	3 0,42 A
						Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)		

4.2.5 b

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	15	0,40	0,16	102,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	127,74	4	31,93	1,66	0,2353
Genotipo	127,74	4	31,93	1,66	0,2353
Error	192,66	10	19,27		
Total	320,40	14			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,79405
Error: 19,2661 gl: 10

Genotipo	Medias	n	E.E.
INIAP 482	-0,02	3	2,53 A
Cóndor	3,43	3	2,53 A
NSL	4,11	3	2,53 A
L88-63	4,88	3	2,53 A
G21-212	9,07	3	2,53 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4.3 Canarios

4.3.1 L

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
L	6	0,68	0,60	10,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	229,15	1	229,15	8,41	0,0441
Genotipo	229,15	1	229,15	8,41	0,0441
Error	109,02	4	27,25		
Total	338,17	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=11,83630
Error: 27,2541 gl: 4

Genotipo	Medias	n	E.E.
Chota	57,38	3	3,01 A
Rocha	45,02	3	3,01 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4.3.2 H

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H	6	0,03	0,00	1,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,28	1	0,28	0,14	0,7285
Genotipo	0,28	1	0,28	0,14	0,7285
Error	8,13	4	2,03		
Total	8,41	5			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,23151
Error: 2,0315 gl: 4

Genotipo	Medias	n	E.E.
Rocha	80,82	3	0,82 A
Chota	80,39	3	0,82 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4.3.3 C

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	6	0,80	0,74	7,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	84,38	1	84,38	15,60	0,0168
Genotipo	84,38	1	84,38	15,60	0,0168
Error	21,63	4	5,41		
Total	106,00	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,27225

Error: 5,4074 gl: 4

Genotipo Medias n E.E.

Rocha 29,12 3 1,34 A

Chota 36,62 3 1,34 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4.3.4 a

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	6	0,40	0,25	20,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,23	1	3,23	2,66	0,1780
Genotipo	3,23	1	3,23	2,66	0,1780
Error	4,85	4	1,21		
Total	8,07	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,49539

Error: 1,2114 gl: 4

Genotipo Medias n E.E.

Chota 6,15 3 0,64 A

Rocha 4,68 3 0,64 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4.3.5 b

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	6	0,81	0,76	6,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	81,33	1	81,33	17,09	0,0144
Genotipo	81,33	1	81,33	17,09	0,0144
Error	19,03	4	4,76		
Total	100,36	5			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,94579

Error: 4,7585 gl: 4

Genotipo Medias n E.E.

Chota 36,10 3 1,26 A

Rocha 28,74 3 1,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

ANEXO X

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DE LOS GENOTIPOS EN ESTADO NATIVO

1. Almidón

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,83248					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV						
Almidón	36	0,99	0,99	0,94						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Error: 0,3875 gl: 24				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Genotipo	Medias	n	E.E.	
Modelo	1142,79	11	103,89	268,13	<0,0001	Cóndor	53,61	3	0,36	A
Genotipo	1142,79	11	103,89	268,13	<0,0001	Rocha	61,76	3	0,36	B
Error	9,30	24	0,39			BRB 194	62,09	3	0,36	B
Total	1152,09	35				L88-63	63,06	3	0,36	B C
						ICA Quimbaya	64,52	3	0,36	C D
						INIAP 482	65,80	3	0,36	D E
						BRB 195	66,41	3	0,36	E
						INIAP 402	66,95	3	0,36	E
						DRK 105	67,39	3	0,36	E
						Chota	73,33	3	0,36	F
						G21-212	73,36	3	0,36	F
						NSL	74,51	3	0,36	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2. Antocianinas

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=38,09487					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV						
Antocianinas	30	1,00	0,99	4,93						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Error: 173,5904 gl: 20				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Genotipo	Medias	n	E.E.	
Modelo	982509,84	9	109167,76	628,88	<0,0001	G21-212	534,34	3	7,61	A
Genotipo	982509,84	9	109167,76	628,88	<0,0001	INIAP 482	468,73	3	7,61	B
Error	3471,81	20	173,59			Cóndor	468,62	3	7,61	B
Total	985981,64	29				L88-63	376,57	3	7,61	C
						NSL	357,73	3	7,61	C
						INIAP 402	146,16	3	7,61	D
						BRB 195	97,55	3	7,61	E
						BRB 194	80,58	3	7,61	E
						DRK 105	76,22	3	7,61	E
						ICA Quimbaya	67,03	3	7,61	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3. Taninos

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=179,12539					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV						
Taninos	30	0,99	0,98	7,63						
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						Error: 3838,0172 gl: 20				
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Genotipo	Medias	n	E.E.	
Modelo	5516835,93	9	612981,77	159,71	<0,0001	BRB 195	139,29	3	35,77	A
Genotipo	5516835,93	9	612981,77	159,71	<0,0001	NSL	442,68	3	35,77	B
Error	76760,34	20	3838,02			G21-212	459,61	3	35,77	B
Total	5593596,27	29				BRB 194	493,10	3	35,77	B
						INIAP 482	758,38	3	35,77	C
						Cóndor	798,48	3	35,77	C
						DRK 105	981,42	3	35,77	D
						INIAP 402	1146,70	3	35,77	D E
						ICA Quimbaya	1264,29	3	35,77	E
						L88-63	1634,06	3	35,77	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

ANEXO XI

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS DE LOS GENOTIPOS PROCESADOS

1. Tamaño

1.1 Largo

Análisis de la varianza					Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,88010	
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	Genotipo	Medias n E.E.
Largo	144	0,96	0,95	4,50	ICA Quimbaya	19,93 12 0,19 A
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					INIAP 402	17,62 12 0,19 B
	F.V.	SC	gl	CM	DRK 105	17,29 12 0,19 B
Modelo		1247,33	23	54,23	Rocha	16,37 12 0,19 C
Líquido de Gobierno		9,83	1	9,83	Chota	15,01 12 0,19 D
Genotipo		1226,56	11	111,51	BRB 194	13,71 12 0,19 E
Líquido de Gobierno*Genoti..		10,94	11	0,99	BRB 195	13,68 12 0,19 E
Error		49,54	120	0,41	INIAP 482	12,73 12 0,19 F
Total		1296,87	143		NSL	12,64 12 0,19 F
					G21-212	11,98 12 0,19 F
					L88-63	10,78 12 0,19 G
					Cóndor	9,60 12 0,19 H

Error: 0,4128 gl: 120

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Líquido de Gobierno		Genotipo	Medias n	E.E.	
2,00		ICA Quimbaya	20,09	6 0,26	A
1,00		ICA Quimbaya	19,77	6 0,26	A
2,00		INIAP 402	18,35	6 0,26	B
2,00		DRK 105	17,39	6 0,26	B C
1,00		DRK 105	17,20	6 0,26	B C
1,00		INIAP 402	16,90	6 0,26	C D
2,00		Rocha	16,43	6 0,26	C D
1,00		Rocha	16,30	6 0,26	C D
2,00		Chota	15,51	6 0,26	D E
1,00		Chota	14,51	6 0,26	E F
2,00		BRB 195	14,49	6 0,26	E F
2,00		BRB 194	14,10	6 0,26	F G
1,00		BRB 194	13,32	6 0,26	F G H
1,00		BRB 195	12,86	6 0,26	G H I
2,00		INIAP 482	12,80	6 0,26	G H I
2,00		NSL	12,67	6 0,26	H I
1,00		INIAP 482	12,66	6 0,26	H I
1,00		NSL	12,61	6 0,26	H I
2,00		G21-212	12,19	6 0,26	H I J
1,00		G21-212	11,78	6 0,26	I J K
1,00		L88-63	10,88	6 0,26	J K L
2,00		L88-63	10,68	6 0,26	K L M
2,00		Cóndor	9,79	6 0,26	L M
1,00		Cóndor	9,42	6 0,26	M

