

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA**  
**MENCIÓN: BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS**



**Proceso de fermentación del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L), utilizando tres prototipos de fermentadores, en La Convención, Cusco.**

**Tesis**

**Para Optar el Grado Académico de**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA**  
**MENCIÓN: BIODIVERSIDAD Y RECURSOS GENÉTICOS**

**AUREA ALEGRIA GUEVARA**

**TINGO MARÍA – PERÚ**

**Año: 2019**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**DIRECCIÓN**



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**Nro. 008-2019-EPG-UNAS**

En la ciudad universitaria, siendo las 10:00 am, del día viernes 03 de mayo del 2019, reunidos en la Sala de Sesiones de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

**“PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CACAO CHUNCHO (*Theobroma cacao* L.)  
UTILIZANDO TRES PROTOTIPOS DE FERMENTADORES EN LA CONVENCIÓN,  
CUSCO”**

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en AGROECOLOGIA, mención Biodiversidad y Recursos Genéticos, de Aurea Alegría Guevara.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 11:45 am. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....  
Dr. JOSÉ W. ZAVALA SOLORZANO  
Presidente del Jurado

.....  
M. Sc. JORGE E. CASTRO GRACEY  
Miembro del Jurado

.....  
M.Sc. JORGE ADRIAZOLA DEL ÁGUILA  
Miembro del Jurado

.....  
Dr. CARLOS E. ARÉVALO ARÉVALO  
Asesor

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación dedico en primer lugar a Dios, por darme el conocimiento y fuerza para poder culminar este trabajo y en Segundo lugar a todos aquellos agricultores que cultivan el cacao Chuncho, que sin estos productores no podría haber adquirido la materia prima, ya que ellos por muchas décadas han conservado esta planta con bastante esmero y esfuerzo.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a todas aquellas personas que, de una forma directa e indirecta, han colaborado para el desarrollo de este trabajo de investigación, entre ellos asesor, jurados, familiares, amigos y otros.

## ÍNDICE TEMÁTICO

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
2.1.	DISEÑO DEL ESTUDIO.....	4
2.2.	ZONA DE ESTUDIO DEL EXPERIMENTO. ....	4
2.3.	MATERIA PRIMA.....	6
2.4.	MATERIALES, EQUIPOS DE LABORATORIO Y HERRAMIENTAS. ....	6
2.5.	METODOLOGÍA.....	7
2.5.1.	METODOLOGÍA DEL MANEJO DE POSCOSECHA. ....	7
2.5.2.	METODOLOGÍA EN CAMPO. ....	9
2.5.3.	METODOLOGÍA EN LABORATORIO.....	9
2.5.4.	METODOLOGÍA DEL COSTO DE LA FERMENTACIÓN .....	10
2.5.5.	FLUJO EXPERIMENTAL DEL ESTUDIO. ....	11
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	16
3.1.	ANTECEDENTES.....	16
3.2.	GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL CACAO. ....	19
3.2.1.	ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	19
3.2.2.	POSICIÓN SISTEMÁTICA. ....	20
3.2.3.	PRODUCCIÓN DEL CACAO EN EL PERÚ. ....	20
3.2.4.	CULTIVAR EN ESTUDIO. ....	21
3.2.5.	COSECHA DEL CACAO. ....	24
3.2.6.	BENEFICIO DEL CACAO. ....	25
3.3.	FERMENTACIÓN AERÓBICA.....	32
3.3.1.	TIPOS DE FERMENTADORES.....	32
3.4.	SECADO. ....	34
3.5.	CONSIDERACIONES DEL ÍNDICE DE MADUREZ EN FRUTAS. ....	35
3.5.1.	CRITERIOS NO EVOLUTIVOS.....	36
3.5.2.	CRITERIOS EVOLUTIVOS. ....	36
3.6.	ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO.....	37
3.6.1.	FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO. ....	37
3.6.2.	COMPARACIÓN ENTRE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO Y FERMENTACIÓN SUMERGIDA. ....	39
3.6.3.	DESVENTAJAS DE LA FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO.....	40

3.6.4. FACTORES QUE SE DEBEN CONTROLAR EN UNA FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO.....	41
3.7. ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.....	41
3.8. CONTROL DE CALIDAD. ....	46
3.9. EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS. ....	47
IV. RESULTADOS.....	60
4.1. RESULTADOS DEL MANEJO POSCOSECHA. ....	60
4.1.1. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE LOS FRUTOS (SÓLIDOS SOLUBLES °BX).....	60
4.1.2. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LAS MAZORCAS.....	60
4.1.3. RESULTADO DEL NÚMERO DE SEMILLAS EN LAS MAZORCAS MUESTREADAS.....	66
4.1.4. RESULTADOS DEL ALMACENAMIENTO EN LA POSCOSECHA.....	74
4.2. RESULTADOS DE LOS MODELOS FÍSICO DE LOS PROTOTIPOS USADOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN. ....	82
4.2.1. PROTOTIPO CLÁSICO DE MADERA CUADRADA.....	82
4.2.2. PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO. ....	83
4.2.3. PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETA DE MADERA TIPO ROHAN.....	84
4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	85
4.3.1. RESULTADOS DEL CONTROL EN PROCESO DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA TEMPERATURA Y EL PORCENTAJE DE FERMENTACIÓN.....	85
4.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA ACIDEZ IÓNICA (PH) CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	111
4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE GRASA CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	115
4.6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE EXPRESADO EN ÁCIDO OLEICO, EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	120
4.7. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	124
4.8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.....	129

<b>4.8.1. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETA DE MADERA TIPO ROHAN (F3).</b>	<b>136</b>
<b>4.8.2. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA HIPÓTESIS, PARA EL ANÁLISIS DISCRIMINATIVO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETAS DE MADERA DEL TIPO ROHAN (F3).</b>	<b>139</b>
<b>4.8.3. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA HIPÓTESIS PARA EL ANÁLISIS DISCRIMINATIVO DE PREFERENCIA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETAS DE MADERA DEL TIPO ROHAN (F3).</b>	<b>140</b>
<b>4.8.4. OPTIMIZACIÓN DE LOS VALORES SENSORIALES DEL TRATAMIENTO DEL PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2) MEDIANTE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA</b>	<b>146</b>
<b>4.9. RESULTADO DEL COSTO DE LOS PROTOTIPOS DE LOS FERMENTADORES</b>	<b>153</b>
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>155</b>
<b>5.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LAS MAZORCAS.</b>	<b>155</b>
<b>5.2. DISCUSIÓN DEL RESULTADO DEL NÚMERO DE SEMILLAS Y PESO EN LAS MAZORCAS MUESTREADAS</b>	<b>156</b>
<b>5.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE ALMACENAMIENTO EN LA POSCOSECHA.</b>	<b>157</b>
<b>5.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS</b>	<b>157</b>
<b>5.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA ACIDEZ IÓNICA (PH) CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.</b>	<b>159</b>
<b>5.6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS</b>	<b>160</b>
<b>5.7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CONTENIDO DE GRASA Y ÁCIDO OLEICO EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.</b>	<b>160</b>
<b>5.8. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.</b>	<b>161</b>

<b>5.9. DISCUSIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS VALORES SENSORIALES DEL TRATAMIENTO DEL PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2) MEDIANTE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA .....</b>	<b>162</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>163</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>165</b>
<b>VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>166</b>
<b>IX. ANEXOS.....</b>	<b>173</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Características principales de la colección de cacao Chuncho en La Convención-Cusco.....	23
<b>Tabla 2:</b> Composición del grano fresco.....	24
<b>Tabla 3:</b> Algunos aspectos de los granos de cacao en el proceso de fermentación. ..	29
<b>Tabla 4:</b> Diferencia entre los granos fermentados y no fermentados.....	30
<b>Tabla 5:</b> Efecto de la fermentación y el secado en el sabor del cacao.....	47
<b>Tabla 6:</b> Grados Brix del exudado de cacao.....	60
<b>Tabla 7:</b> Medidas biométricas de las mazorcas.....	61
<b>Tabla 8:</b> Tabla de frecuencias para el peso (kg).....	62
<b>Tabla 9:</b> Tabla de frecuencias para largo de mazorcas (cm).....	63
<b>Tabla 10:</b> Tabla de frecuencias para ancho de mazorcas (cm).....	65
<b>Tabla 11:</b> Número de semillas por cada mazorca muestreada.....	67
<b>Tabla 12:</b> Tabla de frecuencias para número de semillas (unidades).....	68
<b>Tabla 13:</b> Tabla de frecuencias para peso de las semillas (kg).....	70
<b>Tabla 14:</b> Resumen estadístico de comparación del número de semillas con su peso en las mazorcas muestreadas.....	72
<b>Tabla 15:</b> Condiciones psicométricas del área de almacenamiento por 24 horas de las mazorcas a almacenar.....	75
<b>Tabla 16:</b> Resumen estadístico de la comparación de humedad relativa y la temperatura con respecto a la humedad relativa.....	76
<b>Tabla 17:</b> Tabla de frecuencias para tiempo (horas del día) para temperatura (°C).....	78
<b>Tabla 18:</b> Tabla de frecuencias para humedad relativa (%). ..	80
<b>Tabla 19:</b> Control del proceso de fermentación con respecto a la temperatura y al porcentaje de fermentación.....	87
<b>Tabla 20:</b> Resultados de la temperatura, el porcentaje de fermentación y tiempo en el prototipo de madera cuadrado (F1).....	88
<b>Tabla 21:</b> Resumen estadístico: Comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación.....	89
<b>Tabla 22:</b> Tabla ANOVA de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación.....	89
<b>Tabla 23:</b> Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0%.....	90
<b>Tabla 24:</b> Verificación de varianza.....	90
<b>Tabla 25:</b> Pruebas de Rango Múltiple.....	91
<b>Tabla 26:</b> Prueba de Kruskal-Wallis.....	92
<b>Tabla 27:</b> Resultado de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).....	94
<b>Tabla 28:</b> Resumen estadístico de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de Fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico grado alimentario (F2).....	95
<b>Tabla 29:</b> Tabla ANOVA de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).....	95

<b>Tabla 30:</b> Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0%.....	96
<b>Tabla 31:</b> Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD.....	97
<b>Tabla 32:</b> Verificación de varianza del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). .....	98
<b>Tabla 33:</b> Prueba de Kruskal-Wallis del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). .....	98
<b>Tabla 34:</b> Resultado de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3). .....	100
<b>Tabla 35:</b> Resumen estadístico de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3). .....	101
<b>Tabla 36:</b> Tabla ANOVA de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera de tipo ROHAN (F3). .....	101
<b>Tabla 37:</b> Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera tipo ROHAN (F3). .....	102
<b>Tabla 38:</b> Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). .....	103
<b>Tabla 39:</b> Verificación de varianza de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). .....	104
<b>Tabla 40:</b> Prueba de Kruskal-Wallis de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). .....	104
<b>Tabla 41:</b> Resumen estadístico evaluación del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3. ....	107
<b>Tabla 42:</b> Tabla ANOVA de la evaluación del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3. ....	107
<b>Tabla 43:</b> Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3. ....	108
<b>Tabla 44:</b> Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3. ....	109
<b>Tabla 45:</b> Verificación de varianza del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3. ....	109
<b>Tabla 46:</b> Comportamiento de la acidez iónica en los tratamientos de los prototipos. ....	111
<b>Tabla 47:</b> Comportamiento de la acidez iónica en prototipo clásico de madera cuadrado (F1). ....	111
<b>Tabla 48:</b> Comportamiento de la acidez iónica en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). ....	112
<b>Tabla 49:</b> Comportamiento de la acidez iónica en el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). ....	112
<b>Tabla 50:</b> Resumen estadístico de acidez iónica con respecto a pH (F2). ....	113
<b>Tabla 51:</b> Fuente Suma de Cuadrados, GI, Cuadrado Medio, Razón – y Valor-P ....	113
<b>Tabla 52:</b> Reporte de la evaluación de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de grasa con los diferentes prototipos y tratamientos planteados. ....	115
<b>Tabla 53:</b> Resultado del contenido de grasa del prototipo F1. ....	115
<b>Tabla 54:</b> Resultado del contenido de grasa del prototipo F2. ....	116
<b>Tabla 55:</b> Resultado del contenido de grasa del prototipo F3. ....	116

<b>Tabla 56:</b> Resumen estadístico evaluación mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3. ....	117
<b>Tabla 57:</b> Tabla ANOVA mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3. ....	118
<b>Tabla 58:</b> Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3. ...	118
<b>Tabla 59:</b> Contenido de acidez titulable expresado en ácido oleico de los prototipos F1, F2 y F3; después de 96 horas. ....	120
<b>Tabla 60:</b> Resultado del contenido de ácido Oleico del F1. ....	120
<b>Tabla 61:</b> Resultado del contenido de ácido Oleico del F2. ....	121
<b>Tabla 62:</b> Resultado del contenido de ácido Oleico del F3. ....	121
<b>Tabla 63:</b> Resumen estadístico la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3. ....	122
<b>Tabla 64:</b> Tabla ANOVA la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3. ....	122
<b>Tabla 65:</b> Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95.0% la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3. ....	123
<b>Tabla 66:</b> Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en los diferentes prototipos F1, F2 y F3. ....	125
<b>Tabla 67:</b> Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F1. ....	125
<b>Tabla 68:</b> Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F2. ....	126
<b>Tabla 69:</b> Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F3. ....	126
<b>Tabla 70:</b> Resumen estadístico de la comparación de las medias del contenido del porcentaje de humedad de los prototipos F1, F2 y F3. ....	127
<b>Tabla 71:</b> Tabla ANOVA de la comparación de las medias del contenido del porcentaje de humedad de los prototipos F1, F2 y F3. ....	128
<b>Tabla 72:</b> Resultado de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F1. ....	130
<b>Tabla 73:</b> Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F1. ....	131
<b>Tabla 74:</b> Resultados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F2. ....	132
<b>Tabla 75:</b> Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F2. ....	133
<b>Tabla 76:</b> Resultados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F3. ....	134
<b>Tabla 77:</b> Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F3. ....	135
<b>Tabla 78:</b> Valores de evaluación sensorial total de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia. ....	141
<b>Tabla 79:</b> Resumen estadístico de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3. ....	142
<b>Tabla 80:</b> Pruebas de Rango Múltiple de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3. ....	143

<b>Tabla 81:</b> Prueba de Kruskal-Wallis de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3. ....	143
<b>Tabla 82:</b> Prueba de la mediana de Mood de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3. ....	144
<b>Tabla 83:</b> Superficie de respuesta para la optimización de los atributos sensoriales del prototipo F2. ....	147
<b>Tabla 84:</b> Atributos de la superficie de respuesta de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta. ....	148
<b>Tabla 85:</b> Efectos estimados para optimización sensorial de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta. ....	149
<b>Tabla 86:</b> Coeficiente de regresión para optimización sensorial de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta.....	150
<b>Tabla 87:</b> Optimización de los valores de la superficie de respuesta de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). ....	151
<b>Tabla 88:</b> Costo del prototipo clásico de madera cuadrada (F1). ....	154
<b>Tabla 89:</b> Costo del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). ....	154
<b>Tabla 90:</b> Costo del prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). ..	154