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,39207

Error: 0,4128 gl: 120

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.2 Ancho

Análisis de la varianza				
Variable N	R ²	R ² Aj	CV	
Ancho	144	0,92	0,91	4,49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	220,12	23	9,57	62,90	<0,0001
Líquido de Gobierno	6,10	1	6,10	40,10	<0,0001
Genotipo	207,99	11	18,91	124,27	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	6,03	11	0,55	3,60	0,0002
Error	18,26	120	0,15		
Total	238,38	143			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,12918				
Error: 0,1522 gl: 120				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
	Medias	n	E.E.	
2,00	8,89	72	0,05	A
1,00	8,48	72	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,53430				
Error: 0,1522 gl: 120				
Genotipo Medias n E.E.				
Genotipo	Medias	n	E.E.	
Rocha	10,75	12	0,11	A
DRK 105	10,58	12	0,11	A B
Chota	10,05	12	0,11	B
ICA Quimbaya	9,12	12	0,11	C
BRB 194	8,63	12	0,11	C D
BRB 195	8,58	12	0,11	D
NSL	8,55	12	0,11	D
INIAP 402	8,30	12	0,11	D E
INIAP 482	7,91	12	0,11	E F
G21-212	7,64	12	0,11	F
L88-63	7,53	12	0,11	F
Cóndor	6,63	12	0,11	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,84511				
Error: 0,1522 gl: 120				
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.				
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.
2,00	DRK 105	11,07	6	0,16 A
2,00	Rocha	10,83	6	0,16 A B
1,00	Rocha	10,66	6	0,16 A B
2,00	Chota	10,36	6	0,16 A B C
1,00	DRK 105	10,09	6	0,16 B C
1,00	Chota	9,74	6	0,16 C D
1,00	ICA Quimbaya	9,15	6	0,16 D E
2,00	BRB 195	9,13	6	0,16 D E
2,00	ICA Quimbaya	9,09	6	0,16 D E
2,00	NSL	8,91	6	0,16 D E F
2,00	BRB 194	8,88	6	0,16 E F
2,00	INIAP 402	8,63	6	0,16 E F G
1,00	BRB 194	8,37	6	0,16 E F G H
1,00	NSL	8,18	6	0,16 F G H I
1,00	BRB 195	8,02	6	0,16 G H I
1,00	INIAP 482	8,01	6	0,16 G H I
1,00	INIAP 402	7,96	6	0,16 G H I
2,00	G21-212	7,84	6	0,16 G H I
2,00	INIAP 482	7,82	6	0,16 G H I
1,00	L88-63	7,58	6	0,16 H I
2,00	L88-63	7,48	6	0,16 I J
1,00	G21-212	7,45	6	0,16 I J
2,00	Cóndor	6,69	6	0,16 J K
1,00	Cóndor	6,57	6	0,16 J K

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.3 Espesor

Análisis de la varianza				
Variable N	R ²	R ² Aj	CV	
Espesor	144	0,93	0,92	4,76

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	170,21	23	7,40	74,63	<0,0001
Líquido de Gobierno	1,94	1	1,94	19,58	<0,0001
Genotipo	164,81	11	14,98	151,09	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	3,46	11	0,31	3,17	0,0008
Error	11,90	120	0,10		
Total	182,11	143			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,10428				
Error: 0,0992 gl: 120				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
	Medias	n	E.E.	
2,00	6,74	72	0,04	A
1,00	6,51	72	0,04	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,43133				
Error: 0,0992 gl: 120				
Genotipo Medias n E.E.				
Genotipo	Medias	n	E.E.	
Rocha	8,65	12	0,09	A
Chota	8,22	12	0,09	A
DRK 105	7,50	12	0,09	B
NSL	6,91	12	0,09	C
BRB 194	6,77	12	0,09	C
ICA Quimbaya	6,67	12	0,09	C
BRB 195	6,61	12	0,09	C D
INIAP 402	6,21	12	0,09	D E
INIAP 482	6,11	12	0,09	E
L88-63	5,62	12	0,09	F
G21-212	5,25	12	0,09	F G
Cóndor	4,93	12	0,09	G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3. Color

3.1 Rojos

3.1.1 L

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Claridad (L)	30	1,00	0,99	7,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3760,98	9	417,89	488,72	<0,0001
Líquido de Gobierno	8,29	1	8,29	9,69	0,0055
Genotipo	3656,53	4	914,13	1069,08	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	96,17	4	24,04	28,12	<0,0001
Error	17,10	20	0,86		
Total	3778,08	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,70433			
Error: 0,8551 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.
1,00	12,57	15	0,24 A
2,00	13,62	15	0,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,59760			
Error: 0,8551 gl: 20			
Genotipo	Medias	n	E.E.
BRB 195	3,47	6	0,38 A
BRB 194	4,33	6	0,38 A
INIAP 402	4,48	6	0,38 A
DRK 105	26,28	6	0,38 B
ICA Quimbaya	26,94	6	0,38 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,67363			
Error: 0,8551 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n E.E.
2,00	BRB 195	2,91	3 0,53 A
2,00	INIAP 402	3,81	3 0,53 A
1,00	BRB 195	4,02	3 0,53 A
1,00	BRB 194	4,25	3 0,53 A
2,00	BRB 194	4,40	3 0,53 A
1,00	INIAP 402	5,14	3 0,53 A
1,00	DRK 105	22,21	3 0,53 B
2,00	ICA Quimbaya	26,65	3 0,53 C
1,00	ICA Quimbaya	27,23	3 0,53 C
2,00	DRK 105	30,35	3 0,53 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.1.2 H

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H	30	0,97	0,96	11,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4221,69	9	469,08	69,78	<0,0001
Líquido de Gobierno	19,72	1	19,72	2,93	0,1023
Genotipo	3780,45	4	945,11	140,59	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	421,52	4	105,38	15,68	<0,0001
Error	134,45	20	6,72		
Total	4356,13	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,97485			
Error: 6,7223 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.
2,00	22,76	15	0,67 A
1,00	24,38	15	0,67 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,47949			
Error: 6,7223 gl: 20			
Genotipo	Medias	n	E.E.
BRB 195	15,33	6	1,06 A
BRB 194	16,15	6	1,06 A
INIAP 402	16,78	6	1,06 A
ICA Quimbaya	24,59	6	1,06 B
DRK 105	45,02	6	1,06 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=7,49656			
Error: 6,7223 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n E.E.
2,00	BRB 195	15,06	3 1,50 A
1,00	BRB 195	15,60	3 1,50 A
2,00	INIAP 402	15,63	3 1,50 A
2,00	BRB 194	16,06	3 1,50 A
1,00	BRB 194	16,23	3 1,50 A
1,00	INIAP 402	17,94	3 1,50 A
1,00	ICA Quimbaya	19,99	3 1,50 A
2,00	ICA Quimbaya	29,18	3 1,50 B
2,00	DRK 105	37,88	3 1,50 C
1,00	DRK 105	52,16	3 1,50 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.1.3 C

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	30	0,89	0,84	15,41

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		2122,32	9	235,81	17,90	<0,0001
Líquido de Gobierno		147,81	1	147,81	11,22	0,0032
Genotipo		749,84	4	187,46	14,23	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..		1224,67	4	306,17	23,23	<0,0001
Error		263,55	20	13,18		
Total		2385,87	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,76497			
Error: 13,1774 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.
1,00	21,33	15	0,94 A
2,00	25,77	15	0,94 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,27169			
Error: 13,1774 gl: 20			
Genotipo	Medias	n	E.E.
ICA Quimbaya	14,28	6	1,48 A
BRB 195	22,50	6	1,48 B
INIAP 402	26,20	6	1,48 B
BRB 194	26,56	6	1,48 B
DRK 105	28,22	6	1,48 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=10,49586				
Error: 13,1774 gl: 20				
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.
1,00	ICA Quimbaya	7,91	3	2,10 A
2,00	DRK 105	15,04	3	2,10 A B
2,00	BRB 195	19,29	3	2,10 B C
2,00	ICA Quimbaya	20,64	3	2,10 B C
2,00	INIAP 402	24,34	3	2,10 B C
1,00	BRB 195	25,70	3	2,10 C
1,00	BRB 194	25,77	3	2,10 C
2,00	BRB 194	27,34	3	2,10 C
1,00	INIAP 402	28,05	3	2,10 C
1,00	DRK 105	41,41	3	2,10 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.1.4 a