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Zona de estudio del experimento. Fuente: INIA (2009).....	5
<b>Ilustración 2:</b> Mazorca de cacao en el quiebre y despulpado .....	8
<b>Ilustración 3:</b> Flujo experimental del estudio. ....	15
<b>Ilustración 4:</b> Mazorcas variedades del cacao Chunchu (Echarate-Cusco).....	22
<b>Ilustración 5:</b> Respiración celular y fermentación. Fuente: MESAS Y ALEGRE (1999) .....	43
<b>Ilustración 6:</b> Respiración y fermentación en la recuperación de NAD+. Fuente: MESAS Y ALEGRE (1999) .....	43
<b>Ilustración 7:</b> Diferentes rutas de fermentación. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS....	44
<b>Ilustración 8:</b> Ruta de la Glucólisis en su fase preparatoria. Fuente POTTER Y HOTCHKISS (1999).....	44
<b>Ilustración 9:</b> Obtención del Piruvato. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS (1999) .....	45
<b>Ilustración 10:</b> Destinos del Piruvato producido en la glucólisis. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS (1999).....	45
<b>Ilustración 11:</b> Papilas y gusto en la evaluación sensorial. Fuente: ESPINOSA, (2007).....	50
<b>Ilustración 12:</b> Evaluación sensorial pruebas analíticas. Fuente: PEDRERO Y PANGBORN, (2007).....	55
<b>Ilustración 13:</b> Evaluación sensorial pruebas afectivas. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007).....	56
<b>Ilustración 14:</b> Ficha de una prueba de escala ordinal. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007).....	57
<b>Ilustración 15:</b> La escala de tipo unipolar. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007). .....	59
<b>Ilustración 16:</b> Histograma de la biometría del peso. ....	62
<b>Ilustración 17:</b> Distribución de la probabilidad de la biometría del peso.....	63
<b>Ilustración 18:</b> Histograma de la biometría del largo de las mazorcas.....	64
<b>Ilustración 19:</b> Distribución de la probabilidad de la biometría del largo de las mazorcas. ....	64
<b>Ilustración 20:</b> Histograma de la biometría del ancho de las mazorcas.....	65
<b>Ilustración 21:</b> Distribución de la probabilidad de la biometría del ancho. ....	66
<b>Ilustración 22:</b> Histograma del contenido de semillas en las mazorcas muestreadas. .....	68
<b>Ilustración 23:</b> Distribución de la probabilidad normal del contenido de semillas en las mazorcas muestreadas. ....	69
<b>Ilustración 24:</b> Histograma del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas. .	70
<b>Ilustración 25:</b> Distribución de la probabilidad normal del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas. ....	71
<b>Ilustración 26:</b> Prueba de T de correspondencia entre el número de pepas y el peso en las mazorcas muestreadas.....	73
<b>Ilustración 27:</b> Gráfica de caja y bigotes de la correspondencia entre el número de semillas y peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.....	74

<b>Ilustración 28:</b> Comportamiento de la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento. ....	77
<b>Ilustración 29:</b> Caja y bigotes del comportamiento de la humedad relativa con respecto a la temperatura. ....	77
<b>Ilustración 30:</b> Histograma del comportamiento de la temperatura con respecto a las horas de almacenamiento. ....	79
<b>Ilustración 31:</b> Distribución normal del comportamiento de la temperatura de almacenamiento en un día. ....	79
<b>Ilustración 32:</b> Histograma del comportamiento de la humedad relativa con respecto a las horas de almacenamiento. ....	81
<b>Ilustración 33:</b> Distribución normal del comportamiento de la humedad relativa de almacenamiento de un día. ....	81
<b>Ilustración 34:</b> Valores psicométricos de las condiciones de almacenamiento. ....	82
<b>Ilustración 35:</b> Fermentador F1 prototipo clásico de madera cuadrada. ....	83
<b>Ilustración 36:</b> Fermentador F2 prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario. ....	83
<b>Ilustración 37:</b> Fermentador F3 prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN. ....	85
<b>Ilustración 38:</b> Anova del gráfico de % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada. ....	92
<b>Ilustración 39:</b> Medias y Fisher LSD del % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1). ....	93
<b>Ilustración 40:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1). ....	93
<b>Ilustración 41:</b> Medias de Fisher LSD de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de grado alimentario (F2). ....	99
<b>Ilustración 42:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2). ....	99
<b>Ilustración 43:</b> Medias de Fisher LSD de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). ....	105
<b>Ilustración 44:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación de tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de Gavetas de madera del tipo ROHAN (F3). ....	105
<b>Ilustración 45:</b> Medias de Fisher LSD de la comparación del % de fermentación con respecto a los modelos F1, F2 y F3. ....	110
<b>Ilustración 46:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación del % de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2 y F3. ....	110
<b>Ilustración 47:</b> Comportamiento de la acidez iónica en los prototipos de fermentación F1, F2 y F3. ....	114
<b>Ilustración 48:</b> Gráfico de caja y bigotes del comportamiento de la acidez iónica en los prototipos F1, F2 y F3. ....	114
<b>Ilustración 49:</b> Comparación de las medias del % de grasa de los prototipos F1, F2 y F3. ....	119
<b>Ilustración 50:</b> Gráfico de caja y bigotes del % de grasa de los prototipos F1, F2 y F3. ....	119

<b>Ilustración 51:</b> Comparación de las medias del contenido de ácido oleico de los prototipos F1, F2 y F3.....	124
<b>Ilustración 52:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.....	124
<b>Ilustración 53:</b> Gráfico de la comparación de las medias del contenido de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.....	128
<b>Ilustración 54:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación de las medias de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.....	129
<b>Ilustración 55:</b> Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F1. ....	136
<b>Ilustración 56:</b> Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F2. ....	137
<b>Ilustración 57:</b> Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F3. ....	138
<b>Ilustración 58:</b> Gráfico radial de la evaluación afectiva del sabor-aroma de los prototipos F1, F2 y F3.....	139
<b>Ilustración 59:</b> Gráfico de la comparación de la media evaluación sensorial total de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia.....	145
<b>Ilustración 60:</b> Gráfico de caja y bigotes de la comparación de media evaluación sensorial de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia. ....	145
<b>Ilustración 61:</b> Gráfica de la interacción para la optimización sensorial del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario.....	152
<b>Ilustración 62:</b> Superficie de respuesta estimada para la optimización sensorial del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario. ....	153

## RESUMEN

Hoy las investigaciones en los procesos agroindustriales se destacan por que tratan de optimizar los procesos para su aplicación industrial, artesanal y gastronómico y el cacao chuncho (*Theobroma cacao* L) no escapa de estas tendencias.

La investigación presenta la evaluación de los prototipos, clásico de madera cuadrada (F1), prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2) y prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3); en su tiempo de fermentación y sus características fisicoquímicas, así como la evaluación sensorial de sus productos.

Las evaluaciones de estos prototipos permitieron tener las conclusiones siguientes:

- ❖ El tiempo de fermentación del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), es en promedio 96 horas por cada prototipo, destacándose un mayor porcentaje de fermentación, en el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.
- ❖ La evaluación en los procesos de fermentación del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), tienen influencia en los parámetros fisicoquímicos, indicando que el mejor comportamiento es el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.
- ❖ En la diferenciación de los parámetros físicos: Temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción y fisicoquímicos: Humedad, acidez, pH, y grasa, del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario, muestra los mejores valores por facilitar la fermentación en estado sólido, que muestran los prototipos evaluados.

- ❖ En la evaluación sensorial de los atributos de aroma, sabor, color, astringencia, amargor y la acidez, del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), fermentado, seco y molido, presenta los mejores atributos establecidos por el panel seleccionado, en el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.
  
- ❖ La optimización mediante la superficie de respuesta en los atributos de aroma, sabor, color, astringencia, amargor y la acidez muestran una optimización del 94.858 %.
  
- ❖ En la evaluación de los costos de los prototipos para el proceso de fermentación, se destaca el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario, con un valor de 255 soles por tres unidades, para su puesta en marcha con una carga de 30 Kilogramos y por su mayor tiempo de depreciación.

Palabras claves: Prototipo, Fermentación sólida, Atributos, Sensorial, Depreciación.

## ABSTRACT

Today, research of the agro industrial processes stands out for its intent to optimize the processes for the industrial, artisan and gastronomic application and Chuncho cacao (*Theobroma cacao* L) does not escape those tendencies.

The research presents an evaluation of the classic prototypes of a square wood (F1), a food grade plastic cylinder prototype (F2) and a ROHAN type classic prototype of a wooden drawer (F3); in the fermentation time and the physicochemical characteristics, as well as a sensory evaluation of the products.

The evaluations of these prototypes allowed for the following conclusions:

- ❖ The fermentation time for the Chuncho cacao (*Theobroma cacao* L.), is an average of ninety six hours for each prototype, with the food grade plastic cylinder prototype standing out with the greatest percentage of fermentation.
- ❖ The evaluation of the fermentation processes of the Chuncho cacao bean (*Theobroma cacao* L.), they have influence on the physicochemical parameters, indicating that the best behavior is that of the food grade plastic cylinder prototype.
- ❖ In the differentiation of the physical parameters: temperature, fermentation percentage and removal frequency and the physicochemical: humidity, acidity, pH and fat, for the Chuncho cacao bean (*Theobroma cacao* L.), the food grade plastic cylinder prototype shows the best values in facilitating the fermentation at a solid state, which are shown by the prototypes evaluated.
- ❖ In the sensory evaluation, for the attributes of aroma, flavor, color, astringency, bitterness and acidity, the Chuncho cacao bean (*Theobroma cacao* L.), fermented, dry and ground, presents the best attributes, established by the selected panel, in the food grade plastic cylinder

prototype.

- ❖ Optimization, through the surface response, for the attributes of aroma, flavor, color, astringency, bitterness and acidity, show an optimization of 94.858 %.
- ❖ For the evaluation of the cost of the prototypes for the fermentation process, the food grade plastic cylinder prototype stands out with a value of 255 soles for three units, to start it up, with a weight of thirty kilograms and for its longer time of depreciation.

Keywords: Prototype, Solid fermentation, Attributes, Sensory, Depreciation

**TÍTULO: Proceso de fermentación del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L), utilizando tres prototipos de fermentadores, en La Convención, Cusco.**

## I. INTRODUCCIÓN

Las investigaciones en los procesos de transformación del cacao (*Theobroma cacao* L) son múltiples y todas tienen la finalidad de mejorar el proceso de fermentación del cacao en sus atributos sensoriales, para facilitar los procesos de transformación dentro de los sistemas de producción industrial, artesanal e incluso gastronómico.

Una de las formas de realizar las optimizaciones de los sistemas de fermentación, es el uso de prototipos de fermentadores horizontal y rotatorio, a través de los índices de fermentación, sobre las características fisicoquímicas de los productos después de la fermentación y con un respaldo en la evaluación sensorial.

Estas consideraciones ahora se entornan con los prototipos clásicos de maderas, pero incluyendo un prototipo de plástico tipo cilindro de grado alimentario, con una consideración de evaluación que no se reporta, como es la fermentación en estado sólido, que se maneja mejor en este tipo de prototipo ya que impide el ingreso de aire en el periodo de fermentación.

Estas consideraciones permiten establecer los objetivos siguientes:

a. Objetivo general:

Evaluar el proceso de fermentación de la semilla de cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), utilizando los métodos de fermentación en sistemas de cajón cuadrado de madera, en gavetas de madera tipo ROHAN y en bidones de plástico de grado alimentario, en La Convención, departamento del Cusco.

b. Objetivos específicos:

- Determinar el tiempo de fermentación de las semillas del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), por cada uno de los prototipos de fermentación.
- Diferenciar los parámetros físicos: Temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción y fisicoquímicos: Humedad, acidez, pH, y grasa, de la semilla de cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), por cada uno de los métodos de fermentación en los prototipos evaluados.
- Evaluar la calidad sensorial en los atributos de aroma, sabor, color, astringencia, amargor y la acidez; en los granos de cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), fermentado, seco y molido, por cada uno de los métodos de fermentación en los prototipos evaluados.
- Determinar el costo de los prototipos de fermentación de las semillas de cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), por cada uno de los métodos de fermentación en su puesta en marcha.

La investigación consta de nueve capítulos, según se indica:

En el capítulo I se presenta la Introducción de la investigación con la mención de sus objetivos.

El capítulo II comprende los materiales, materia prima y métodos del estudio, sus variables y la Operacionalización de las mismas; tipo y nivel de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra de estudio, así como las técnicas e instrumentos de recolección de datos; además se presentan los métodos de análisis de datos usados en la investigación.

En el capítulo III, IV y V; el capítulo III presenta la revisión de literatura: Antecedentes, generalidades del cultivo de cacao, fermentación aeróbica, secado, consideraciones del índice de madurez en frutas, aspectos bioquímicos

de la fermentación del cacao, de la fermentación alcohólica, control de calidad y evaluación sensorial de alimentos. El capítulo IV presenta los resultados de la investigación en cuadros estadísticos e ilustraciones, obtenidas en forma empírica a fin de modificar la realidad y presentar la propuesta de la investigación; el capítulo V presenta la discusión, para luego finalizar con las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## **II. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **2.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.**

El trabajo de investigación desarrollado, fue del tipo experimental, que buscó optimizar el tiempo de fermentación y el tipo de fermentador, para mejorar la calidad física, fisicoquímica y sensorial de la semilla de cacao Chuncho.

Adicionalmente se determinó por catadores expertos, la calidad sensorial de los mismos granos, fermentados, secos y molidos, a diferentes prototipos de fermentadores.

### **2.2. ZONA DE ESTUDIO DEL EXPERIMENTO.**

El experimento se realizó en la región Cusco, provincia La Convención, distrito de Santa Ana, sector San Jacinto, parcela Buena vista.

Para realizar el tratamiento de poscosecha, referente a la fermentación, evaluación de características físicas del cacao Chuncho, se realizó en la finca del Sr. Roque Loayza Candia, sector de San Jacinto; cuyas coordenadas Latitud: -12.775, Longitud: -72.57; en las coordenadas UTM: 8585370 mN v 753268 mE; H: 950 m.



**Ilustración 1:** Zona de estudio del experimento. Fuente: INIA (2009).

Los análisis fisicoquímicos se llevaron a cabo en los laboratorios de CERPER (Lima), la Universidad Nacional Intercultural de Quillabamba

(UNIQ) Cusco y en la empresa Industrias Alimentarias de la Convención SAC (INDACO SAC), la Convención.

El análisis sensorial, se realizó en la ciudad de Lima, con jueces expertos de la APPCACA; mediante las pruebas sensoriales.

### 2.3. MATERIA PRIMA.

La materia prima motivo del estudio fue las semillas de cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.).

### 2.4. MATERIALES, EQUIPOS DE LABORATORIO Y HERRAMIENTAS.

Seguidamente se reporta los materiales de laboratorio y las herramientas usadas dentro de la investigación.

- a. **Fermentadores (Prototipos):** F1 (Cuadrada de madera), F2 (Cilíndrico de plástico de grado alimentario) y F3 (Gaveta de madera tipo ROHAN).
- b. **Equipos:** Estufa, balanza analítica, balanza de alto tonelaje, equipo Soxhlet, Guillotina, Bixómetro, potenciómetro, higrómetro, GPS y Molinillo.
- c. **Materiales de vidrio:** Buretas, pipetas, vasos de precipitación, probetas, luna de reloj, Erlenmeyer, termómetro, Fiolas, frasco gotero ámbar.
- d. **Reactivos:** Hidróxido de Sodio, Fenolftaleína, Solución buffer, éter de Petróleo, Alcohol Etílico, Agua destilada.
- e. **Cabinas de análisis sensorial.**
- f. **Programa estadístico:** Statgraphics.
- g. **Materiales de Escritorio:** Computadora, impresora, calculadora, papel Bonn, lapiceros, borrador, resaltador, corrector, lápiz, plumones, tableros, grampas, engrapadora, perforador.
- h. **Otros:** Mortero, cuchillo, machetes, tijera, papel filtro, envases de plástico, sacos de plásticos, sacos de yute, hojas de plátano.

## 2.5. METODOLOGÍA

### 2.5.1. METODOLOGÍA DEL MANEJO DE POSCOSECHA.

La secuencia de los procedimientos realizados para la poscosecha fueron las siguientes.

- **Cosecha de las mazorcas:** Se escogieron árboles diferenciados y representativos de la finca visitada, se realizó la extracción de las mazorcas y fueron colocados en montones en la misma finca.

- **Selección:** Se realizó la selección de las mazorcas maduras (Grados Brix), enfermas, pintonas y verdes; las mazorcas sobremaduras, pintonas y verdes se descartaron, ya que no tienen suficiente azúcar en la pulpa para fermentar satisfactoriamente. Las semillas sin fermentar afectan la calidad del grano, no presentan buen sabor y aroma a chocolate; relacionan la calidad del grano con la calificación que dan los países compradores y fabricantes de chocolate a los granos de cacao por su apariencia, grado de fermentación, humedad, materiales extraños, mohos, insectos, germinados y perfil sensorial.