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	30	0,84	0,76	16,35

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1179,39	9	131,04	11,43	<0,0001
Líquido de Gobierno		33,77	1	33,77	2,95	0,1016
Genotipo		662,48	4	165,62	14,45	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..		483,14	4	120,78	10,53	0,0001
Error		229,31	20	11,47		
Total		1408,70	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,57913			
Error: 11,4655 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.
1,00	21,77	15	0,87 A
2,00	19,65	15	0,87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=5,85015			
Error: 11,4655 gl: 20			
Genotipo	Medias	n	E.E.
BRB 194	25,49	6	1,38 A
INIAP 402	25,02	6	1,38 A
BRB 195	21,69	6	1,38 A B
DRK 105	18,65	6	1,38 B
ICA Quimbaya	12,72	6	1,38 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,79041				
Error: 11,4655 gl: 20				
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.
1,00	INIAP 402	26,60	3	1,95 A
2,00	BRB 194	26,27	3	1,95 A
1,00	DRK 105	25,40	3	1,95 A
1,00	BRB 195	24,75	3	1,95 A
1,00	BRB 194	24,70	3	1,95 A
2,00	INIAP 402	23,44	3	1,95 A
2,00	BRB 195	18,63	3	1,95 A B
2,00	ICA Quimbaya	18,02	3	1,95 A B
2,00	DRK 105	11,90	3	1,95 B C
1,00	ICA Quimbaya	7,42	3	1,95 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.1.5 b

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	30	0,98	0,97	15,46

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1887,26	9	209,70	93,62	<0,0001
Líquido de Gobierno		122,57	1	122,57	54,72	<0,0001
Genotipo		956,74	4	239,18	106,78	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..		807,95	4	201,99	90,18	<0,0001
Error		44,80	20	2,24		
Total		1932,06	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,13997			
Error: 2,2399 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias n	E.E.	
2,00	7,66	15 0,39	A
1,00	11,70	15 0,39	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,58575			
Error: 2,2399 gl: 20			
Genotipo	Medias n	E.E.	
BRB 195	5,96	6 0,61	A
ICA Quimbaya	6,39	6 0,61	A
BRB 194	7,45	6 0,61	A
INIAP 402	7,70	6 0,61	A
DRK 105	20,90	6 0,61	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,32733			
Error: 2,2399 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias n	E.E.
1,00	ICA Quimbaya	2,72	3 0,86 A
2,00	BRB 195	5,01	3 0,86 A B
2,00	INIAP 402	6,56	3 0,86 A B C
1,00	BRB 195	6,91	3 0,86 A B C
1,00	BRB 194	7,33	3 0,86 B C
2,00	BRB 194	7,57	3 0,86 B C
1,00	INIAP 402	8,85	3 0,86 B C
2,00	DRK 105	9,10	3 0,86 B C
2,00	ICA Quimbaya	10,06	3 0,86 C
1,00	DRK 105	32,71	3 0,86 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.2 Negros

3.2.1 L

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Claridad (L)	30	1,00	1,00	3,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		1620,67	9	180,07	19651,61	<0,0001
Líquido de Gobierno		174,63	1	174,63	19057,35	<0,0001
Genotipo		698,83	4	174,71	19066,06	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..		747,21	4	186,80	20385,73	<0,0001
Error		0,18	20	0,01		
Total		1620,85	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,07291			
Error: 0,0092 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Medias n	E.E.	
1,00	0,39	15 0,02	A
2,00	5,21	15 0,02	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,16539			
Error: 0,0092 gl: 20			
Genotipo	Medias n	E.E.	
NSL	0,08	6 0,04	A
G21-212	0,09	6 0,04	A
INIAP 482	0,62	6 0,04	B
L88-63	0,78	6 0,04	B
Cóndor	12,44	6 0,04	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,27678			
Error: 0,0092 gl: 20			
Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias n	E.E.
2,00	INIAP 482	0,02	3 0,06 A
2,00	G21-212	0,04	3 0,06 A
2,00	NSL	0,05	3 0,06 A
1,00	Cóndor	0,06	3 0,06 A
1,00	NSL	0,10	3 0,06 A
1,00	G21-212	0,14	3 0,06 A
1,00	L88-63	0,42	3 0,06 B
2,00	L88-63	1,15	3 0,06 C
1,00	INIAP 482	1,22	3 0,06 C
2,00	Cóndor	24,81	3 0,06 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.2.2 H

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
H	30	0,96	0,94	25,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14543,79	9	1615,98	54,94	<0,0001
Líquido de Gobierno	1061,36	1	1061,36	36,09	<0,0001
Genotipo	6131,99	4	1533,00	52,12	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	7350,44	4	1837,61	62,48	<0,0001
Error	588,24	20	29,41		
Total	15132,03	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,13084				
Error: 29,4119 gl: 20				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
2,00		27,54	15	1,40 A
1,00		15,64	15	1,40 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=9,36983				
Error: 29,4119 gl: 20				
Genotipo Medias n E.E.				
Cóndor		49,89	6	2,21 A
INIAP 482		18,40	6	2,21 B
G21-212		13,96	6	2,21 B
NSL		13,30	6	2,21 B
L88-63		12,41	6	2,21 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=15,68070				
Error: 29,4119 gl: 20				
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.				
2,00	Cóndor	86,84	3	3,13 A
1,00	INIAP 482	24,28	3	3,13 B
2,00	G21-212	14,06	3	3,13 B
1,00	G21-212	13,86	3	3,13 B
1,00	L88-63	13,79	3	3,13 B
1,00	NSL	13,35	3	3,13 B
2,00	NSL	13,25	3	3,13 B
1,00	Cóndor	12,93	3	3,13 B
2,00	INIAP 482	12,51	3	3,13 B
2,00	L88-63	11,04	3	3,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.2.3 C

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	30	0,83	0,76	68,56

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	110,95	9	12,33	11,15	<0,0001
Líquido de Gobierno	16,65	1	16,65	15,06	0,0009
Genotipo	49,24	4	12,31	11,13	0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	45,06	4	11,27	10,19	0,0001
Error	22,11	20	1,11		
Total	133,06	29			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80085				
Error: 1,1055 gl: 20				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
2,00		0,79	15	0,27 A
1,00		2,28	15	0,27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,81654				
Error: 1,1055 gl: 20				
Genotipo Medias n E.E.				
Cóndor		0,41	6	0,43 A
NSL		0,52	6	0,43 A
G21-212		0,54	6	0,43 A
L88-63		2,92	6	0,43 B
INIAP 482		3,27	6	0,43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,04004				
Error: 1,1055 gl: 20				
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.				
2,00	INIAP 482	0,09	3	0,61 A
2,00	G21-212	0,21	3	0,61 A
2,00	NSL	0,35	3	0,61 A
2,00	Cóndor	0,41	3	0,61 A
1,00	Cóndor	0,42	3	0,61 A
1,00	NSL	0,69	3	0,61 A
1,00	G21-212	0,88	3	0,61 A
2,00	L88-63	2,89	3	0,61 A
1,00	L88-63	2,95	3	0,61 A
1,00	INIAP 482	6,46	3	0,61 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.2.4 a

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	30	0,79	0,70	80,33

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	100,02	9	11,11	8,52	<0,0001
Líquido de Gobierno	16,16	1	16,16	12,40	0,0021
Genotipo	46,80	4	11,70	8,97	0,0003
Líquido de Gobierno*Genoti..	37,07	4	9,27	7,11	0,0010
Error	26,07	20	1,30		
Total	126,10	29			

Líquido de Gobierno			Medias	n	E.E.
2,00		Cóndor	-0,02	3	0,66 A
2,00		INIAP 482	0,09	3	0,66 A
2,00		G21-212	0,20	3	0,66 A
2,00		NSL	0,34	3	0,66 A
1,00		Cóndor	0,41	3	0,66 A
1,00		NSL	0,67	3	0,66 A
1,00		G21-212	0,85	3	0,66 A
2,00		L88-63	2,83	3	0,66 A B
1,00		L88-63	2,87	3	0,66 A B
1,00		INIAP 482	5,98	3	0,66 B

Líquido de Gobierno			Medias	n	E.E.
2,00		Cóndor	-0,02	3	0,66 A
2,00		INIAP 482	0,09	3	0,66 A
2,00		G21-212	0,20	3	0,66 A
2,00		NSL	0,34	3	0,66 A
1,00		Cóndor	0,41	3	0,66 A
1,00		NSL	0,67	3	0,66 A
1,00		G21-212	0,85	3	0,66 A
2,00		L88-63	2,83	3	0,66 A B
1,00		L88-63	2,87	3	0,66 A B
1,00		INIAP 482	5,98	3	0,66 B