- **Quiebre y despulpado:** El quiebre de las mazorcas se realizó el mismo día de la cosecha y fermentación; al abrir la mazorca golpeándola con un machete sin filo para evitar cortar las semillas, ya que una vez heridas las semillas son atacados por hongos o por insectos; para la extracción de las semillas se deslizó los dedos a lo largo de la vena central de la mazorca y se extrajo las semillas con la mano suavemente dejando pegada la vena central a la mazorca, como se muestra en la figura siguiente.

Una vez que se quebraron la mazorca, las semillas se sacaron con cuidado y se metieron las semillas de cacao en baba en un saco de plástico de primer uso, limpio y sin olores, para que la baba se mantenga limpia y se realice un buen fermento.



**Ilustración 2:** Mazorca de cacao en el quiebre y despulpado

- **Fermentación:** Se inicia desde el momento en que se abre la mazorca, por lo que se dejó pasar 10 horas para llevarlo al centro de fermentación, para los tratamientos indicados en el estudio.

- **Secado:** El secado fue la etapa del beneficio del cacao, en la que se eliminó el exceso de humedad de los granos por calentamiento solar, paulatinamente y se complementó la formación del aroma y sabor a chocolate, eliminando el ácido acético, el secado se realizó en forma gradual; al finalizar la fermentación de las semillas de cacao, queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%, que debe ser reducido hasta un valor aproximado de 7% a 7.5 % para evitar el desarrollo de mohos, que deterioran la calidad y además para facilitar el almacenamiento, transporte, manejo y comercialización del cacao.

Al término de la metodología poscosecha y finalizado la extracción de las semillas de cacao, se colocaron en cada prototipo de fermentador (F1, F2, F3), una cantidad de 30 Kilos, los cuales fueron abrigados con hojas de plátano y sacos de yute nuevo; después de cada día de fermentación se hizo cambio de los sacos; se realizó la fermentación en un almacén de espacio y parámetros controlados.

### **2.5.2. METODOLOGÍA EN CAMPO.**

Para la medición de la temperatura, se contó con termómetros de rango 0°C a 100°C, la cual se realizó diariamente en cada prototipo de fermentador, hasta conseguir la máxima temperatura, en tres puntos (Superior, centro e inferior) desde 48 horas, diariamente hasta las 96 horas.

Las muestras para el porcentaje de fermentación, se tomaron 100 granos de cada fermentador, se cortó las semillas de cacao con una guillotina (De 50 en 50 granos), se realizó la prueba de corte según la NTP – ISP 2291. A los cero días fue la primera muestra, así sucesivamente el día 01, 02, 03 y 04 en los tres prototipos y tres repeticiones.

La frecuencia de remoción del grano de cacao fue a partir de las 48 horas y se continuó cada 24 horas, hasta llegar a los días que indica el protocolo anterior; en cada uno de los fermentadores.

### **2.5.3. METODOLOGÍA EN LABORATORIO.**

- Para el muestreo de los granos de cacao se utilizó la norma NTP-ISO 2292.2006.
- Para la prueba de corte en los granos de cacao, fermentados y secos, se utilizó la norma NTP-ISP 2291.
- La determinación del contenido de humedad se realizó según la norma NTP-ISP. 2291. Grano de cacao. Por cada fermentador.
- El pH, determinación del potencial de hidrógeno, se utilizó la Metodología descrita por la AOAC-1995.
- La acidez titulable, se realizó mediante la técnica descrita por la AOAC-1995.
- Índice de madurez de los frutos de las mazorcas se realizaron mediante la relación de solido soluble sobre la acidez titulable como lo indica OCDE (1972). (Se utilizó sólo la primera parte del protocolo, en el trabajo de investigación).

- El porcentaje de grasa, se realizó mediante la técnica, descrita por método 208.003 (ITINTEC). 1988.
- El análisis sensorial, para determinar las características organolépticas, se realizó en el licor de cacao, de cada uno de los fermentadores, por cuatro catadores expertos, de la red nacional. Se evaluó el aroma, sabor, acidez, amargor, se usó un panel seleccionado con escala unipolar verbal estructurada con valores hedónicos de 7 puntos.
- La metodología para la preparación de licor de cacao utilizada fue pesar de 250 a 300 gramos de grano de cacao, se tostó la muestra en una estufa, teniendo en cuenta la variedad del tipo de cacao, la temperatura utilizada fue de 115°C a 120°C, por un tiempo de 15' A 20' minutos; se hizo el descascarado de la muestra tostada enfriada, luego se colocó en un molino que se realizó la molienda, obteniéndose de este modo el licor de cacao listo para la catación, según el Manual de Control de Calidad de cacao APPCACAO.

#### **2.5.4. METODOLOGÍA DEL COSTO DE LA FERMENTACIÓN**

Se realizó mediante el sistema de costos por procesos, líneas de fermentación según el tamaño del lote de producción que acostumbra y del número de modelos de productos que se procesa y clasificar sus tendencias como un sistema de producción intermitente, en su determinación se usa sistema de costeo por órdenes de trabajo, que es el más sencillo y puede seguir fácilmente las especificaciones del proceso.

Las unidades y los costos fluyen juntos a través de un sistema de costeo por procesos. La siguiente ecuación resume el flujo físico de las unidades en la fermentación:

Unidades x contabilizar Es decir: Unidades en proceso + Unidades que empiezan el proceso o son recibidas de otros departamentos	=	Unidades contabilizadas Unidades transferidas + Unidades terminadas y aun disponibles + Unidades finales del Proceso
---	---	---

Esta ecuación muestra como las unidades recibidas o iniciadas deben contabilizarse en un departamento, el cual no necesita tener todos los componentes de la ecuación.

### 2.5.5. FLUJO EXPERIMENTAL DEL ESTUDIO.

La fermentación se realizó en tres prototipos de fermentadores, con tres repeticiones, en tiempos 0, 1, 2, 3 y 4 días, dentro de las cuales se evaluó el porcentaje de fermentación y la temperatura; adicional a ello a partir de las 48 horas, se inició la remoción con una frecuencia de cada 24 horas.

#### a. Procesos estadísticos.

A partir de los resultados se realizaron los procesos estadísticos en el siguiente orden:

- **Estadística descriptiva:** Se desarrolló la evaluación de los resultados por tratamiento, para realizar las inferencias y sacar

conclusiones mediante los resultados; para la descripción de los datos y resumirlos en uno o dos números, que pretenden caracterizar el conjunto con la menor distorsión o pérdida de información posible, mediante los histogramas, gráficos invariantes, gráficos exploratorios de caja y bigotes.

- **Estadística inferencial:** Se usó el procesamiento en función de los valores de la muestra mediante la variable aleatoria, cuyos valores dependen de la muestra seleccionada, para establecer su distribución de probabilidad, para afirmar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación, realizándose las pruebas siguientes:
  - Análisis de varianza
  - Comparación de medias y medianas
  - Prueba de múltiples rangos
  - Prueba de Kruskal – Wallis
  - Prueba de la mediana de Mood.

Para la optimización de los tratamientos se usó la superficie de respuesta y se establecerán los parámetros óptimos de la fermentación del cacao chuncho (*Teobroma cacao* L), utilizando los tres prototipos de fermentadores, en la Convención, Cusco.

#### **b. Tratamientos estadísticos**

Para los tratamientos estadísticos se utilizaron el Diseño completamente al azar (DCA):

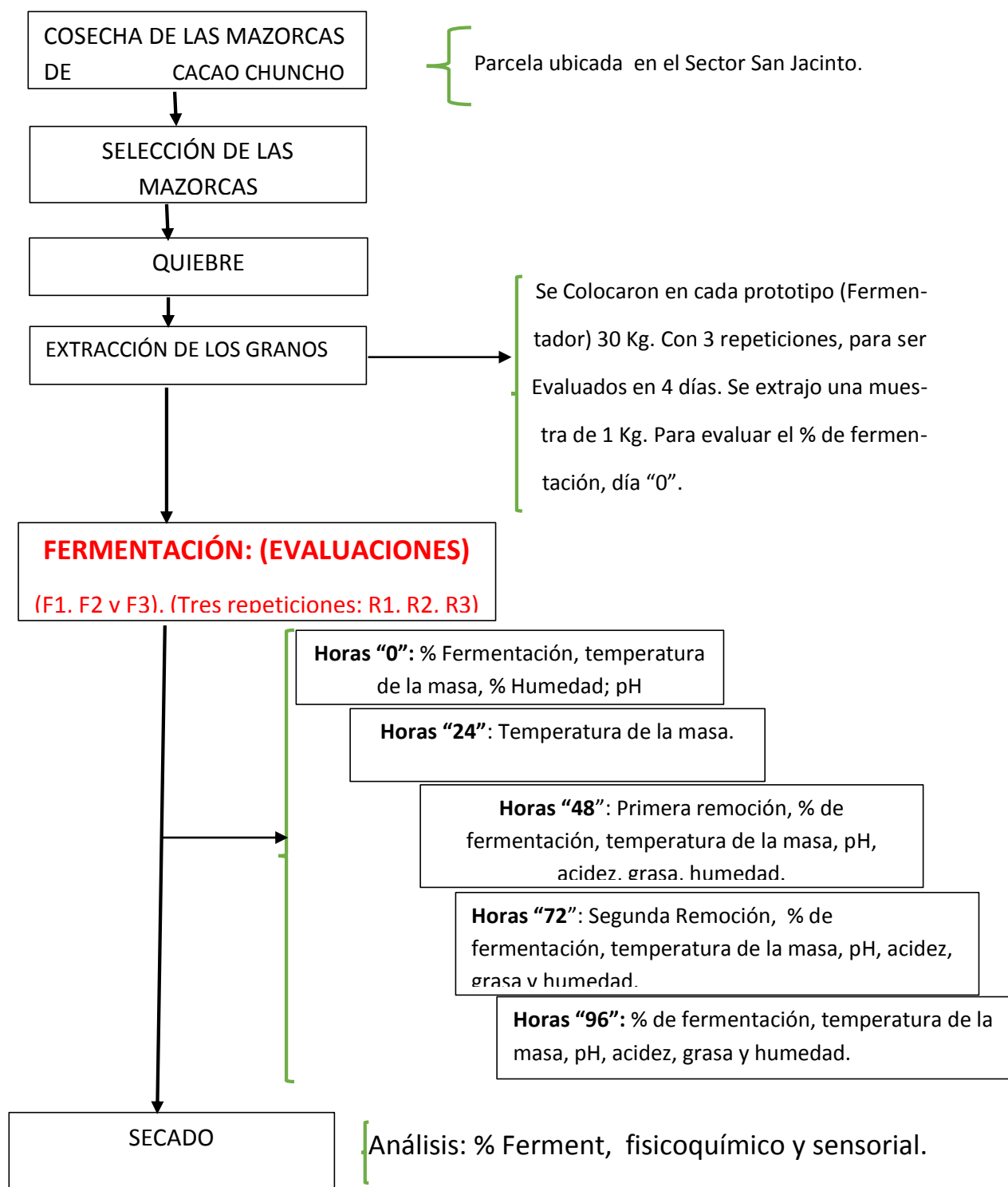
- El diseño completamente al azar es una prueba basada en el análisis de varianza, en donde la varianza total se descompone en la “varianza de los tratamientos” y la “varianza del error”. El objetivo fue determinar si existe una diferencia significativa entre los tratamientos, para lo cual se compara si la “varianza del tratamiento” contra la “varianza del error” y se determina si la primera es lo suficientemente alta según la distribución F.

- Se suman todos los valores de las unidades experimentales. A ese valor se le llamará “y”. Se obtiene el cuadrado de todos los valores de las unidades experimentales y luego se suman, a ese valor se le llamará  $\sum y_{ij}^2$ .
- Se calculó la suma de cuadrados del total con la fórmula: Suma de cuadrados total =  $\sum y_{ij}^2 - (y_{..})^2 / n$ ; Donde “n” es el total de los datos
- Es necesario encontrar la varianza entre los tratamientos. Primero se obtuvo la suma de cada uno de los tratamientos (que se llamarán  $y_i$ ). Cada suma de tratamientos se eleva al cuadrado, luego el resultado de cada tratamiento se dividió entre el número de repeticiones de ese tratamiento, en este caso todos los tratamientos tienen 3 repeticiones, y finalmente se suman los valores, el resultado se denomina  $\sum y_i^2 / n_i$ .
- Se calculó la suma de cuadrados de los tratamientos con la fórmula: Suma cuadrados de tratamientos =  $\sum y_i^2 / n_i - (y)^2 / n$ .
- Se calculó los grados de libertad de los tratamientos que serán:  $t - 1$ ; donde t es el número de tratamientos.
- Se calculó los grados de libertad del total:  $n - 1$
- Los datos hasta ahora calculados se llenaron en la tabla de análisis de varianza. GL son los grados de libertad, SC es la suma de cuadrados y CM son los cuadrados medios.
- Se calcularon los grados de libertad del error, grados de libertad del error:  $t (r - 1)$  donde t es el número de tratamientos, r el número de repeticiones. También se calculó GL del error como: GL error = GL Total – GL tratamientos
- Se calculó la suma de cuadrados del error, la fórmula es: SC error =  $\sum y_{ij}^2 - \sum y_i^2 / r$  El primer término se tomó de la fórmula de la SC total, el segundo término de la SC tratamiento. Otra forma de calcular la SC del error es: SC error = SC total – SC tratamiento
- Se calcularon los cuadrados medios de los tratamientos con la siguiente ecuación: CM tratamiento = SC tratamiento / GL tratamiento.

- Se calcularon los cuadrados medios del error con la siguiente fórmula:  $CM \text{ error} = SC \text{ error} / GL \text{ error}$ .
- Se calculó el valor F con la siguiente ecuación  $F = CM \text{ tratamiento} / CM \text{ error}$ .
- Se buscó en las tablas de la distribución F el valor al 0.05% de significancia. Los grados de libertad de los tratamientos serán los grados de libertad del numerador y los grados de libertad del error serán los grados de libertad de denominador.
- Si la F calculada es mayor que la F de las tablas, se concluye que sí hay diferencia entre tratamientos, de lo contrario se concluye que no hay diferencias entre tratamientos.
- Si existe diferencia entre tratamientos al 95% de seguridad se puede probar con una F del 99%

El diagrama del flujo experimental se reporta en la ilustración siguiente, donde se explica en forma resumida de los tratamientos que se establecieron para el estudio

## FLUJO EXPERIMENTAL



**Ilustración 3:** Flujo experimental del estudio.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. ANTECEDENTES.

**“Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.), usando dos tipos de fermentadores”**. Clímaco ÁLVAREZ , Lumidla TOVAR, Héctor GARCÍA, Franklin MORILLO, Pedro SÁNCHEZ, Cirilo GIRÓN y Aldonis DE FARIAS, realizaron un trabajo de investigación (2010); Llegaron a la conclusión: Para evaluar el efecto de dos tipos de fermentadores y la frecuencia de remoción sobre la calidad comercial de los granos fermentados y secos de cacao, se consideraron los siguientes factores pos cosecha que influyen sobre la fermentación del cacao: Tipo de fermentador (cajones de madera y cestas plásticas) y tres frecuencias en la remoción: FR1: 24, 48, 72 y 96 h; FR2: 24 y 48 h y FR3: 48 y 96 h, después de iniciado el proceso de fermentación. Se utilizaron muestras de semillas frescas de frutos sanos de cacao de tipo Trinitario de la localidad de Curiepe (Miranda), que fueron fermentados en 5 días y secadas al sol en patio de cemento, por un período de 5 días. Los contenidos de humedad, cenizas, pH, acidez total titulable, testa, dimensiones promedio y la prueba de corte se realizaron sobre el grano fermentado y seco según la AOAC (2000) y COVENIN N° 442 (1995) y 50 (1998). Los resultados revelaron que las características físicas no variaron significativamente en todos los factores estudiados. El mayor grado de fermentación se obtuvo para una frecuencia de remoción cada 24 horas con un 86% de granos fermentados y secos. Los cajones de madera y las cestas plásticas mostraron el 84% y 83% respectivamente, observándose diferencias para la acidez entre los factores estudiados. Se concluye que el uso de las cestas plásticas, por su bajo costo, durabilidad, operatividad y el adecuado manejo poscosecha pudiese ser

considerado como una acertada recomendación para lograr un buen grado de fermentación.