3.2.5 b

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	30	0,97	0,95	41,90

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,52	9	1,39	62,06	<0,0001
Líquido de Gobierno	2,68	1	2,68	119,38	<0,0001
Genotipo	5,60	4	1,40	62,47	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	4,24	4	1,06	47,33	<0,0001
Error	0,45	20	0,02		
Total	12,97	29			

Líquido de Gobierno			Medias	n	E.E.
2,00		Cóndor	-0,16	6	0,06 A
2,00		NSL	0,12	6	0,06 B
2,00		G21-212	0,14	6	0,06 B
2,00		L88-63	0,63	6	0,06 C
1,00		INIAP 482	1,06	6	0,06 D

Líquido de Gobierno			Medias	n	E.E.
2,00		Cóndor	-0,41	3	0,09 A
2,00		INIAP 482	0,02	3	0,09 A B
2,00		G21-212	0,05	3	0,09 B
2,00		NSL	0,08	3	0,09 B
1,00		Cóndor	0,09	3	0,09 B
1,00		NSL	0,16	3	0,09 B C
1,00		G21-212	0,23	3	0,09 B C
2,00		L88-63	0,55	3	0,09 C D
1,00		L88-63	0,71	3	0,09 D
1,00		INIAP 482	2,09	3	0,09 E

3.3 Canarios

3.3.1 L

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Claridad (L)	12	0,97	0,96	4,29	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	849,88	3	283,29	100,95	<0,0001
Líquido de Gobierno	185,18	1	185,18	65,99	<0,0001
Genotipo	660,08	1	660,08	235,21	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	4,61	1	4,61	1,64	0,2357
Error	22,45	8	2,81		
Total	872,33	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,23023					
Error: 2,8064 gl: 8					
Líquido de Gobierno Medias n E.E.					
1,00		35,09	6 0,68	A	
2,00		42,95	6 0,68	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,23023					
Error: 2,8064 gl: 8					
Genotipo Medias n E.E.					
Rocha		31,60	6 0,68	A	
Chota		46,44	6 0,68	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,38043					
Error: 2,8064 gl: 8					
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.					
1,00	Rocha	28,29	3 0,97	A	
2,00	Rocha	34,91	3 0,97	B	
1,00	Chota	41,89	3 0,97	C	
2,00	Chota	50,98	3 0,97	D	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

3.3.2 H

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
H	12	0,54	0,37	2,88	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31,96	3	10,65	3,15	0,0865
Líquido de Gobierno	0,72	1	0,72	0,21	0,6568
Genotipo	31,23	1	31,23	9,23	0,0161
Líquido de Gobierno*Genoti..	2,7E-03	1	2,7E-03	8,0E-04	0,9782
Error	27,07	8	3,38		
Total	59,03	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,44892					
Error: 3,3838 gl: 8					
Líquido de Gobierno Medias n E.E.					
1,00		64,05	6 0,75	A	
2,00		63,56	6 0,75	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,44892					
Error: 3,3838 gl: 8					
Genotipo Medias n E.E.					
Chota		65,42	6 0,75	A	
Rocha		62,19	6 0,75	B	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=4,80996					
Error: 3,3838 gl: 8					
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.					
1,00	Chota	65,65	3 1,06	A	
2,00	Chota	65,19	3 1,06	A	
1,00	Rocha	62,45	3 1,06	A	
2,00	Rocha	61,93	3 1,06	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

3.3.3 C

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
C	12	0,58	0,42	13,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		275,66	3	91,89	3,64	0,0641
Líquido de Gobierno		0,05	1	0,05	2,2E-03	0,9640
Genotipo		187,31	1	187,31	7,41	0,0261
Líquido de Gobierno*Genoti..		88,29	1	88,29	3,49	0,0985
Error		202,16	8	25,27		
Total		477,81	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,69231				
Error: 25,2698 gl: 8				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
2,00		37,91	6	2,05 A
1,00		38,04	6	2,05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,69231				
Error: 25,2698 gl: 8				
Genotipo Medias n E.E.				
Chota		34,03	6	2,05 A
Rocha		41,93	6	2,05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=13,14445				
Error: 25,2698 gl: 8				
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.				
1,00	Chota	31,38	3	2,90 A
2,00	Chota	36,67	3	2,90 A B
2,00	Rocha	39,15	3	2,90 A B
1,00	Rocha	44,71	3	2,90 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

3.3.4 a

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
a	12	0,84	0,78	9,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		97,16	3	32,39	13,86	0,0016
Líquido de Gobierno		0,15	1	0,15	0,06	0,8066
Genotipo		81,95	1	81,95	35,08	0,0004
Líquido de Gobierno*Genoti..		15,05	1	15,05	6,44	0,0348
Error		18,69	8	2,34		
Total		115,85	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,03489				
Error: 2,3363 gl: 8				
Líquido de Gobierno Medias n E.E.				
2,00		16,88	6	0,62 A
1,00		16,66	6	0,62 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,03489				
Error: 2,3363 gl: 8				
Genotipo Medias n E.E.				
Rocha		19,38	6	0,62 A
Chota		14,16	6	0,62 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=3,99676				
Error: 2,3363 gl: 8				
Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.				
1,00	Rocha	20,39	3	0,88 A
2,00	Rocha	18,37	3	0,88 A B
2,00	Chota	15,39	3	0,88 B C
1,00	Chota	12,92	3	0,88 C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

3.3.5 b

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
b	12	0,49	0,30	14,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		188,86	3	62,95	2,55	0,1287
Líquido de Gobierno		0,17	1	0,17	0,01	0,9367
Genotipo		115,63	1	115,63	4,69	0,0623
Líquido de Gobierno*Genoti..		73,06	1	73,06	2,96	0,1236
Error		197,38	8	24,67		
Total		386,23	11			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,61266

Error: 24,6719 gl: 8

Líquido de Gobierno Medias n E.E.

1,00 34,16 6 2,03 A

2,00 33,93 6 2,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=6,61266

Error: 24,6719 gl: 8

Genotipo Medias n E.E.

Rocha 37,15 6 2,03 A

Chota 30,94 6 2,03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=12,98802

Error: 24,6719 gl: 8

Líquido de Gobierno Genotipo Medias n E.E.

1,00 Rocha 39,73 3 2,87 A

2,00 Rocha 34,56 3 2,87 A

2,00 Chota 33,29 3 2,87 A

1,00 Chota 28,59 3 2,87 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

ANEXO XII

**ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA
LOS PARÁMETROS QUÍMICOS DE LOS GENOTIPOS EN ESTADO
NATIVO**

1. Almidón

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
% Almidón	72	0,95	0,92	2,04		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	2595,05	23	112,83	38,65	<0,0001	
Líquido de Gobierno	569,70	1	569,70	195,15	<0,0001	
Genotipo	1661,64	11	151,06	51,74	<0,0001	
Líquido de Gobierno*Genoti..	363,71	11	33,06	11,33	<0,0001	
Error	140,13	48	2,92			
Total	2735,18	71				

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,81045						
Error: 2,9193 gl: 48						
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.			
1,00	80,97	36	0,28	A		
2,00	86,60	36	0,28	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)						
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=3,39422						
Error: 2,9193 gl: 48						
Genotipo	Medias	n	E.E.			
INIAP 482	73,06	6	0,70	A		
L88-63	77,29	6	0,70	B		
BRB 195	80,99	6	0,70	C		
Chota	81,52	6	0,70	C	D	
Rocha	83,94	6	0,70	C	D	E
G21-212	84,85	6	0,70	D		E
DRK 105	85,44	6	0,70	E		
NSL	85,46	6	0,70	E		
Cóndor	85,90	6	0,70	E		
ICA Quimbaya	85,90	6	0,70	E		
INIAP 402	90,47	6	0,70	F		
BRB 194	90,59	6	0,70	F		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)						

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,74664
Error: 0,0583 gl: 40

Liquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.	
1,00	Cóndor	21,44	3	0,14	A
2,00	Cóndor	17,73	3	0,14	B
1,00	INIAP 482	13,89	3	0,14	C
2,00	INIAP 482	12,14	3	0,14	D
1,00	DRK 105	9,93	3	0,14	E
1,00	G21-212	9,01	3	0,14	F
1,00	NSL	7,34	3	0,14	G
1,00	L88-63	6,58	3	0,14	H
2,00	G21-212	5,98	3	0,14	H I
1,00	INIAP 402	5,77	3	0,14	I
2,00	L88-63	5,64	3	0,14	I
2,00	DRK 105	4,89	3	0,14	J
2,00	NSL	4,13	3	0,14	K
2,00	INIAP 402	3,90	3	0,14	K L
1,00	BRB 194	3,35	3	0,14	L M
2,00	BRB 195	2,81	3	0,14	M N
2,00	BRB 194	2,59	3	0,14	N O
1,00	ICA Quimbaya	2,50	3	0,14	N O
1,00	BRB 195	2,19	3	0,14	N O
2,00	ICA Quimbaya	1,89	3	0,14	O

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3. Taninos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Taninos	60	0,97	0,96	22,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	356086,22	19	18741,38	77,98	<0,0001
Liquido de Gobierno	1685,40	1	1685,40	7,01	0,0115
Genotipo	351903,15	9	39100,35	162,69	<0,0001
Liquido de Gobierno*Genoti..	2497,67	9	277,52	1,15	0,3493
Error	9613,50	40	240,34		
Total	365699,72	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=8,08933
Error: 240,3375 gl: 40

Liquido de Gobierno	Medias	n	E.E.	
2,00	64,25	30	2,83	A
1,00	74,85	30	2,83	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=29,96782
Error: 240,3375 gl: 40

Genotipo	Medias	n	E.E.	
Cóndor	0,00	6	6,33	A
DRK 105	9,04	6	6,33	A B
BRB 195	11,82	6	6,33	A B C
G21-212	37,88	6	6,33	B C D
BRB 194	40,42	6	6,33	C D
NSL	52,79	6	6,33	D
INIAP 402	54,93	6	6,33	D
L88-63	99,81	6	6,33	E
ICA Quimbaya	115,78	6	6,33	E
INIAP 482	273,07	6	6,33	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=47,95710
 Error: 240,3375 gl: 40

Liquidado de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.						
1,00	Cóndor	0,00	3	8,95	A					
2,00	Cóndor	0,00	3	8,95	A					
1,00	DRK 105	3,22	3	8,95	A	B				
2,00	BRB 195	6,92	3	8,95	A	B	C			
2,00	DRK 105	14,87	3	8,95	A	B	C	D		
1,00	BRB 195	16,72	3	8,95	A	B	C	D		
2,00	G21-212	30,20	3	8,95	A	B	C	D		
2,00	BRB 194	38,41	3	8,95	A	B	C	D	E	
1,00	BRB 194	42,43	3	8,95	A	B	C	D	E	
1,00	G21-212	45,55	3	8,95	A	B	C	D	E	
2,00	NSL	48,40	3	8,95		B	C	D	E	
2,00	INIAP 402	53,73	3	8,95			C	D	E	
1,00	INIAP 402	56,12	3	8,95				D	E	
1,00	NSL	57,17	3	8,95				D	E	
2,00	L88-63	81,17	3	8,95					E	F
2,00	ICA Quimbaya	107,77	3	8,95						F
1,00	L88-63	118,44	3	8,95						F
1,00	ICA Quimbaya	123,79	3	8,95						F
2,00	INIAP 482	261,06	3	8,95						G
1,00	INIAP 482	285,09	3	8,95						G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO XIII

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS DEL ENLATADO

1. Viscosidad

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Viscosidad	72	1,00	1,00	1,49		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
	F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo		6974,05	23	303,22	7699,72	<0,0001
Líquido de Gobierno		2157,70	1	2157,70	54790,94	<0,0001
Genotipo		3255,15	11	295,92	7514,43	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..		1561,20	11	141,93	3604,00	<0,0001
Error		1,89	48	0,04		
Total		6975,94	71			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,09413			
Error: 0,0394 gl: 48			
Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.
1,00	7,81	36	0,03 A
2,00	18,76	36	0,03 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)			
Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,39422			
Error: 0,0394 gl: 48			
Genotipo	Medias	n	E.E.
BRB 194	4,54	6	0,08 A
DRK 105	4,98	6	0,08 B
NSL	8,56	6	0,08 C
Chota	8,61	6	0,08 C
Cóndor	8,65	6	0,08 C
INIAP 402	10,08	6	0,08 D
BRB 195	13,52	6	0,08 E
ICA Quimbaya	14,59	6	0,08 F
INIAP 482	16,98	6	0,08 G
G21-212	19,10	6	0,08 H
L88-63	23,85	6	0,08 I
Rocha	25,94	6	0,08 J
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,62591
Error: 0,0394 gl: 48

Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.	
1,00	G21-212	3,46	3	0,11	A
1,00	NSL	3,58	3	0,11	A
1,00	Cóndor	3,61	3	0,11	A
1,00	DRK 105	3,70	3	0,11	A
1,00	BRB 194	4,42	3	0,11	B
2,00	BRB 194	4,66	3	0,11	B
2,00	DRK 105	6,26	3	0,11	C
1,00	Chota	6,55	3	0,11	C
1,00	BRB 195	6,58	3	0,11	C
1,00	INIAP 402	7,48	3	0,11	D
2,00	Chota	10,67	3	0,11	E
1,00	L88-63	11,33	3	0,11	F
1,00	ICA Quimbaya	12,55	3	0,11	G
2,00	INIAP 402	12,67	3	0,11	G
2,00	NSL	13,55	3	0,11	H
2,00	Cóndor	13,68	3	0,11	H I
1,00	INIAP 482	14,30	3	0,11	I
1,00	Rocha	16,14	3	0,11	J
2,00	ICA Quimbaya	16,62	3	0,11	J
2,00	INIAP 482	19,67	3	0,11	K
2,00	BRB 195	20,45	3	0,11	L
2,00	G21-212	34,74	3	0,11	M
2,00	Rocha	35,75	3	0,11	N
2,00	L88-63	36,37	3	0,11	N

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2. Grado de Aglomeración

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grado de aglomeración	72	1,00	1,00	2,5E-07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	204,00	23	8,87	58101990354886200,00	<0,0001
Líquido de Gobierno	40,50	1	40,50		sd sd
Genotipo	150,00	11	13,64		sd sd
Líquido de Gobierno*Genoti..	13,50	11	1,23		sd sd
Error	0,00	48	0,00		
Total	204,00	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000
Error: 0,0000 gl: 48

Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.	
1,00	5,75	36	0,00	A
2,00	4,25	36	0,00	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000
Error: 0,0000 gl: 48

Genotipo	Medias	n	E.E.	
ICA Quimbaya	7,00	6	0,00	A
DRK 105	7,00	6	0,00	A
BRB 194	6,00	6	0,00	B
BRB 195	6,00	6	0,00	B
Chota	6,00	6	0,00	B
INIAP 402	5,00	6	0,00	C
Rocha	5,00	6	0,00	C
L88-63	4,50	6	0,00	D
NSL	4,50	6	0,00	D
G21-212	4,00	6	0,00	E
INIAP 482	2,50	6	0,00	F
Cóndor	2,50	6	0,00	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,00000
Error: 0,0000 gl: 48

Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.			
1,00	DRK 105	7,00	3	0,00	A		
2,00	DRK 105	7,00	3	0,00	A		
1,00	ICA Quimbaya	7,00	3	0,00	A		
2,00	ICA Quimbaya	7,00	3	0,00	A		
1,00	BRB 194	7,00	3	0,00	A		
1,00	BRB 195	7,00	3	0,00	A		
1,00	Chota	7,00	3	0,00	A		
1,00	Rocha	6,00	3	0,00		B	
1,00	INIAP 402	6,00	3	0,00		B	
2,00	BRB 195	5,00	3	0,00			C
2,00	Chota	5,00	3	0,00			C
1,00	G21-212	5,00	3	0,00			C
2,00	BRB 194	5,00	3	0,00			C
1,00	L88-63	5,00	3	0,00			C
1,00	NSL	5,00	3	0,00			C
2,00	INIAP 402	4,00	3	0,00			D
1,00	Cóndor	4,00	3	0,00			D
2,00	NSL	4,00	3	0,00			D
2,00	L88-63	4,00	3	0,00			D
2,00	Rocha	4,00	3	0,00			D
1,00	INIAP 482	3,00	3	0,00			E
2,00	G21-212	3,00	3	0,00			E
2,00	INIAP 482	2,00	3	0,00			F
2,00	Cóndor	1,00	3	0,00			G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