**“Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L) tipo nacional”**. Rubén Darío RIVERA FERNÁNDEZ; LOS RÍOS, Ecuador, (2012). La presente investigación tuvo como objetivo evaluar los tipos de fermentadores y los diferentes tiempos de fermentación usados por los productores de cacao de la zona norte y central de la provincia de Manabí- Ecuador. Se estudiaron cuatro fermentadores: Saco de yute, montón, caja de madera y tina plástica, con una capacidad para almacenar 60 kg de cacao y tiempos de fermentación de 2 a 5 días; además, se evaluó un testigo (sin fermentar). El diseño fue bloques completos al azar en arreglo factorial aditivo con tres réplicas. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza con la prueba de Tukey al 5% de probabilidad. Se analizaron variables físicas: Porcentaje de granos fermentados, violeta y pizarrosos (prueba de corte); y químicas: Polifenoles (fotometría 760 nm), acidez volátil (arrastre de vapor) y teobromina-cafeína (Cromatografía Líquida de Alta resolución, HPLC). El análisis de los resultados muestra que el tiempo de fermentación a diferencia del tipo de fermentador, tuvo influencia sobre las variables físicas y químicas analizadas. El aumento del porcentaje de granos fermentados y la disminución de los granos violetas ocurrieron desde el inicio hasta el final de la fermentación. La calidad química mejora con la reducción de la concentración de compuestos alcaloides y Polifenoles, lo que repercute sobre las características organolépticas del cacao tipo Nacional. De los fermentadores y los tiempos utilizados por los productores se presentan las mejores características de calidad entre los cuatro y cinco días de fermentación en cajas de madera.

**“Experiencia de un sistema de fermentación trapezoidal como alternativa para el mejoramiento de calidad del grano de cacao**

**(*Theobroma cacao* L) en la asociación de pequeños productores de cacao de Piura**” – APPROCAP (Ing. Marcelo Gutiérrez Seijas – Equipo PDRS –Gob. Reg. Piura), (2004). El modelo de cajón trapezoidal permitió alcanzar niveles de fermentación entre 80 a 90%, además obtener granos de calidad, los cuales se corroboran con los registros de calidad de grano de cacao ingresado a la APPROCAP, habiéndose catalogado como uno de los mejores productos ingresados a la asociación. \* El sistema de cajón trapezoidal permite una fácil remoción y descarga para el secado, asimismo la reducción de la incorporación de aire al proceso anaeróbico que se realiza al inicio de la fermentación. \* La reducción de las pérdidas de calor en el modelo de cajón modificado ha permitido la disminución de los tiempos de fermentación y el incremento de los niveles de fermentación.

**“Análisis químico del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el sur del lago de Maracaibo**”. E. PORTILLO, L. GRAZIANI DE FARINAS y E. BETANCOURT (2007). El estudio de algunos compuestos químicos, tiene gran relevancia en la calidad y desarrollo aromático del cacao, ya que en función del tratamiento al cual sean sometidas las almendras, dependerá el contenido de estos. El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la evolución de algunos compuestos químicos en función de la fermentación, tomando en cuenta los siguientes factores: Tipo de fermentador (TF), frecuencia de remoción (FR), aguante de la mazorca (AM) y el tiempo de fermentación (TPF). La metodología consistió en un arreglo factorial  $2^3 \times 5$  donde se estudiaron tres factores (TF, FR y AM), a dos niveles y el tiempo de fermentación a cinco. Las variables estudiadas fueron: pH, acidez, taninos, azúcares reductores y totales. Los resultados reflejan para el cotiledón y pulpa + testa mayores valores de pH y taninos en el fermentador rectangular y de acidez, azúcares reductores y totales en el cuadrado. La frecuencia de remoción cada 24 horas, mostró mayor pH, azúcares, taninos y menor acidez en el cotiledón y menores valores en la pulpa + testa y un aumento en los azúcares y taninos en este. El aguante determinó un

incremento del pH para cinco días y un descenso de la acidez y azúcares. En la pulpa + testa se observó la misma tendencia. Para el tiempo de fermentación hubo variación de todas las variables durante el proceso para ambas fracciones, donde el contenido de ellas disminuyó durante la fermentación en su gran mayoría. Estos resultados tienen relación con la calidad final del cacao.

### **3.2. GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL CACAO.**

#### **3.2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.**

El cacao (*Theobroma cacao* L), es una especie endémica de América del Sur cuyo centro de origen está localizado en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Caquetá, Putumayo y Napo, tributarios del río Amazonas (CHESSMAN, 1944).

En esta región se han encontrado los más diversos tipos de frutos, algunos parecidos a la variedad "Criollo", denominados "Criollos de montaña", "Amelonados" grandes como la variedad "Nacional del Ecuador", "Angoletas" parecidos a los clones Parinaris y otros tipos de "Amelonados" (SORIA, 1970).

Se ha señalado que el centro primario de diversidad del cacao se encuentra en la región nororiental de Perú (KRUG & QUARTER-PAPAFIO, 1964); sin embargo, la existencia de una gran diversidad de poblaciones silvestres y nativas dispersos en la región central y sur de la Amazonía alta, apoyaría la hipótesis de que el centro de origen no solo estaría confinado a dicha región, sino que además incluiría la región centro y suroriental del Perú, las cuencas de los ríos Huallaga, Ucayali y Urubamba (GARCÍA, 2000).

Desde la década del 60 se estableció que la región de domesticación del cacao fue en Centroamérica (Cuatrecasas, 1964). La domesticación por los indígenas de Centroamérica, se realizó durante la época pre-Colombia,

siendo cultivado desde el siglo VI. Ellos lo utilizaban como bebida y también como moneda en sus transacciones.

### 3.2.2. POSICIÓN SISTEMÁTICA.

ÁLVAREZ (1997), señala que de acuerdo a la clasificación fotogénica de Cronquist.

Esta especie está ubicada en la siguiente forma:

Subreino	: Embriobonta.
División	: Magnoliophita.
Subdivisión	: Angiospermae.
Clase	: Magnoliopsida.
Subclase	: Dillenidae.
Orden	: Malvales.
Familia	: Sterculiaceae.
Género	: Theobroma.
Especie	: <i>Theobroma cacao</i> L.

### 3.2.3. PRODUCCIÓN DEL CACAO EN EL PERÚ.

Desde la década del 2000 se inicia un repunte de la producción nacional, gracias al trabajo consorciado del sector público a través del MINAG, agencias de desarrollo y ONGs como el programa de desarrollo alternativo PDA-USAID, CICDA, PDRS-GTZ, entre muchos proyectos específicos que ha desarrollado labores de asistencia técnica organizacionales y comerciales de las cooperativas y asociaciones cacaoteras, (INIA, 2009).

El Perú cuenta con excelentes condiciones agro climáticas para producir cacao de alta calidad, favorecido por la existencia de microclimas y suelos fértiles, se cultivan entre los 400 a 1000 m.s.n.m., son 25,000 familias dedicadas al cultivo de cacao con 1.5 has, en promedio 66,700 has de cacao

en producción, el volumen de producción en promedio a nivel nacional en los últimos 5 años, es de 34,400 TM, y la región Cusco ha producido en promedio el 25.10% de la producción nacional, (INIA, 2009).

#### **3.2.4. CULTIVAR EN ESTUDIO.**

En todo el valle de La Convención se cultiva una variedad de cacao denominada “Chuncho”, que ocupa el 80% del área cultivada con edades que fluctúan entre los 40 a 80 años. Esta raza local fue domesticada por la comunidad nativa “Matsiguengas” y su área inicialmente cultivada fue ampliada en la época de las haciendas. En el valle de la Convención existen 14,500 has de cacao con rendimientos que oscilan de 250 a 350 kg/ha/año. Los fundos cacaoteros poseen plantaciones muy antiguas (entre 40 a 80 años), que en promedio tienen una superficie cultivadas menor de 5 has. Para el año 2006 una superficie de 15,502 has con rendimientos promedios de 360 Kg/ha/año, que determina una producción alrededor de 5,000 TM por año de cacao. Las mayores extensiones del cacao “Chuncho” fueron sembrados desde hace más de 100 años por los hacendados, utilizando un sistema de siembra conocido como “muca”, es decir la siembra directa de 2 a 3 semillas por apoyo en el campo definitivo (MINAG, 2008).

Según la DGCA-MINAG (2009), indica que las poblaciones de cacao Chuncho aún conservan su alto grado de pureza, existiendo en el interior de ellas variación de sus caracteres morfo agronómicos e industriales. Estas poblaciones no exhiben una completa uniformidad fenotípica por lo que existen frutos atípicos del cacao Chuncho que se denominan: Pamuco, Señorita, Común y Sábalo, Blanco entre otros.



**Ilustración 4:** Mazorcas variedades del cacao Chuncho (Echarate-Cusco)

**Tabla 1:** Características principales de la colección de cacao Chuncho en La Convención-Cusco.

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>	<b>Observaciones</b>
No. De Plantas colectadas.	47	
Tipo de cacao (Ecotipo)	Chuncho	
Edad de plantas	> De 40 años	
Altura del árbol	Mayores a 5 metros	
Compatibilidad sexual	Auto compatibles	Solo en plantas estudiadas.
Color de frutos	Amarillo	
Forma de mazorcas	Cundeamor, amelonado, calabacillo y angoleta.	
Rugosidad mazorca	Verrugoso y liso	
No mazorcas / planta	Abundante intermedio	Abundante: >100, bajo<30
No almendras /mazorca	> A 32 almendras.	Excepto planta MHS-3
Tamaño de mazorca	Medianos a grandes	Grande >20 cm; pequeño 12 cm.
Tamaño de almendras	Medianos a grandes	Peso: Grande >1.2g; pequeño 0.8g.
Espesor de la cáscara	Delgado y medianos	Grueso >1.2 cm; delgado < 0.60cm
Incidencia enfermedad	Baja y ausente	MMS-1 Monilla: Ausente.
Otras observaciones	Nombre de cultivares: Pamuco, Señorita, Sábalo, Emilia y Chuncho.	
Tiene 28 almendras en promedio MHS-3 y MMS-1 es denominación preliminar		

Fuente: MINAG. (2009) y RODRÍGUEZ C.A. (2007).

**Tabla 2:** Composición del grano fresco.

<b>COMPONENTE</b>	<b>PORCENTAJE EN PESO</b>
Agua	32-39
Manteca de cacao (Lípido)	30-32
Proteínas	8-10
Polifenoles	5-6
Almidón	4-6
Pentosanos	4-6
Celulosa	2-3
Teobromina	2-3
Sales	2-3
Sacarosa	2-3
Cafeína	1
Ácidos	1

Fuente: BAMFORTH. (2005)

### **3.2.5. COSECHA DEL CACAO.**

Según INDECOPI (2008) la madurez de la mazorca se aprecia por el cambio de color: De verde pasa a amarillo u otros similares al amarillo, anaranjado fuerte o pálido. No obstante, en frutos de coloración rojo violáceo el cambio de color es hacia el anaranjado rojizo.

Para conseguir una buena calidad de grano los frutos deben alcanzar la madurez total; los frutos pintones tienen el mucílago demasiado ácido para lograr una óptima fermentación, además los granos pesan menos. Los frutos sobre maduros tienen el mucílago seco insípido y el embrión ya inició el proceso de germinación en el interior del fruto (ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000; citado por RODRÍGUEZ C.A. 2007).

Se debe evitar cosechar frutos verdes, ya que al fermentarse estos granos tomarán color violeta, perderán peso y el producto final tendrá elevada astringencia y acidez; por otro lado, al realizar la cosecha no se deberá mezclar las mazorcas provenientes de otros clones, debido a que los contenidos de mucílago y calidad del grano son distintos, influyendo en el proceso del beneficio (INDECOPI, 2008).

### **3.2.6. BENEFICIO DEL CACAO.**

MINISTERIO DE AGRICULTURA (2004), indica que el beneficio del cacao es un proceso que obedece a los principios básicos de conservación, se realiza para mejorar la calidad del grano. Consiste en procesar sus semillas maduras con la finalidad de lograr que en su interior se produzcan reacciones bioquímicas que producen aroma y sabor característico a chocolate.

Las etapas del beneficio están bien definidas y comprenden la quiebra o apertura del fruto, fermentación, secado y almacenamiento. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), indica que el quiebre consiste en partir los frutos y extraer los granos, evitando dañar las almendras. Por su parte INDECOPI (2008), indica que la placenta, tripa o maguey debe quedar adherida a la mazorca; además se debe quebrar las mazorcas cosechadas tan pronto como sea posible, usando las herramientas apropiadas para evitar cortes en los granos y debe realizarse antes de 5 días después de la cosecha y cuanto más pronto se haga la separación de granos es más fácil. Después de extraídas se debe verificar que estén libres de placentas o granos de frutos enfermos, cáscaras u otra materia extraña.

**a. El contenido de grasa y ácidos grasos.**

Las características físicas y químicas de los granos fermentados, secos y tostados de cacao, *Theobroma cacao* L, provenientes de genotipos del Banco de Germoplasma del INIA con una muestra comercial (MC), para tal fin, 500 g de las almendras previamente fermentadas y secadas al sol en el campo, se tostaron a 150 °C por 30 min en el laboratorio; por lo general su composición proximal y algunos índices fisicoquímicos se determinaron sobre las muestras, según las metodologías descritas por varios autores, evaluándose el perfil de ácidos grasos de la manteca extraída de las almendras según el método de Folch et al. Todos los índices evaluados fueron comparados con una MC de cacao proveniente de la región usada como patrón de referencia. Los análisis estadísticos mostraron diferencias significativas entre los valores de humedad, proteína cruda, cenizas y grasa cruda entre los distintos genotipos evaluados. Al compararlos con la MC, las diferencias fueron significativas en el contenido de fibra cruda, azúcares reductores y azúcares totales, Polifenoles, ácidos saturados palmítico y esteárico e insaturado como el ácido oleico, se encuentran en un promedio de 36 por ciento de grasa total, destacándose la presencia en mayor cantidad el ácido graso oleico. (PÉREZ, ÁLVAREZ, Y LARES, 2001).

**b. Fermentación del cacao.**

En la actualidad existe gran interés de incentivar el cultivo de cacao como alternativa económica y generadora de materia prima para la industria nacional en el futuro para el mercado externo, pero para esto, el país necesita replantear su explotación e industrialización teniendo como objetivo abastecer los mercados productores de confitería, pastelería, licores y cosmetología para lo cual se requiere

un grano de excepcional calidad que no se produce en la actualidad principalmente, en razón a la heterogeneidad que se presenta en las etapas de beneficio, recolección y desgrane, fermentación y secado (JANETH AIDÉ PEREA V.,CESAR VILLAMIZAR Q., ALBIO ENRIQUE ESPINOSA S y VÍCTOR GABRIEL OTERO G.; citados por RODRÍGUEZ C.A. 2007).

Según Portillo et al., (2006), la fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao. La duración de la fermentación se relaciona con la cantidad de pigmentos de color púrpura presentes en los granos frescos y que cuanto más intenso es dicho color más larga debe ser la fermentación.

MINISTERIO DE AGRICULTURA (2004) y ASOCIACIÓN NATURLAND citado por RODRÍGUEZ C.A. (2007). Afirman que esta etapa tiene por objeto facilitar la eliminación del mucilago, así como desarrollar el sabor característico a chocolate. La duración de la fermentación depende de la variedad. Para RAMOS (2006). Los cacaos forasteros y trinitarios deben fermentarse de 6 a 7 días. Sin embargo, ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) citado por RODRÍGUEZ C.A. (2007), refiere que el cacao criollo sólo necesita de 1 a 3 días para su fermentación porque no tiene antocianinas que da el sabor amargo.

INDECOPI (2008), indica que es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla, en la que ocurren cambios en su estructura, como cambios en la pigmentación interna. La transformación del sabor astringente de los cotiledones, el desarrollo del sabor y aroma del chocolate, entre otras, este proceso facilitan el secado, del desprendimiento de la cáscara y permite la conservación o almacenamiento prolongado.

Según AMOREA *et al* citado por RODRÍGUEZ (2007), la fermentación insuficiente y en el peor de los casos la ausencia de fermentación influye negativamente sobre la calidad sensorial del cacao. Además, mantener demasiado tiempo la fermentación no es conveniente por el exceso de ácido acético que confiere un sabor agrio al chocolate. Porque durante la fermentación, se produce ácido acético que se infiltra en los cotiledones y reduce el pH de 6,4 a 4,5. A temperaturas mayores de 45°C, esta acidificación desintegra los compartimientos de la célula y su eventual muerte.

El proceso de fermentación incluye reacciones enzimáticas que contribuyen a la formación de aminoácidos libres y de péptidos, formación de azúcares reductores, hidrolisis de las antocianinas y la oxidación enzimática de los Polifenoles, los cuales son necesarios para producir el sabor y aroma característicos del cacao durante el tostado; tanto en la fermentación como en el secado, la enzima oxidasa poli fenólica promueve la oxidación Browniana, responsable del color marrón característico del chocolate. El flavor final es, por lo tanto, influido directamente por el proceso de acidificación (PORTILLO *et al.*, 2006).

En la tabla 3, se indican algunos aspectos de los granos de cacao en proceso de fermentación:

**Tabla 3:** Algunos aspectos de los granos de cacao en el proceso de fermentación.

Tiempo de Fermentado		
1 <sup>er</sup> día	3 <sup>er</sup> - 4 <sup>do</sup> día	5 <sup>to</sup> - 7 <sup>mo</sup> día
Pulpa muy ácida. (pH 3.5)	Masa fermentante está ácida ( pH 4.5)	Masa fermentante está acidulada ( pH 5.5)
Masa fermentante de color blanco.	Masa fermentante de color café claro.	Masa fermentante de color café.
pH 6.5 del interior de la semilla	pH 4,5 del interior de la semilla	pH 5.5 del interior de la semilla
Interior de la semilla color violeta	Interior de la semilla color violeta, borde color café.	Interior de la semilla color café.
No hay desarrollo de calor	Aumento de temperatura de la masa fermentante de 40° a 50° C.	Temperatura de la masa fermentada se reduce a 40° C.
Olor agridulce, aromático	Fuerte olor a ácido acético.	El olor de ácido acético es menos fuerte

Fuente: ASOCIACIÓN NATURLAND (2000) citado por RODRÍGUEZ (2007).

La fermentación está afectada por el origen genético del cacao, intervalos entre cosechas, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en la semilla, el método de fermentación y las condiciones del medio donde se realiza el proceso (PORTILLO, *et al.*, 2006).

Las remociones necesarias para lograr un adecuado desarrollo de la fermentación se efectúan en general cada 24 horas (MINISTERIO DE AGRICULTURA, 2004).

Durante el proceso de fermentación la temperatura de la masa puede llegar hasta 50° C. La fermentación es la etapa clave para la formación del aroma. Este proceso lleva no solamente a una modificación del

contenido de compuestos implicados en el desarrollo del aroma de origen térmico, sino también a la formación de una fracción aromática cualitativa y cuantitativamente muy importante (CROSS, 1997).

En la tabla 4, se presentan las diferencias entre granos fermentados y no fermentados.

**Tabla 4:** Diferencia entre los granos fermentados y no fermentados.

<b>Grano fermentado y seco</b>	<b>Grano mal fermentado</b>
Los granos son hinchados	Grano con aspecto plano.
La apariencia externa del grano es café a canela.	Los granos muestran un color amarillento.
La cáscara se separa fácilmente.	La cáscara es difícil de separar.
Presenta grietas y estrías internas.	Es compacta y lisa internamente.
Al apretar entre los dedos se quiebra fácilmente.	Al apretar son difíciles de quebrarse.
Internamente el cotiledón es de color marrón chocolate.	Es de color blanco o violáceo.
Sabor ligeramente amargo	Sabor astringente.
Aroma agradable.	Aroma desagradable.

Fuente: CROSS (1997)

Según ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), citado por RODRÍGUEZ (2007). El proceso de fermentación llega su fin cuando la temperatura de la masa fermentada baja. Para determinar el momento exacto de la interrupción de la fermentación, junto a la baja de temperatura a 40° C, se realiza una prueba de corte. Cuando se observa un 75% de granos fermentados, se interrumpe la fermentación para evitar se inicie la putrefacción.

c. **Fermentación anaeróbica del cacao.**

Según RAMOS (2006), la fermentación alcohólica se da durante el primer día de fermentación, el medio es propicio para levaduras, dado que el mucílago contiene sacarosa: Glucosa, fructosa, pectinas, ácido cítrico libre y pH de 3 a 4.

ASOCIACIÓN NATURLAND (2000), menciona que, al principio de este proceso, domina la fermentación por alcohol mediante hongos de la levadura. Por su parte NATIVIDAD et al. (2005) citado por RODRÍGUEZ (2007), indican que la fermentación alcohólica es producida por los géneros *Saccharomyces* sp., *Bitabacterium* sp, entre otras. Durante la primera fase de fermentación anaeróbica, los azúcares son transformados en alcohol etanol. La fermentación alcohólica va reduciéndose conforme aumenta la concentración de alcohol alrededor de 12 % y entra oxígeno a la masa conforme se renueva.

La fermentación láctica no es deseable, la misma que ocurre cuando no se realiza la primera remoción entre las primeras 48 horas como con secuencias de la falta de oxígeno en la masa, los azúcares debería ser transformados en alcohol se transforman en ácido acético.

La fermentación butírica ocurre cuando los granos están sometidos a varios días en ausencia de oxígeno, emiten un olor putrefacto. Las fermentaciones lácticas y butíricas son indeseables y pueden presentarse cuando el período de la mayor cosecha coincide con las épocas de lluvias o el espesor de lecho del secado es superior a 5 cm.

### **3.3. FERMENTACIÓN AERÓBICA.**

Según ASOCIACIÓN NATURLAND, 2000, Citado por RODRÍGUEZ (2007), la fermentación aeróbica después de permanecer de 24 a 36 horas en el cajón fermentador el cacao será ventilado para iniciar la siguiente fermentación aeróbica de vinagre a ácido láctico que desintegra el alcohol y el resto de azúcar.

NATIVIDAD et al., 2007 y RAMOS, 2006, esta fermentación se inicia cuando ingresa oxígeno por efecto de la remoción, interrumpiéndose la fermentación alcohólica, ocurriendo la fermentación aeróbica con el auxilio de bacterias del género *Mycoderma aceti*, *Acetobacter sp* y otras, convierten el etanol en ácido acético.

#### **3.3.1. TIPOS DE FERMENTADORES.**

Según LUTHERAN WORLD RELIEF (2013), el método de la fermentación en bandejas tipo Rohan, también se le conoce como la fermentación en gavetas. Para esto se utiliza bandejas de diferentes tamaños, con una altura de borde de 10 centímetros para facilitar la fermentación rápida. Las bandejas tipo Rohan más usadas miden 120 cm de largo, 90 cm de ancho y 10 cm de alto. Al fondo de las bandejas hay hendiduras entre las tablas que permiten que la baba salga y no salgan los granos. Las bandejas se hacen con madera de laurel u otras especies que no dejen su olor al cacao. En cada bandeja del tamaño descrito arriba alcanzan 2 quintales y medio de semillas de cacao.

La fermentación en cajones es un método sencillo para realizar el fermento de pocos volúmenes de cacao, siempre y cuando se tengan los cuidados para evitar la contaminación y el crecimiento de hongos que dañarían el proceso y el producto. Se recomienda que los cajones deban ser cajas con

base cuadrada de 60 a 100 centímetros de ancho y de 60 a 100 centímetros de alto, lo que facilita la manipulación de los mismos al ser trabajados. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

Los cajones deben tener al fondo orificios para facilitar la salida de la baba sin que se salga el grano de cacao. Los cajones se hacen de madera de laurel u otras especies que no deje su olor al cacao. En general se estima que, en un cajón de un metro de ancho por un metro de alto, cabe alrededor de 800 kilogramos de cacao húmedo o un poco más dependiendo del tamaño de la semilla y de la cantidad de la baba o mucílago. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

La fermentación en sacos de polipropileno o yute, en el proceso de fermentación es común que el pequeño agricultor abra las mazorcas de cacao en el campo y ponga las almendras en sacos de plástico (polipropileno) o yute, para transportarlas hacia el lugar de fermentación; donde se las deja por un período de 5 a 6 días necesarios para que se fermenten”. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

En algunas ocasiones los sacos se suspenden, para que tengan mejor aireación y sufran menos ataques de animales que puedan causar daño al proceso, o alternativamente, se aglomeran los sacos en el piso asegurándose que el material este fuera del alcance de vectores que le puedan producir alteraciones. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

Con la finalidad que la masa fermentante se mezcle adecuadamente, el agricultor acostumbra cambiar de recipiente cada dos días, o cada día y medio, este detalle es importante para obtener una mejor fermentación. Si el recipiente se deja por más de tres días sin remover, la fermentación resulta deficiente y la mayoría de las semillas en el centro del proceso quedan sin fermentar. Este método quizá no es el mejor para darle una buena calidad al

cacao, es difícil manejar toda la masa en estos sacos y generalmente no se remueve todo el material por consiguiente se obtiene pocas almendras fermentadas y otras no, con porcentajes muy altos de material de calidad ineficiente”. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

“Es importante que los sacos estén bien limpios o sean nuevos. El uso de sacos que ya han sido utilizados es inconveniente a no ser que sean muy bien lavados para evitar que la calidad final del cacao se vea afectada”. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

La fermentación en montón, este método consiste en amontonar directamente las almendras sobre el piso, ya sea de madera, caña guadua o bambú, aunque, algunos productores realizan esta operación haciendo uso de un tendido de hojas de plátano directamente sobre el piso, de tal suerte que los exudados de la masa fermentativa puedan fluir con facilidad. Posteriormente, la masa de cacao se cubre con el mismo tipo de hojas para que inicie la fermentación. Los montones se cubren adicionalmente con sacos de yute. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

Para reducir pérdidas de calor, y el cacao debe removerse de un lugar a otro, con la finalidad de mejorar el proceso fermentativo. El montón de almendra permanece en esas condiciones entre 5 a 6 días dependiendo del material genético, para posteriormente proceder al secado. (LUTHERAN WORLD RELIEF, 2013).

#### **3.4. SECADO.**

Según PAREDES (2000) y GAYTÁN (2005), al final de la fermentación el contenido de la humedad de los granos es alrededor de 55% y para poder ser almacenado con seguridad debe reducirse a límites de 7-8% INDECOPI

(2008), indica que la humedad de granos de cacao debe reducirse como mínimo a 7.50%

CROS Y JEANJEAN (1997), mencionan que en la etapa de secado se reduce la humedad, continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor. CRESPO (1997), indica que es recomendable un secado lento durante los 2 primeros días, esto significa no exponer el cacao al sol por más de 4 horas al día.

### **3.5. CONSIDERACIONES DEL ÍNDICE DE MADUREZ EN FRUTAS.**

GUERRERO Y LÓPEZ (1978) indican que el estado de madurez de los frutos es una de las características que se consideran en todas las normas, obligatorias o aconsejadas, que se han elaborado para garantizar que los frutos satisfagan las exigencias del consumidor en lo que a calidad se refiere. Antes de proceder a una descripción de los métodos de determinación del estado de madurez de los frutos, se tienen que evaluar algunas de las diferentes normas que sobre la calidad de los mismos existen, fijándonos en los puntos más interesantes de las determinaciones.

En el año 1971, la OCDE preparó y difundió la norma de calidad para los frutos, la finalidad de dicha propuesta era que la misma sirviese de modelo para las legislaciones de los países miembros y que, a la vista de las ventajas que para productores y consumidores tiene la tipificación, ésta se hiciese en base a unos criterios uniformes, especialmente en lo que se refiere al comercio internacional. (GUERRERO Y LÓPEZ, 1978).

La norma recomendada por la OCDE tiene en cuenta las siguientes características mínimas para definir la calidad de un fruto destinado al consumo en fresco: Integridad, sanidad y limpieza del fruto.

- Ausencia de daños o alteraciones externas ocasionadas por hielo.
- Ausencia de humedad exterior anormal, olores o sabores extraños.

- Ausencia de comienzo de desecación interna debida al hielo, o de heridas y magulladuras externas cicatrizadas.

- Haber alcanzado un desarrollo y estado de madurez convenientes, según las características propias de la variedad y de la zona de producción. (GUERRERO Y LÓPEZ, 1978)

Según GUERRERO Y LÓPEZ, (1978) indican que, en el texto interpretativo de la norma, se aclara que el estado de madurez se concreta en dos grupos de magnitudes medibles:

### **3.5.1. CRITERIOS NO EVOLUTIVOS.**

1°. La cantidad de zumo: La medida de esta magnitud se hace por medio del porcentaje que significa la cantidad en peso de zumo sobre el peso total del fruto, extraído por medio de prensa manual.

2°. Composición del zumo: Esta característica se mide por el grado de madurez interna, que es el cociente de la expresión E/A, en la que E es la cantidad del extracto seco medido en el refractómetro manual de azúcar (Grados Brix) y A es el grado de acidez titulable medido en ácido cítrico anhidro, cociente que suele expresarse en forma de fracción de denominador la unidad.

### **3.5.2. CRITERIOS EVOLUTIVOS.**

1°. Coloración de la epidermis del fruto color debe ser, en destino, el normal de la especie y variedad.

Índice de madurez de los frutos de las mazorcas del caco se realizará mediante la relación de sólidos solubles sobre la acidez titulable expresado en ácido cítrico como lo indica OCDE (1978).

Relación Sólidos Solubles / Acidez Total Titulable (RATIO) es el cociente entre el % de sólidos solubles (expresado como ° Brix = % S.S.) y la acidez

total titulable, también en % (expresada en gramos de ácido cítrico por cada 100 ml. de jugo), este valor es representativo de todo el fruto. OCDE (1978).

### **3.6. ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE LA FERMENTACIÓN DEL CACAO.**

La fermentación del cacao se da a dos niveles como son la fermentación aeróbica y la anaeróbica pero su comportamiento bioquímico radica en que es una fermentación en estado sólido por lo que para entender estos procesos bioquímicos se deben evaluar las características de este tipo de fermentación que difiere a la fermentación clásica líquida.

#### **3.6.1. FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO.**

La fermentación en estado sólido o SSF en sus siglas, es acompañada inevitablemente por el desarrollo de concentraciones y gradientes de temperatura dentro de las partículas del sustrato y bioláminas (dependiendo del sustrato y el enfoque del modelo asociado). Estos gradientes son necesarios para dirigir el transporte de los sustratos y productos. Adicionalmente, los gradientes de concentración han sido estudiados y se ha concluido que juegan un rol crucial para obtener las características que definen los productos de la fermentación en estado sólido; sin embargo, los gradientes también son conocidos como el resultado de la productividad del proceso y de reacciones no deseadas durante la misma. La fermentación en estado sólido ha sido generalmente realizada en proceso tipo “batch” o por lotes y esto por ende complica su estudio y entendimiento debido a que las condiciones cambian en el tiempo y no puede hacerse un análisis en un estado de equilibrio, teniendo sobretodo un comportamiento transitorio durante su evolución. Los modelos matemáticos aplicados por ende son necesarios para mejorar el entendimiento de este proceso y permitir su manipulación para obtener los resultados deseados. Los modelos existentes son muy variados en este campo y se enfocan en los distintos fenómenos

que se realizan durante el mismo. Como resultado de esta diversificación de enfoques los modelos actuales no pueden explicar la generación de numerosos productos que son formados durante la SSF y por lo tanto su resultado en términos de características del producto final. (MITCHELL, 2012).

La fermentación en estado sólido o sustrato sólido ha sido usada por muchos años alrededor del mundo. Tradicionalmente la SSF había sido principalmente usada para la producción de alimentos fermentados de uso diario, como la soya. La SSF es definida como el crecimiento de microorganismos en un sustrato sólido con contenido de humedad menor al 12%, en donde este valor permite mantener el crecimiento microbiano y su metabolismo, pero no existe movimiento libre de agua y aire. (MITCHELL, 2012).