3. Grado de Rotura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Grado de Rotura	72	1,00	1,00	2,62

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47123,24	23	2048,84	2678,70	<0,0001
Líquido de Gobierno	830,01	1	830,01	1085,17	<0,0001
Genotipo	43173,06	11	3924,82	5131,41	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	3120,18	11	283,65	370,85	<0,0001
Error	36,71	48	0,76		
Total	47159,95	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,73735
Error: 0,7649 gl: 48

Genotipo	Medias	n	E.E.				
BRB 195	5,54	6	0,36	A			
BRB 194	6,14	6	0,36	A			
ICA Quimbaya	8,29	6	0,36		B		
Cóndor	12,61	6	0,36			C	
DRK 105	15,56	6	0,36			D	
NSL	26,29	6	0,36				E
INIAP 402	41,37	6	0,36				F
INIAP 482	41,49	6	0,36				F
Rocha	43,97	6	0,36				G
Chota	45,48	6	0,36				G
G21-212	68,66	6	0,36				H
L88-63	84,54	6	0,36				I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=2,75843
 Error: 0,7649 gl: 48

Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.	
1,00	BRB 195	5,03	3	0,50	A
1,00	Cóndor	5,13	3	0,50	A
1,00	DRK 105	5,14	3	0,50	A
2,00	BRB 194	6,01	3	0,50	A B
2,00	BRB 195	6,05	3	0,50	A B
1,00	BRB 194	6,26	3	0,50	A B
1,00	ICA Quimbaya	8,28	3	0,50	B
2,00	ICA Quimbaya	8,30	3	0,50	B
1,00	NSL	15,00	3	0,50	C
2,00	Cóndor	20,08	3	0,50	D
2,00	DRK 105	25,99	3	0,50	E
1,00	Rocha	31,33	3	0,50	F
1,00	Chota	36,85	3	0,50	G
2,00	INIAP 402	37,08	3	0,50	G
2,00	NSL	37,57	3	0,50	G
1,00	INIAP 482	38,27	3	0,50	G
2,00	INIAP 482	44,70	3	0,50	H
1,00	INIAP 402	45,66	3	0,50	H
2,00	Chota	54,11	3	0,50	I
2,00	Rocha	56,61	3	0,50	I J
2,00	G21-212	58,55	3	0,50	J
1,00	G21-212	78,76	3	0,50	K
1,00	L88-63	83,47	3	0,50	L
2,00	L88-63	85,60	3	0,50	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

4. Peso escurrido

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso escurrido	72	1,00	1,00	0,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	59698,64	23	2595,59	6609,51	<0,0001
Líquido de Gobierno	17177,00	1	17177,00	43740,16	<0,0001
Genotipo	30926,49	11	2811,50	7159,31	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	11595,14	11	1054,10	2684,21	<0,0001
Error	18,85	48	0,39		
Total	59717,49	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,24489
 Error: 0,3927 gl: 48

Genotipo	Medias	n	E.E.	
Cóndor	296,85	6	0,26	A
ICA Quimbaya	286,95	6	0,26	B
Rocha	284,84	6	0,26	C
G21-212	277,15	6	0,26	D
BRB 195	275,67	6	0,26	E
INIAP 402	270,74	6	0,26	F
INIAP 482	262,05	6	0,26	G
NSL	259,72	6	0,26	H
L88-63	251,63	6	0,26	I
BRB 194	238,40	6	0,26	J
DRK 105	234,59	6	0,26	K
Chota	231,37	6	0,26	L

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,97653
 Error: 0,3927 gl: 48

Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.	
2,00	Cóndor	341,85	3	0,36	A
2,00	G21-212	310,01	3	0,36	B
2,00	BRB 195	303,75	3	0,36	C
2,00	Rocha	294,92	3	0,36	D
2,00	ICA Quimbaya	291,48	3	0,36	E
2,00	INIAP 482	282,83	3	0,36	F
1,00	ICA Quimbaya	282,43	3	0,36	F
2,00	INIAP 402	276,58	3	0,36	G
1,00	Rocha	274,75	3	0,36	G
2,00	NSL	267,54	3	0,36	H
1,00	INIAP 402	264,90	3	0,36	I
2,00	L88-63	255,45	3	0,36	J
1,00	NSL	251,90	3	0,36	K
1,00	Cóndor	251,85	3	0,36	K
1,00	L88-63	247,81	3	0,36	L
1,00	BRB 195	247,60	3	0,36	L
2,00	BRB 194	246,00	3	0,36	L
1,00	G21-212	244,28	3	0,36	M
2,00	DRK 105	243,43	3	0,36	N
2,00	Chota	241,46	3	0,36	N
1,00	INIAP 482	241,26	3	0,36	O
1,00	BRB 194	230,80	3	0,36	O
1,00	DRK 105	225,75	3	0,36	P
1,00	Chota	221,28	3	0,36	P
					Q
					R
					S

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

5. Sólidos suspendidos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sólidos Suspendidos	72	1,00	1,00	2,86

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5237,92	23	227,74	2268,75	<0,0001
Líquido de Gobierno	1729,70	1	1729,70	17231,66	<0,0001
Genotipo	2565,33	11	233,21	2323,31	<0,0001
Líquido de Gobierno*Genoti..	942,89	11	85,72	853,93	<0,0001
Error	4,82	48	0,10		
Total	5242,74	71			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,15028
 Error: 0,1004 gl: 48

Líquido de Gobierno	Medias	n	E.E.	
1,00	6,16	36	0,05	A
2,00	15,97	36	0,05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes(p<= 0,05)

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,99929
 Error: 0,1004 gl: 48

Líquido de Gobierno	Genotipo	Medias	n	E.E.	
1,00	Chota	1,13	3	0,18	A
1,00	Rocha	2,23	3	0,18	B
1,00	DRK 105	2,26	3	0,18	B
1,00	NSL	2,33	3	0,18	B
1,00	BRB 194	2,35	3	0,18	B
1,00	INIAP 402	4,39	3	0,18	C
2,00	NSL	4,47	3	0,18	C
1,00	L88-63	5,06	3	0,18	C
2,00	BRB 195	6,73	3	0,18	D
1,00	ICA Quimbaya	7,94	3	0,18	E
2,00	Chota	8,91	3	0,18	E F
1,00	Cóndor	9,02	3	0,18	F G
1,00	BRB 195	9,18	3	0,18	F G
2,00	ICA Quimbaya	9,96	3	0,18	G
2,00	BRB 194	10,98	3	0,18	H
1,00	INIAP 482	11,18	3	0,18	H
2,00	INIAP 402	11,28	3	0,18	H
2,00	Rocha	11,66	3	0,18	H
1,00	G21-212	16,90	3	0,18	I
2,00	DRK 105	18,50	3	0,18	J
2,00	Cóndor	22,55	3	0,18	K
2,00	G21-212	27,80	3	0,18	L
2,00	INIAP 482	28,85	3	0,18	M
2,00	L88-63	29,91	3	0,18	N

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO XIV

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL PRIMER ANÁLISIS SENSORIAL

1. Negros

1.1 Apariencia

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia	200	0,21	0,18	29,66

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	92,25	9	10,25	5,77	<0,0001
Muestra	92,25	9	10,25	5,77	<0,0001
Error	337,75	190	1,78		
Total	430,00	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,36782				
Error: 1,7776 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
100,00	5,75	20	0,30	A
217,00	5,40	20	0,30	A B
406,00	5,25	20	0,30	A B C
422,00	4,65	20	0,30	A B C D
414,00	4,10	20	0,30	B C D
278,00	4,05	20	0,30	B C D
181,00	4,00	20	0,30	C D
319,00	4,00	20	0,30	C D
483,00	3,95	20	0,30	C D
337,00	3,80	20	0,30	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.2 Apariencia líquido de gobierno

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Ap. Líquido de Gobierno	200	0,37	0,34	40,91

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	167,80	9	18,64	12,38	<0,0001
Muestra	167,80	9	18,64	12,38	<0,0001
Error	286,20	190	1,51		
Total	454,00	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,25912				
Error: 1,5063 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
100,00	4,90	20	0,27	A
406,00	3,80	20	0,27	A B
422,00	3,55	20	0,27	B
217,00	3,30	20	0,27	B C
181,00	2,90	20	0,27	B C
319,00	2,75	20	0,27	B C
483,00	2,70	20	0,27	B C
337,00	2,65	20	0,27	B C D
414,00	2,05	20	0,27	C D
278,00	1,40	20	0,27	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.3 Color

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Color	200	0,15	0,11	23,73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	43,92	9	4,88	3,81	0,0002
Muestra	43,92	9	4,88	3,81	0,0002
Error	243,50	190	1,28		
Total	287,42	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16140

Error: 1,2816 gl: 190

Muestra	Medias	n	E.E.	
100,00	5,60	20	0,25	A
406,00	5,25	20	0,25	A B
217,00	5,20	20	0,25	A B
422,00	5,05	20	0,25	A B
319,00	4,85	20	0,25	A B
414,00	4,65	20	0,25	A B
483,00	4,35	20	0,25	B
181,00	4,30	20	0,25	B
337,00	4,25	20	0,25	B
278,00	4,20	20	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.4 Integridad del grano

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Integridad del grano	200	0,61	0,59	28,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	483,08	9	53,68	33,02	<0,0001
Muestra	483,08	9	53,68	33,02	<0,0001
Error	308,90	190	1,63		
Total	791,98	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30810

Error: 1,6258 gl: 190

Muestra	Medias	n	E.E.	
406,00	6,85	20	0,29	A
100,00	6,30	20	0,29	A B
217,00	6,00	20	0,29	A B C
414,00	5,40	20	0,29	B C D
278,00	4,90	20	0,29	C D
422,00	4,15	20	0,29	D E
319,00	3,55	20	0,29	E F
337,00	2,85	20	0,29	E F
181,00	2,55	20	0,29	F
483,00	2,35	20	0,29	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.5 Olor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	200	0,01	0,00	21,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2,20	9	0,24	0,23	0,9899
Muestra	2,21	9	0,25	0,23	0,9899
Error	202,75	190	1,07		
Total	204,96	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05977

Error: 1,0671 gl: 190

Muestra	Medias	n	E.E.	
483,00	4,90	20	0,23	A
422,00	4,85	20	0,23	A
217,00	4,85	20	0,23	A
181,00	4,75	20	0,23	A
337,00	4,75	20	0,23	A
414,00	4,70	20	0,23	A
406,00	4,70	20	0,23	A
100,00	4,70	20	0,23	A
278,00	4,60	20	0,23	A
319,00	4,55	20	0,23	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.6 Sabor

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	200	0,12	0,08	22,15

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	38,53	9	4,28	2,91	0,0030
Muestra	38,53	9	4,28	2,91	0,0030
Error	279,35	190	1,47		
Total	317,88	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,24396				
Error: 1,4703 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
337,00	6,15	20	0,27	A
319,00	6,00	20	0,27	A
414,00	5,85	20	0,27	A B
217,00	5,70	20	0,27	A B
483,00	5,50	20	0,27	A B
278,00	5,35	20	0,27	A B
181,00	5,30	20	0,27	A B
422,00	5,25	20	0,27	A B
406,00	5,00	20	0,27	A B
100,00	4,65	20	0,27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

1.7 Textura

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	200	0,61	0,59	28,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	483,08	9	53,68	33,02	<0,0001
Muestra	483,08	9	53,68	33,02	<0,0001
Error	308,90	190	1,63		
Total	791,98	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,30810				
Error: 1,6258 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
406,00	6,85	20	0,29	A
100,00	6,30	20	0,29	A B
217,00	6,00	20	0,29	A B C
414,00	5,40	20	0,29	B C D
278,00	4,90	20	0,29	C D
422,00	4,15	20	0,29	D E
319,00	3,55	20	0,29	E F
337,00	2,85	20	0,29	E F
181,00	2,55	20	0,29	F
483,00	2,35	20	0,29	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2. Rojos

2.1 Apariencia

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Apariencia	200	0,14	0,10	21,33

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,10	9	4,34	3,40	0,0007
Muestra	39,10	9	4,34	3,40	0,0007
Error	242,90	190	1,28		
Total	282,00	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,15997				
Error: 1,2784 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
255,00	6,00	20	0,25	A
262,00	5,80	20	0,25	A
268,00	5,70	20	0,25	A
133,00	5,35	20	0,25	A B
499,00	5,35	20	0,25	A B
299,00	5,30	20	0,25	A B
398,00	5,25	20	0,25	A B
387,00	4,95	20	0,25	A B
323,00	4,85	20	0,25	A B
413,00	4,45	20	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.2 Apariencia líquido de gobierno

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Ap. Líquido de Gobierno	200	0,39	0,37	24,63	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	185,12	9	20,57	13,73	<0,0001
Muestra	185,12	9	20,57	13,73	<0,0001
Error	284,70	190	1,50		
Total	469,82	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,25581					
Error: 1,4984 gl: 190					
Muestra	Medias	n	E.E.		
268,00	6,60	20	0,27	A	
398,00	6,35	20	0,27	A	B
133,00	5,35	20	0,27	A	B C
299,00	5,10	20	0,27	B	C D
262,00	5,05	20	0,27		C D
413,00	4,95	20	0,27		C D
255,00	4,80	20	0,27		C D
499,00	4,25	20	0,27		C D E
323,00	4,05	20	0,27		D E
387,00	3,20	20	0,27		E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.3 Color

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Color	200	0,06	0,01	19,91	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,28	9	1,36	1,29	0,2433
Muestra	12,28	9	1,36	1,29	0,2433
Error	200,60	190	1,06		
Total	212,88	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05414					
Error: 1,0558 gl: 190					
Muestra	Medias	n	E.E.		
255,00	5,50	20	0,23	A	
299,00	5,45	20	0,23	A	
133,00	5,40	20	0,23	A	
499,00	5,30	20	0,23	A	
413,00	5,30	20	0,23	A	
387,00	5,10	20	0,23	A	
262,00	5,00	20	0,23	A	
398,00	4,85	20	0,23	A	
323,00	4,85	20	0,23	A	
268,00	4,85	20	0,23	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.4 Integridad del grano

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Integridad del grano	200	0,53	0,51	22,95	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	277,82	9	30,87	23,64	<0,0001
Muestra	277,82	9	30,87	23,64	<0,0001
Error	248,10	190	1,31		
Total	525,92	199			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17232					
Error: 1,3058 gl: 190					
Muestra	Medias	n	E.E.		
133,00	6,50	20	0,26	A	
255,00	6,30	20	0,26	A	
299,00	6,00	20	0,26	A	B
499,00	5,90	20	0,26	A	B C
262,00	5,00	20	0,26	B	C D
323,00	4,90	20	0,26	B	C D
387,00	4,75	20	0,26		C D
413,00	4,35	20	0,26		D E
398,00	3,20	20	0,26		E F
268,00	2,90	20	0,26		F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.5 Olor

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	200	0,04	0,00	22,82

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,63	9	1,18	0,97	0,4628
Muestra	10,62	9	1,18	0,97	0,4628
Error	230,25	190	1,21		
Total	240,88	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,12936				
Error: 1,2118 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
262,00	5,30	20	0,25	A
387,00	5,10	20	0,25	A
413,00	4,90	20	0,25	A
499,00	4,90	20	0,25	A
255,00	4,80	20	0,25	A
398,00	4,80	20	0,25	A
268,00	4,75	20	0,25	A
133,00	4,65	20	0,25	A
299,00	4,55	20	0,25	A
323,00	4,50	20	0,25	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.6 Sabor

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	200	0,04	0,00	19,45

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,20	9	1,13	0,97	0,4637
Muestra	10,20	9	1,13	0,97	0,4637
Error	221,30	190	1,16		
Total	231,50	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,10719				
Error: 1,1647 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
413,00	5,85	20	0,24	A
268,00	5,75	20	0,24	A
299,00	5,70	20	0,24	A
499,00	5,70	20	0,24	A
387,00	5,65	20	0,24	A
398,00	5,65	20	0,24	A
133,00	5,45	20	0,24	A
262,00	5,40	20	0,24	A
323,00	5,20	20	0,24	A
255,00	5,15	20	0,24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