Muchos tipos de microorganismo pueden ser aplicados en la fermentación de estado sólido para la producción de diversos productos, incluyendo bioactivos de alto valor. Los hongos, levaduras, algunas bacterias y combinación de ellas pueden ser usados en la SSF para asegurar su evolución. Productos como la glucoamilasa B y las esporas de hongos para biocontrol puede ser producido solamente bajo SSF, dado que estas no pueden desarrollarse en proceso de fermentación sumergida. (CHEN, 2005)

La tecnología SSF provee muchas nuevas oportunidades, así como permite el uso de productos agrícolas como sustrato de fermentación sin la necesidad de proceso de pre-tratamiento intensivo del mismo. Debido a que los productos de SSF no son altamente diluidos, estos pueden ser fácilmente recuperados de los productos de la fermentación, lo cual genera un valor adicional al proceso en cuanto a reutilización o derivación de productos residuales. (CHEN, 2005).

Al margen de todas las ventajas que posee la fermentación en estado sólido sobre la fermentación sumergida, la aplicación de SSF en procesos industriales ha tenido siempre dificultades en el monitoreo y el control de las diferentes variables involucradas en el proceso. Mientras que en la fermentación sumergida, el medio puede ser considerado homogéneo, en SSF, existen muchos gradientes de temperatura y humedad que pueden generar un efecto negativo en la producción de metabolitos. Dentro de todas las variables involucradas, la temperatura es particularmente importante debido a que el crecimiento microbiano bajo condiciones aeróbica resulta en una liberación de calor, que puede producir disgregación de enzimas producidas y otros efectos que perjudican el crecimiento. (CHEN, 2005)

También desde que la SSF ocurre en ausencia de agua libre, este calor excesivo es difícil de remover debido a la limitada conductividad térmica del sustrato sólido y la baja capacidad térmica del aire. Debido a esto, el mecanismo de evaporación ha sido considerado como uno de los más viables para el desarrollo del intercambio de calor a lo largo de los reactores de SSF. Sin embargo, se conoce que el enfriamiento evaporativo es acompañado de pérdidas de humedad que puede causar “secado” durante la fermentación, por lo tanto, para estos procesos es necesario monitorear tanto la temperatura como la humedad en simultáneo. (CHEN, 2005)

### **3.6.2. COMPARACIÓN ENTRE FERMENTACIÓN EN ESTADO SÓLIDO Y FERMENTACIÓN SUMERGIDA.**

Según MITCHELL, (2012) muchos autores han discutido sobre las ventajas de la fermentación en estado sólido, mientras que otros han comparado algunas características de los productos que son producidos por SSF sobre SMS (Fermentación Sumergida). Las mayores ventajas de la fermentación en estado sólido son:

- Se requieren pequeños volúmenes de masa fermentativa o volúmenes de los reactores, resultando en un menor costo de capital de operación.
  - Menor probabilidad de contaminación debido a los bajos niveles de humedad.
  - Fácil separación de los productos residuales debido a su baja dilución.
- Los coeficientes de rendimiento de producción son generalmente mayores.
- El oxígeno está por lo general libremente disponible en la superficie de las partículas.
  - En el caso de fermentación de enzimas no se tiene producción de residuos.
  - Mayores fases de producción en la fermentación de amyloglucosidasa.
  - Ausencia de co-productos carbohidratados.

### **3.6.3. DESVENTAJAS DE LA FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO.**

Según MITCHELL, (2012) reporta las desventajas siguientes:

- Los microorganismos cultivados en este proceso se limitan a aquellos que existen con bajos niveles de humedad.
- La extracción del calor metabólico por lo general es realizada mediante la evaporación de los gases generados con alto contenido de agua, pero esto limita el escalamiento en reactores de acero inoxidable donde la transferencia de calor es elevada y lleva la temperatura del medio a valores demasiado bajos, así como la humedad.
- Debido al gradiente de temperatura generado a lo largo del reactor, se generan “puntos fríos” donde la proliferación de hongos y bacterias generadoras de esporas proliferan con mayor rapidez.
- No se puede aplicar instrumentación tradicional para el monitoreo de parámetros de control durante el proceso.
- El escalamiento conlleva dificultades no solo en dimensiones sino en el peso del reactor debido a que el sustrato presenta una densidad mucho mayor a los procesos de fermentación sumergida.

- Se dificulta la inocuidad o esterilización de bacterias que actúan durante la fermentación.

#### **3.6.4. FACTORES QUE SE DEBEN CONTROLAR EN UNA FERMENTACIÓN EN MEDIO SÓLIDO.**

MITCHELL, (2012) reporta que entre los factores que deben ser medidos en los fermentadores cualquiera que sea el sistema físico del fermentador:

- Tiempo.
- Humedad.
- Acidez iónica (pH).
- Acidez titulable.
- Lípidos (Grasa).
- Valores sensoriales.

#### **3.7. ASPECTOS BIOQUÍMICOS DE LA FERMENTACIÓN ALCOHÓLICA.**

Se puede definir la fermentación alcohólica como el proceso bioquímico por el cual las levaduras transforman los azúcares del mosto en etanol y CO<sub>2</sub>; para que la fermentación tenga lugar, el mosto debe hallarse en condiciones de limitación de oxígeno (MESAS Y ALEGRE, 1999).

La fermentación alcohólica es conducida generalmente por las levaduras que pertenecen al género *Saccharomyces* y a la especie *cerevisiae*. Industrialmente estas levaduras son organismos altamente especializados (QUEROL *et al.*, 2003).

El dulzor y el contenido de alcohol de los sistemas a fermentar están interrelacionados porque la fermentación convierte los azúcares de la fruta en etanol. A medida que se va produciendo alcohol, el dulzor disminuye y una vez que la solución no presenta dulzor teóricamente todo el azúcar ha

sido fermentado y se dice que es la fermentación se agotó y esta tiene un valor que contienen todo el alcohol que la fruta en cuestión es capaz de proporcionar bajo las condiciones de fermentación y que generalmente es de 12-14% de alcohol en volumen (POTTER Y HOTCHKISS, 1999).

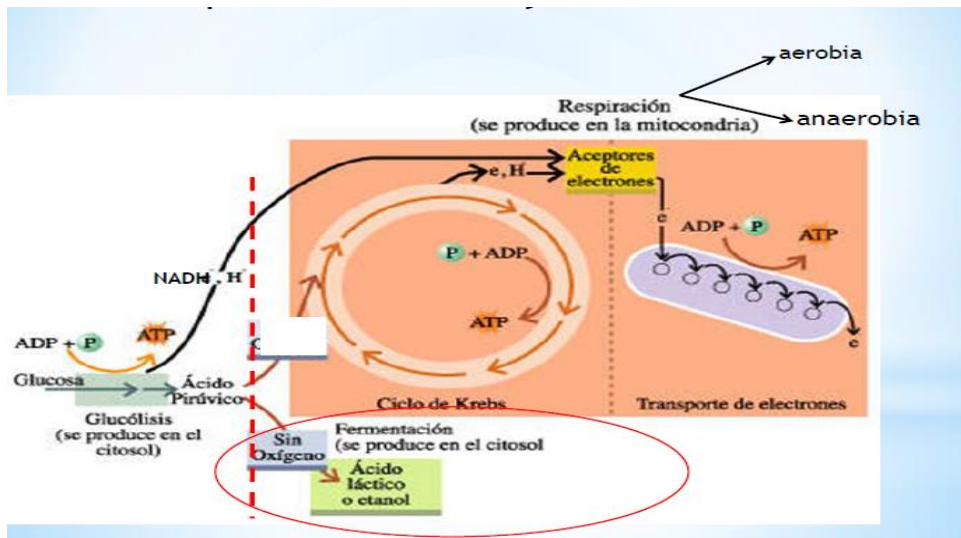
Desde el punto de vista organoléptico, el aroma del producto fermentado es el resultado de una compleja combinación de componentes que proporcionan a cada licor distintas características.

Una gran fracción de componentes aromáticos son producidos durante la fermentación alcohólica (MALLOUCHOS *et al.*, 2003).

Según MESAS y ALEGRE, (1999); la fermentación alcohólica es un proceso que libera energía a partir de azúcares u otras moléculas orgánicas (aa, ag, purinas y pirimidias) y tiene por característica:

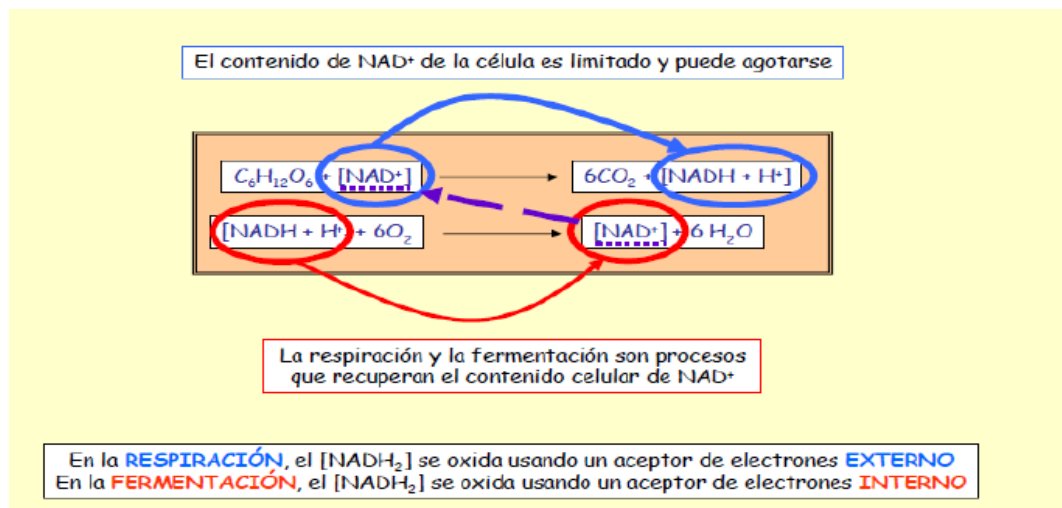
- No necesita oxígeno (pero a veces tiene lugar en su presencia).
- No presenta ciclo de Krebs ni cadena transportadora de electrones.
- Utiliza una molécula orgánica como aceptor final de electrones.
- Produce pequeñas cantidades de ATP (solo se produce en la glucólisis)
- Existe regeneración de NAD<sup>+</sup> y NADP<sup>+</sup> que pueden ingresar nuevamente a la glucólisis, transfiriendo los electrones de moléculas reducidas al ácido pirúvico o sus derivados.
- La principal función es garantizar una provisión constante de NAD<sup>+</sup> y NADP<sup>+</sup> para que pueda continuar la glucólisis.

Las condiciones de respiración celular y fermentación se indican en la ilustración 5.



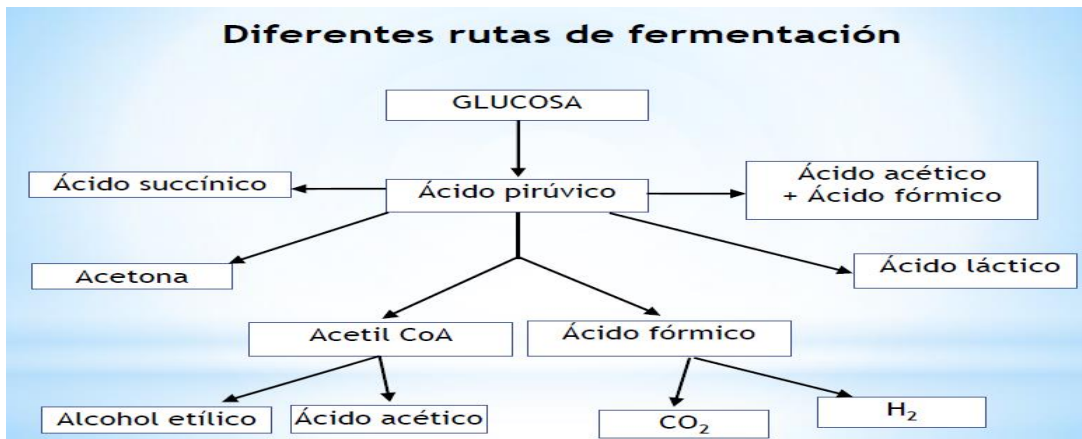
**Ilustración 5:** Respiración celular y fermentación. Fuente: MESAS Y ALEGRE (1999)

Los conceptos de respiración y fermentación se explican cuando el aceptor de electrones es un ácido orgánico (molécula orgánica) se le llama fermentación, cuando el aceptor es una sustancia inorgánica ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$  y fumarato) se llama respiración anaerobia, como lo explica la figura siguiente. (MESAS Y ALEGRE, 1999).



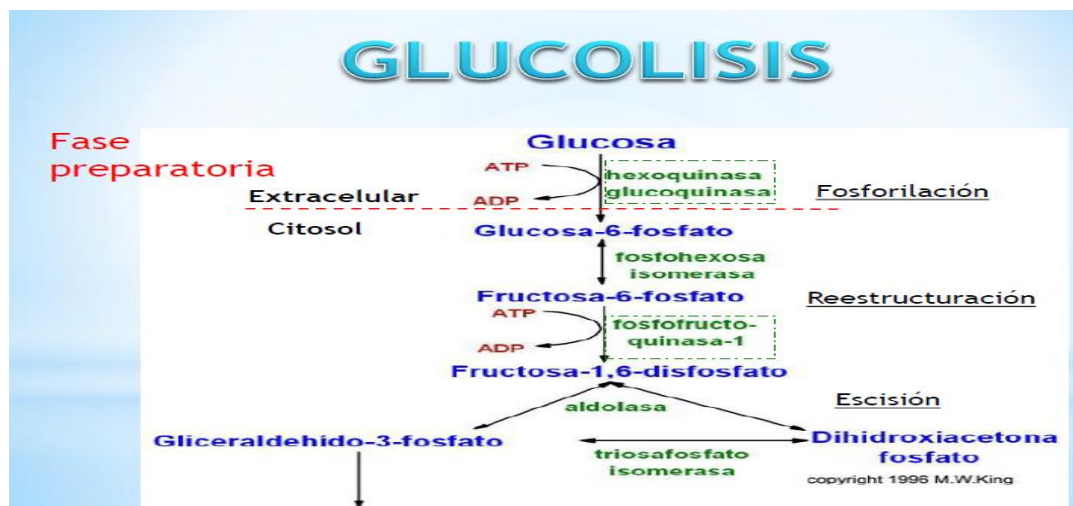
**Ilustración 6:** Respiración y fermentación en la recuperación de  $\text{NAD}^+$ . Fuente: MESAS Y ALEGRE (1999)

La ilustración 6 explica las diferentes rutas de la fermentación alcohólica dando origen una diversidad de fermentaciones como: alcohólica, homoláctica, heteroláctica, ácido-mixta, butanodiólica, propiónica, acetona – butanol. (POTTER Y HOTCHKISS, 1999).



**Ilustración 7:** Diferentes rutas de fermentación. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS

Las ilustraciones siguientes reportan las rutas de todo proceso fermentativo que explica los diferentes atributos bioquímicos que la fermentación origina y explican los diferentes atributos fisicoquímicos y sensoriales que se desarrollan al controlar sus parámetros como son el sistema fermentativo, el contenido de humedad, su acides iónica y titulable; así con el tiempo de las reacciones. (POTTER Y HOTCHKISS, 1999).