2.7 Textura

Análisis de la varianza				
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	200	0,53	0,51	22,95

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	277,82	9	30,87	23,64	<0,0001
Muestra	277,82	9	30,87	23,64	<0,0001
Error	248,10	190	1,31		
Total	525,92	199			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,17232				
Error: 1,3058 gl: 190				
Muestra	Medias	n	E.E.	
133,00	6,50	20	0,26	A
255,00	6,30	20	0,26	A
299,00	6,00	20	0,26	A B
499,00	5,90	20	0,26	A B C
262,00	5,00	20	0,26	B C D
323,00	4,90	20	0,26	B C D
387,00	4,75	20	0,26	C D
413,00	4,35	20	0,26	D E
398,00	3,20	20	0,26	E F
268,00	2,90	20	0,26	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3. Canarios

3.1 Apariencia

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Apariencia	80	0,12	0,09	22,52	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	16,45	3	5,48	3,61	0,0171
Muestra	16,45	3	5,48	3,61	0,0171
Error	115,50	76	1,52		
Total	131,95	79			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,02627			
Error: 1,5197 gl: 76			
Muestra	Medias	n	E.E.
427,00	5,95	20	0,28 A
371,00	5,90	20	0,28 A
409,00	5,10	20	0,28 A
346,00	4,95	20	0,28 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.2 Apariencia líquido de gobierno

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Ap. Líquido de Gobierno	80	0,34	0,32	29,19	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	76,94	3	25,65	13,13	<0,0001
Muestra	76,94	3	25,65	13,13	<0,0001
Error	148,45	76	1,95		
Total	225,39	79			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,16349			
Error: 1,9533 gl: 76			
Muestra	Medias	n	E.E.
409,00	5,80	20	0,31 A
346,00	5,45	20	0,31 A
371,00	4,65	20	0,31 A
427,00	3,25	20	0,31 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.3 Color

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Color	80	0,09	0,05	24,71	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10,45	3	3,48	2,40	0,0744
Muestra	10,45	3	3,48	2,40	0,0744
Error	110,30	76	1,45		
Total	120,75	79			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,00290			
Error: 1,4513 gl: 76			
Muestra	Medias	n	E.E.
409,00	5,45	20	0,27 A
427,00	4,80	20	0,27 A
371,00	4,80	20	0,27 A
346,00	4,45	20	0,27 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

3.4 Integridad del grano

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Integridad del grano	80	0,28	0,25	25,29

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,94	3	13,31	9,68	<0,0001
Muestra	39,94	3	13,31	9,68	<0,0001
Error	104,55	76	1,38		
Total	144,49	79			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,97641

Error: 1,3757 gl: 76

Muestra Medias n E.E.

427,00	5,80	20	0,26	A
371,00	4,60	20	0,26	B
346,00	4,15	20	0,26	B
409,00	4,00	20	0,26	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.5 Olor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Olor	80	0,26	0,23	24,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	37,35	3	12,45	8,74	<0,0001
Muestra	37,35	3	12,45	8,74	<0,0001
Error	108,20	76	1,42		
Total	145,55	79			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,99331

Error: 1,4237 gl: 76

Muestra Medias n E.E.

346,00	6,05	20	0,27	A
371,00	4,85	20	0,27	B
409,00	4,55	20	0,27	B
427,00	4,25	20	0,27	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.6 Sabor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	80	0,05	0,02	25,12

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	6,85	3	2,28	1,43	0,2398
Muestra	6,85	3	2,28	1,43	0,2398
Error	121,10	76	1,59		
Total	127,95	79			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05086

Error: 1,5934 gl: 76

Muestra Medias n E.E.

346,00	5,40	20	0,28	A
409,00	5,20	20	0,28	A
371,00	4,85	20	0,28	A
427,00	4,65	20	0,28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

3.7 Textura

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Textura	80	0,28	0,25	25,29	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,94	3	13,31	9,68	<0,0001
Muestra	39,94	3	13,31	9,68	<0,0001
Error	104,55	76	1,38		
Total	144,49	79			

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,97641			
Error: 1,3757 gl: 76			
Muestra	Medias	n	E.E.
427,00	5,80	20	0,26 A
371,00	4,60	20	0,26 B
346,00	4,15	20	0,26 B
409,00	4,00	20	0,26 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

ANEXO XV

ANÁLISIS DE LA VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL PRIMER ANÁLISIS SENSORIAL

1 Apariencia

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Apariencia	60	0,13	0,10	25,18		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	13,73	2	6,87	4,11	0,0215	
Muestra	13,73	2	6,87	4,11	0,0215	
Error	95,20	57	1,67			
Total	108,93	59				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,98397						
Error: 1,6702 gl: 57						
Muestra	Medias	n	E.E.			
S16,00	5,80	20	0,29	A		
S42,00	4,90	20	0,29	A	B	
S20,00	4,70	20	0,29	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)						

2 Apariencia líquido de gobierno

Análisis de la varianza						
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV		
Ap. Líquido de Gobierno	60	0,15	0,12	34,59		
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)						
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Modelo	18,90	2	9,45	4,94	0,0105	
Muestra	18,90	2	9,45	4,94	0,0105	
Error	109,10	57	1,91			
Total	128,00	59				
Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=1,05336						
Error: 1,9140 gl: 57						
Muestra	Medias	n	E.E.			
1,00	4,75	20	0,31	A		
3,00	3,85	20	0,31	A	B	
2,00	3,40	20	0,31	B		
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)						

3 Color

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Color	60	0,14	0,11	21,57	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12,13	2	6,07	4,76	0,0122
Muestra	12,13	2	6,07	4,76	0,0122
Error	72,60	57	1,27		
Total	84,73	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85928
 Error: 1,2737 gl: 57

Muestra	Medias	n	E.E.	
3,00	5,80	20	0,25	A
1,00	5,20	20	0,25	A B
2,00	4,70	20	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

4 Integridad del grano

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Integridad del grano	60	0,36	0,34	19,21	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	39,43	2	19,72	16,35	<0,0001
Muestra	39,43	2	19,72	16,35	<0,0001
Error	68,75	57	1,21		
Total	108,18	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,83618
 Error: 1,2061 gl: 57

Muestra	Medias	n	E.E.	
3,00	6,50	20	0,25	A
2,00	6,05	20	0,25	A
1,00	4,60	20	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

5 Olor

Análisis de la varianza					
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV	
Olor	60	0,14	0,11	22,89	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,70	2	5,85	4,65	0,0135
Muestra	11,70	2	5,85	4,65	0,0135
Error	71,70	57	1,26		
Total	83,40	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,85393
 Error: 1,2579 gl: 57

Muestra	Medias	n	E.E.	
542,00	5,35	20	0,25	A
516,00	5,05	20	0,25	A B
520,00	4,30	20	0,25	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0,05)

6 Sabor

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Sabor	60	0,24	0,21	19,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	20,23	2	10,12	9,05	0,0004
Muestra	20,23	2	10,12	9,05	0,0004
Error	63,70	57	1,12		
Total	83,93	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,80489

Error: 1,1175 gl: 57

Muestra	Medias	n	E.E.
542,00	5,85	20	0,24 A
516,00	5,70	20	0,24 A
520,00	4,55	20	0,24 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

7 Textura

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Textura	60	0,23	0,20	24,40

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17,20	2	8,60	8,39	0,0006
Muestra	17,20	2	8,60	8,39	0,0006
Error	58,45	57	1,03		
Total	75,65	59			

Test:Tukey Alfa=0,05 DMS=0,77100

Error: 1,0254 gl: 57

Muestra	Medias	n	E.E.
542,00	4,75	20	0,23 A
516,00	4,25	20	0,23 A
520,00	3,45	20	0,23 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)

ANEXO XVI**GENOTIPOS Y EQUIPOS EMPLEADOS****BRB 194****BRB 195****DRK 105****ICA Quimbaya****INIAP402****Cóndor****G21-212****INIAP 482**

L88-63



NSL



Rocha



Chota



Paquímetro digital



Colorímetro espectrocolor Junior Penetromer



Molino de Café**Espectrofotómetro****Balanza analítica****Baño maría y placa agitadora****Polarímetro****Autoclave**



Medidor de la temperatura del autoclave y termocupla



Evacuador



Marmita



Selladora Manual



Cámara