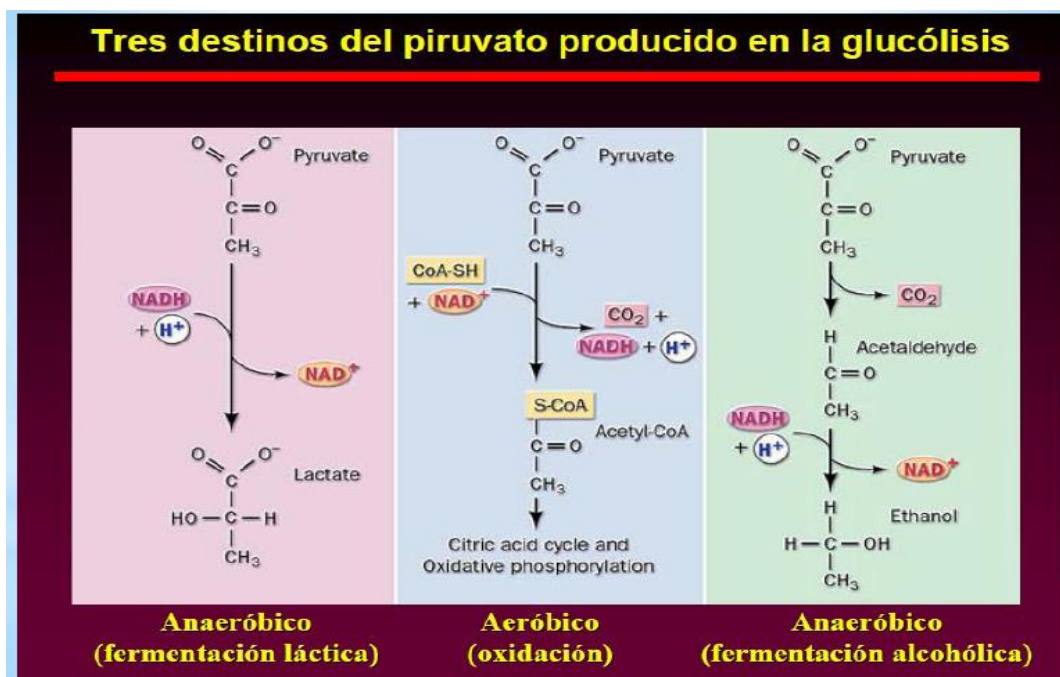


**Ilustración 8:** Ruta de la Glucolisis en su fase preparatoria. Fuente POTTER Y HOTCHKISS (1999)

Gran número de glucósidos aparte de la glucosa entran finalmente a la ruta glucolítica como los polisacáridos; glucógeno y almidón; disacáridos: maltosa, lactosa, trehalosa, sacarosa; monosacáridos: fructosa, manosa, galatosa.



**Ilustración 9:** Obtención del Piruvato. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS (1999)



**Ilustración 10:** Destinos del Piruvato producido en la glucólisis. Fuente: POTTER Y HOTCHKISS (1999)

En todos los procesos de fermentación se debe tener en cuenta los efectos que se describen a continuación (POTTER Y HOTCHKISS, (1999).

Efecto Pasteur: Inhibición de la fermentación por la respiración. La aireación induce a un aumento en la cantidad de biomasa, a una disminución de la producción de alcohol y de consumo de azúcar. Potter y Hotchkiss, (1999).

Efecto Crabtree: Cuando la concentración de azúcar es elevada, *S. cerevisiae* sólo metaboliza los azúcares por vía fermentativa; incluso en presencia de oxígeno la respiración es imposible. POTTER Y HOTCHKISS, (1999).

Estas consideraciones permiten que los procesos de fermentación en estado sólido sean controlados en sus variables y la orientación o beneficio que el proceso fermentativo quiere lograr más que este no dispone de gran cantidad de solución que facilita la fermentación en soluciones que su rapidez de muy significativa con respecto a la fermentación en estado sólido (CHEN, 2005)

### **3.8. CONTROL DE CALIDAD.**

Según PÉREZ (2006), la calidad física del grano lo determina:

- Tamaño y peso de la almendra.
- Porcentaje de fermentación.
- Contenido de testa o cascarilla.
- Contenido de humedad y defectos.
- Los factores condicionantes de calidad son el Aroma, BOULANGER et al., (2006), citado por RODRÍGUEZ (2007), indican que el componente del aroma del cacao depende de numerosos parámetros como la variedad, el terreno, el tratamiento poscosecha y el tostado.

- Según PÉREZ (2006), la calidad organoléptica está determinado por la herencia genética de los cultivares o tipos de cacao y para determinarla intervienen los sentidos del olfato y del gusto.
- En la tabla se indica el efecto de la fermentación y el secado en el sabor del cacao.

**Tabla 5:** Efecto de la fermentación y el secado en el sabor del cacao.

<b>SABOR</b>	<b>EFEECTO</b>	<b>COMPONENTES INVOLUCRADOS</b>
Amargor	Disminución	Teobromina
Astringencia	Disminución considerable	Componentes fenólicos
Acidez	Aumento	Ácidos volátiles
Aroma	Aumento considerable	Precusores (Azúcares, aminas, péptidos) y compuestos fenólicos.

Fuente: AMORES et al.; (2006)

### 3.9. EVALUACIÓN SENSORIAL DE ALIMENTOS.

La evaluación sensorial una disciplina científica mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más de los sentidos humanos, mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo, así como su nivel de agrado, criterios estos que se tienen en cuenta en la formulación y desarrollo de los mismos. (ESPINOSA, 2007).

Son diversas las aplicaciones de esta ciencia, la cual desempeña un papel clave en el ciclo de vida de un producto, de ahí que no se concibe el análisis de un alimento, si no va aparejado de la evaluación de sus propiedades

organolépticas mediante pruebas sensoriales, destacándose la importancia de dicha disciplina no sólo en la actualidad sino también en el futuro. (ESPINOSA, 2007).

Según ESPINOSA, (2007), las consideraciones que la evaluación sensorial implica en su desarrollo se expresa seguidamente:

- Diseño y desarrollo de nuevos productos.
- Mejora de un producto ya existente.
- Mejorar el proceso de producción.
- Reducción de costos.
- Selección de nuevos proveedores.
- Mantenimiento de la calidad.
- Comprobación de la estabilidad durante el almacenaje.
- Estudio de las preferencias del consumidor.

Qué es análisis sensorial; es una herramienta que permite, evaluar las propiedades organolépticas de los productos agroindustriales y determinar su aceptación para el consumidor. (ESPINOSA, 2007).

Es una herramienta básica para: Conocer la aceptación del producto por parte del mercado; conocer sus puntos fuertes y débiles; el desarrollo de nuevos productos; la modificación y mejora de productos actuales; la identificación de diferencias entre productos análogos; el control de calidad; el seguimiento de la evolución de un producto durante su almacenamiento o la determinación de su vida útil; etc. (ESPINOSA, 2007).

Las herramientas de análisis, se indican y se usan para las pruebas:

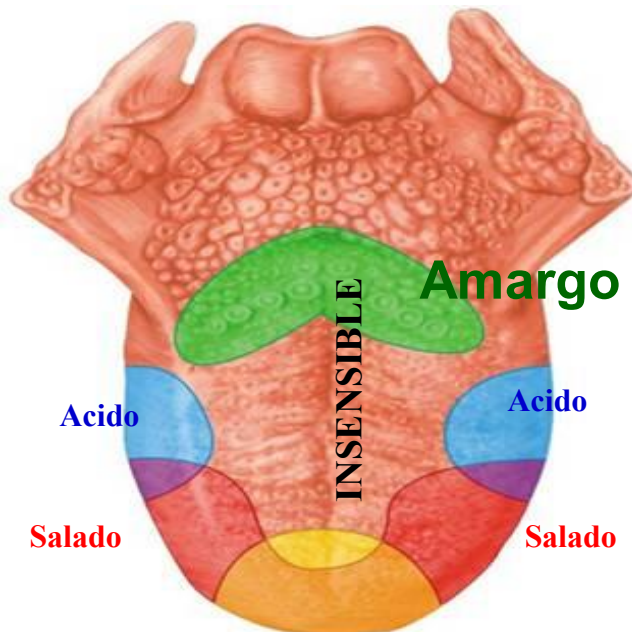
❖ **COLOR Y APARIENCIA:** El Color evalúa el grado de contraste entre los colores. Es afectado por la claridad de la superficie que se observa, la distancia, la atención, la composición espectral lumínica (longitud de onda,

pureza e intensidad). Se evalúa el brillo, transparencia y turbidez: Glaseados, gelatina, bebidas, cerveza. El color de las hortofrutícolas determina el índice de madurez o deterioro, que determina el parámetro de calidad. (ESPINOSA, 2007). El ojo enseña a la mano para la sensación táctil. Se usa el color para mejorar la presentación como: Caramelos, bebidas de fantasía (menta), jugos, mantequilla con caroteno. La reacción de Maillard que mejora el color y da apariencia de buen gusto. (ESPINOSA, 2007).

❖ LA TEXTURA (TACTO): La textura, es la propiedad de los alimentos apreciada por los sentidos del tacto, la vista y el oído; se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. La textura no puede ser percibida si el alimento no ha sido deformado; es decir, por medio del tacto podemos decir, por ejemplo, si el alimento está duro o blando al hacer presión sobre él. Al morderse una fruta, más atributos de textura empezarán a manifestarse como el crujido, detectado por el oído. Al masticarse, entra en contacto con la parte interna de las mejillas, así como con la lengua, las encías y el paladar, que nos permitirá decir si la fruta presenta fibrosidad, ranulosidad, jugosidad, etc. Las características geométricas (Tamaño, forma de las partículas) y las propiedades lubricantes (Humedad y grasa) determinan también la textura del producto. (ESPINOZA, 2007).

❖ EL GUSTO: El gusto o sabor básico de un alimento puede ser ácido, dulce, salado, amargo, o bien puede haber una combinación de dos o más de estos. Esta propiedad es detectada por la lengua. Hay personas que pueden percibir con mucha agudeza un determinado gusto, pero para otros su percepción es pobre o nula. Por ello, es necesario determinar que sabores básicos puede detectar cada persona o cultura de una sociedad. (ESPINOSA, 2007). Las papilas en el gusto que se usan en el aspecto fisiológico son, PAPILASIFORMES: Localizadas en la punta de la lengua sensible al sabor dulce. FUNGIFORMES: Localizada en los laterales inferiores de la lengua, detectan el sabor salado. CORALIFORMES:

Localizadas en los laterales posteriores de la lengua, sensible al sabor ácido.  
 CALICIFORMES: Localizadas en la parte posterior de la cavidad bucal detectan sabor amargo



## Dulce

**Ilustración 11:** Papilas y gusto en la evaluación sensorial. Fuente: ESPINOSA, (2007).

La persona consigue no sólo placer, sino también satisfacción y seguridad de los gustos de los alimentos cuando consume. Cuando se modifican productos ya existentes o se diseñan nuevos productos, el gusto tiene que ser agradable para el consumidor dentro de su cultura. Ya que por más que un alimento sea sano, inocuo, barato, atractivo, pero si su gusto es desagradable, será rechazado. (ESPINOSA, 2007). Un alimento es aceptado: por su Aspecto, Gusto y Textura, en este orden. Se debe conservar en el procesamiento las características organolépticas de los alimentos, para evitar añadir gustos artificiales, para la diversificación de productos: color, forma, sabor.

❖ **OLOR Y AROMA:** El Olor, acto de percepción con la nariz las sustancias volátiles liberadas de los alimentos; dicha propiedad en la mayoría de las sustancias olorosas es diferente para cada alimento. (ESPINOSA, 2007). En la evaluación de olor es muy importante que no haya contaminación de un olor con otro, por tanto, los alimentos que van a ser evaluados deberán mantenerse en recipientes herméticamente cerrados. El Aroma, consiste en la percepción de las sustancias olorosas y aromáticas de un alimento después de haberse puesto en la boca. Dichas sustancias se disuelven en la mucosa del paladar y la faringe, llegando a través del Eustaquio a los centros sensores del olfato. (ESPINOSA, 2007). El aroma es el principal componente del sabor de los alimentos, es por eso que cuando tenemos gripe o resfriado el aroma no es detectado. El uso y abuso del tabaco, drogas o alimentos picantes y muy condimentados, insensibilizan la boca y por ende la detección de aromas y sabores. (ESPINOZA, 2007).

❖ **AUDICIÓN:** El sentido del oído nos permite percibir los sonidos, su volumen, tono, timbre y la dirección de la cual provienen. Las vibraciones sonoras son recibidas por el oído y esas sensaciones son transmitidas al cerebro. El oído humano sólo está capacitado para oír un rango de ondas sonoras, ya que no percibe las vibraciones menores a 20 veces por segundo ni mayores a 20.000 veces por segundo. El ruido o sonido producidos al masticar los alimentos constituye la información a los consumidores, que exigen la presencia de estas características al degustarlos. Exigen en la Lechuga, apio, manzanas que sean crujientes. Los Champanes, gaseosas, burbujeantes; cervezas espumosas. Los estímulos para la audición son: detección, discriminación e identificación. (ESPINOZA, 2007).

**a. Comprobación del adiestramiento de jueces.**

Los catadores adiestrados generalmente se preparan para un trabajo continuado de catas periódicas, teniendo en cuenta lo anterior y que

los juicios que estos emiten en la mayoría de los casos son decisivos para dar una respuesta con relación a la calidad, durabilidad o utilidad de los productos, se hace necesario que los mismos una vez adiestrados, se sometan a comprobaciones periódicas que garanticen la confiabilidad de los resultados. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Para cumplir dicho objetivo se emplean métodos estadísticos matemáticos que permiten comprobar la consistencia individual de los jueces y/o la uniformidad del equipo. Se han descrito y ampliamente utilizados para este fin, la prueba de análisis secuencial, análisis de varianza (ANOVA), estadística multivariada (MANOVA), análisis de correlación, y superficies de respuesta. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

El análisis secuencial para su aplicación en la industria en la actualidad tiene diversos fines dentro del campo de la evaluación sensorial, uno de ellos es, la selección de jueces de acuerdo con los resultados que presenten cada uno durante la ejecución de las pruebas triangulares, (también se emplea con pruebas pareada y dúo-trío). El principio del método consiste, en que, a través del rendimiento de ensayos sucesivos, el juez va demostrando su habilidad. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007). El procedimiento a seguir es el siguiente:

- Establecer los parámetros:

$\alpha$  = Error del tipo I (Probabilidad de aceptar un juez que debe ser rechazado).

$\beta$  = Error del tipo II (Probabilidad de rechazar un juez que debe ser aceptado).

$P_0$  = Habilidad máxima de un juez para ser rechazado.

$P_1$  = Habilidad mínima de un juez para ser aceptado

Estos procedimientos se usan para jueces entrenados y jueces seleccionados.

**b. Métodos de evaluación sensorial.**

Existe en la práctica una gran confusión por parte de las personas que no tienen un conocimiento adecuado sobre las técnicas sensoriales, con relación a que información se necesita según el objetivo que se persigue al realizar un estudio sensorial. El tipo de pregunta que causa mayor conflicto es ¿Qué prueba es la más adecuada? (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

En la mayoría de los casos no existe una sola prueba que resuelva el problema y en ocasiones es necesario revisar varias veces el objetivo para tener claro cuál o cuáles métodos hay que aplicar. Con relación a las pruebas que pueden ser utilizadas existen diversas formas de clasificarlas, aunque todos los autores coinciden en que estas se dividen en dos grandes grupos: (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

- Pruebas analíticas
- Pruebas afectivas.

Cualquiera que sea la prueba que se vaya a emplear, es necesario que los jueces entiendan la necesidad de efectuar la misma de la manera más objetiva posible, demuestren su capacidad para seguir las instrucciones y ejecuten la misma de manera correcta. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

❖ **Pruebas analíticas**

Se realizan en condiciones controladas de laboratorio y son realizadas con jueces que han sido seleccionados y entrenados previamente

(jueces analíticos). Las mismas se subdividen en pruebas discriminatorias, escalares y descriptivas. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Las pruebas discriminatorias permiten comparar dos o más productos, e incluso estimar el tamaño de la diferencia. De manera general son sencillas y de gran utilidad práctica. Las pruebas escalares son aquellas en las cuales se mide de manera cuantitativa la intensidad de una propiedad sensorial con la ayuda de una escala. Debido a que las mismas se emplean como herramientas de trabajo en otros métodos sensoriales, algunos autores y especialistas en la temática no las tienen en cuenta dentro de la clasificación de los métodos de evaluación sensorial. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Las pruebas descriptivas son de manera general más complejas, mediante las mismas los jueces establecen los descriptores que definen las diferentes características sensoriales de un producto y utilizan dichos descriptores para cuantificar las diferencias existentes entre varios productos. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

#### ❖ **Pruebas afectivas**

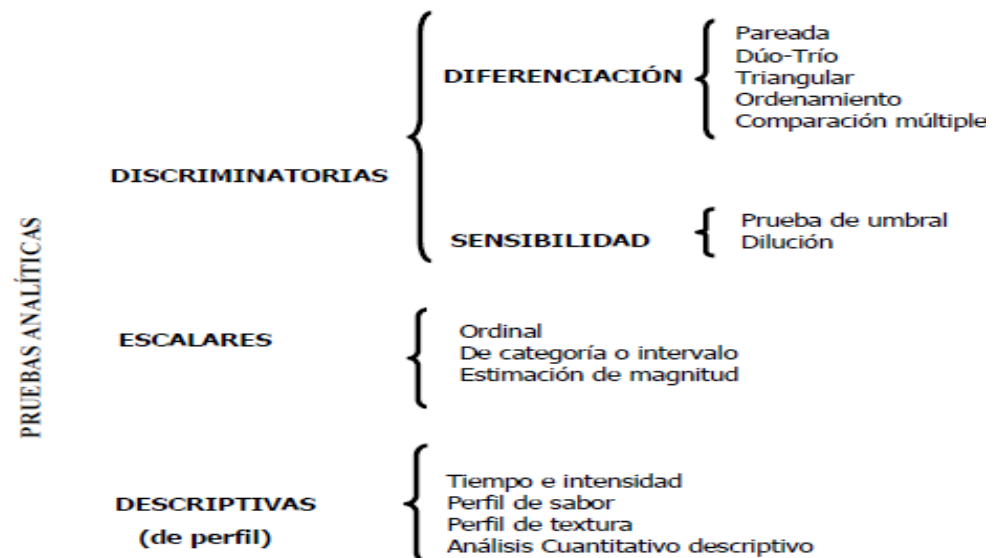
Se realizan con personas no seleccionadas ni entrenadas, las que constituyen los denominados jueces afectivos. Los mismos en la mayoría de los casos se escogen atendiendo a que sean consumidores reales o potenciales del producto que se evalúa, pudiendo tener en cuenta situaciones económicas, demográficas, entre otros aspectos. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Las pruebas afectivas se emplean en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, de ahí que puedan

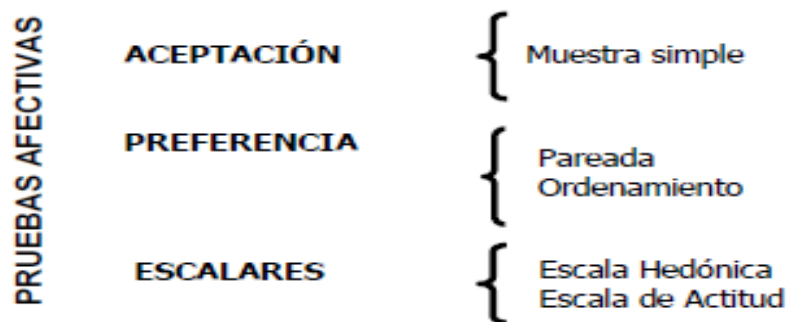
llevarse a cabo en supermercados, escuelas, plazas, etc. Los resultados que de las mismas se obtienen siempre permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos por lo que es importante que las personas entiendan la necesidad de emitir respuestas lo más reales posibles. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

El cuestionario a emplear es otro elemento que debe ser analizado con rigor, para evitar que este introduzca errores en los resultados obtenidos. El mismo no debe ser muy extenso para evitar fatiga en los jueces o rechazo a realizar la prueba, además debe ser fácil de responder, redactarse de manera clara con preguntas de fácil comprensión y con impresión legible. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

La clasificación de los métodos de evaluación sensorial se indica en las ilustraciones siguientes:



**Ilustración 12:** Evaluación sensorial pruebas analíticas. Fuente: PEDRERO Y PANGBORN, (2007).



**Ilustración 13:** Evaluación sensorial pruebas afectivas. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007).

**c. Métodos escalares.**

En estas pruebas el juez responde a las distintas características organolépticas de un producto mediante la evaluación de la intensidad de cada una de estas, según una escala que puede traducirse a valores numéricos. La puntuación obtenida se procesa estadísticamente. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Escala Ordinal: Estas escalas son de gran utilidad para obtener respuestas rápidas acerca de la diferencia entre varias muestras. Los valores de las escalas ordinales indican la posición relativa que el degustador le asigna a una muestra con respecto a las demás del grupo evaluado. Las muestras se presentan debidamente codificadas, de manera desordenada, y el catador le asigna un orden numérico a cada una de ella, obteniendo resultados que se procesan de igual manera que en las pruebas de ordenamiento previamente explicadas. Se recomienda emplear como máximo seis muestras para evitar fatigas o adaptación sensorial. (PEDRERO Y PANGBORN, 2007).

Ficha 1

Fecha \_\_\_\_\_

Evalúe las cuatro muestras recibidas de izquierda a derecha y dé un valor numérico según su calidad. No se permite empates.

Orden	Muestras
1	_____
2	_____
3	_____
4	_____

Observaciones \_\_\_\_\_

**Ilustración 14:** Ficha de una prueba de escala ordinal. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007).

Escala de categoría o intervalo: Son utilizadas con mucha frecuencia en la evaluación sensorial de alimentos, permitiendo calificar de acuerdo a una escala predeterminada los diferentes grados de calidad cuando se usan jueces adiestrados. Estas escalas permiten conocer la intensidad de la diferencia entre varias muestras. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Pueden clasificarse de acuerdo a su representación, a su estructura y al número de sensaciones que describen de la manera siguiente:

Por su representación: Verbal o Gráfica

Según su estructura: Estructurada o No estructurada

Según las sensaciones que describen: Polares o Bipolares.  
(PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala verbal: Se presenta la escala definida por expresiones literales (adverbios o adjetivos modificadores), que le permite al juez conocer la intensidad en que se presenta un atributo dado en la muestra

analizada. Siempre son estructuradas. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala gráfica: A diferencia de las anteriores el juez sólo recibe un segmento de línea que puede ser vertical u horizontal, en el cual aparecen expresiones verbales fijas en determinados puntos de la misma, según esta sea estructurada o no. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala estructurada: Es un continuo donde se define cada punto que comprende los cambios por lo que puede esperarse se presente la variación de la característica sensorial. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala no estructurada: Continuo donde sólo se definen los extremos del segmento y en ocasiones el centro, se da plena libertad al juez para indicar dónde radica su juicio. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala unipolar: Se refieren a la presencia o ausencia de una sensación determinada. (Pedrero y Pangborn, 2007).

Escala bipolar: Incluye dos sensaciones distintas relacionadas entre sí (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

Escala verbal estructurada:

Extremadamente amargo

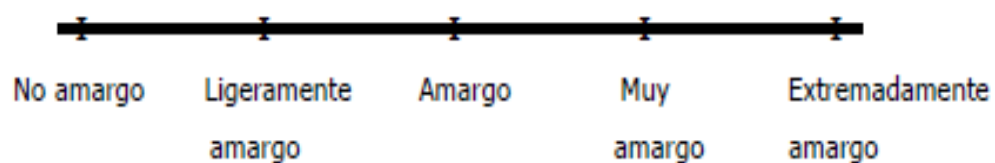
Muy amargo

Amargo

Ligeramente amargo

No amargo

Escala gráfica estructurada:



**Ilustración 15:** La escala de tipo unipolar. Fuente: PEDRERO y PANGBORN, (2007).

Las escalas mostradas en la ilustración 15 son de tipo unipolar, el punto neutral o cero está ubicado en uno de los extremos de la escala, en ellas se evalúa la intensidad de un solo atributo, sabor amargo. (PEDRERO y PANGBORN, 2007).

## IV. RESULTADOS.

### 4.1. RESULTADOS DEL MANEJO POSCOSECHA.

#### 4.1.1. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MADUREZ DE LOS FRUTOS (SÓLIDOS SOLUBLES °BX).

En la tabla 6, se observa los resultados de las medidas de los grados Brix, en los tres prototipos de fermentadores y en las tres repeticiones, para poder tener un punto de partida en las mazorcas maduras.

**Tabla 6:** Grados Brix del exudado de cacao.

HORAS FERMENT.	TIPO FERMENTADORES	Grados Brix (Repeticiones)			PROMEDIO
		R1	R2	R3	
0.00	F1	16.00	15.00	11.00	14.00
	F2	15.00	16.00	16.00	15.67
	F3	15.00	12.00	16.00	14.33
			<b>Promedio total</b>		14.67
	R1: REPETICIÓN	F1: Fermentador Cuadrado de Madera.			
	R2: REPETICIÓN	F2: Fermentador Cilindrico de Plástico.			
	R3: REPETICIÓN	F3: Fermentador de Gavetas de Madera.			

#### 4.1.2. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LAS MAZORCAS.

En la tabla 7 se reportaron las medidas de la biometría de las mazorcas con respecto a su peso, largo y ancho de una muestra de catorce unidades seleccionadas aleatoriamente.

**Tabla 7:** Medidas biométricas de las mazorcas.

Numero de mazorca	PESO MAZORCAS kg	LARGO cm	ANCHO cm
01	0.490	18.500	7.700
02	0.450	17.000	7.800
03	0.410	17.000	7.700
04	0.720	20.400	9.000
05	0.400	14.300	8.500
06	0.350	15.500	7.500
07	0.990	20.000	10.500
08	0.660	19.500	9.500
09	0.580	20.000	8.500
10	0.970	27.700	10.000
11	0.970	24.000	9.700
12	0.410	16.000	7.000
13	0.700	14.700	10.400
14	0.490	15.100	8.500

**a. Histograma del peso de las mazorcas.**

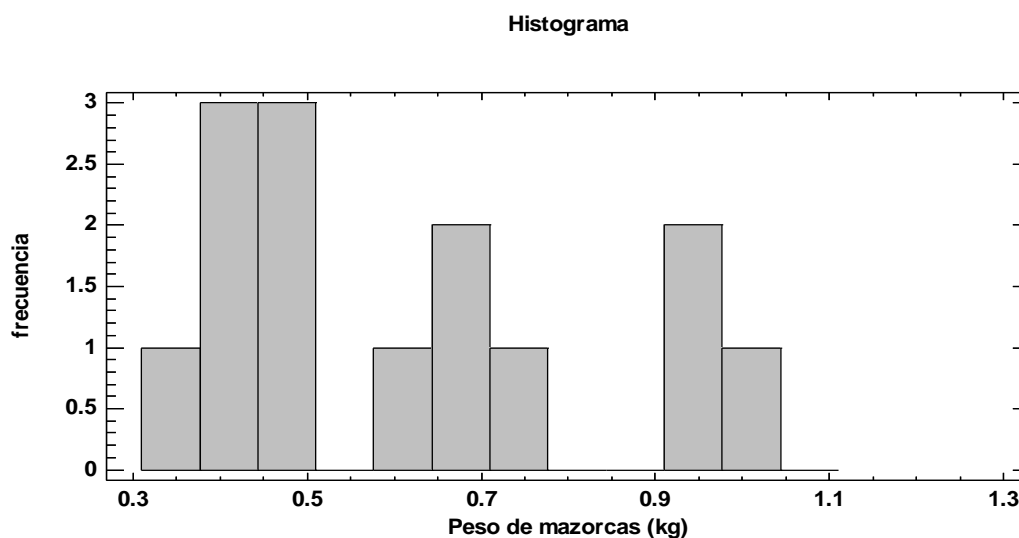
Se reportó el histograma del peso de las mazorcas en sus medidas biométricas; el histograma - peso de mazorcas (kg) con 14 valores con rango desde 0.35 a 0.99

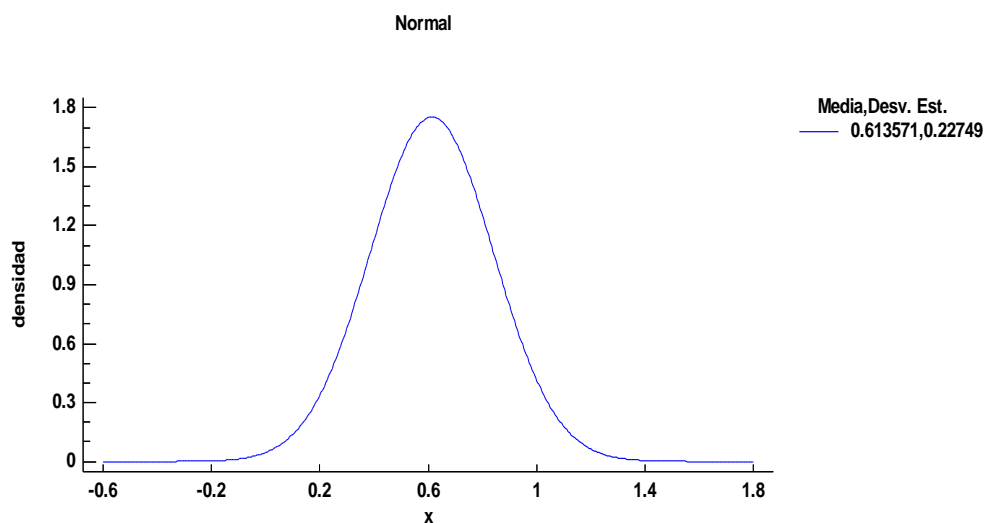
**Tabla 8:** Tabla de frecuencias para el peso (kg).

<i>Clas</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Punto Medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
	menor o igual	0.31		0	0.0000	0	0.0000
1	0.31	0.376667	0.343333	1	0.0714	1	0.0714
2	0.376667	0.443333	0.41	3	0.2143	4	0.2857
3	0.443333	0.51	0.476667	3	0.2143	7	0.5000
4	0.51	0.576667	0.543333	0	0.0000	7	0.5000
5	0.576667	0.643333	0.61	1	0.0714	8	0.5714
6	0.643333	0.71	0.676667	2	0.1429	10	0.7143
7	0.71	0.776667	0.743333	1	0.0714	11	0.7857
8	0.776667	0.843333	0.81	0	0.0000	11	0.7857
9	0.843333	0.91	0.876667	0	0.0000	11	0.7857
10	0.91	0.976667	0.943333	2	0.1429	13	0.9286
11	0.976667	1.04333	1.01	1	0.0714	14	1.0000
12	1.04333	1.11	1.07667	0	0.0000	14	1.0000
	mayor de	1.11		0	0.0000	14	1.0000

Media = 0.613571 Desviación Estándar = 0.227549

La tabla 8 permitió configurar la ilustración 16 y 17 que reporta el histograma de frecuencias de la biometría del peso.

**Ilustración 16:** Histograma de la biometría del peso.



**Ilustración 17:** Distribución de la probabilidad de la biometría del peso.

### Histograma del largo de las mazorcas.

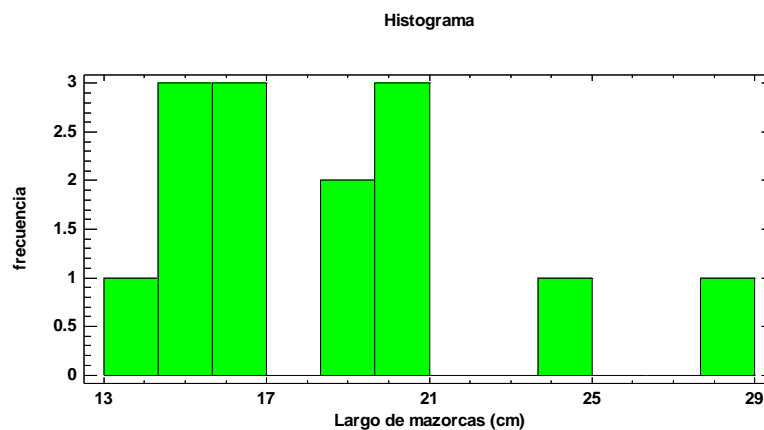
Se reporta seguidamente la variación del peso de las muestras de la biometría del largo de las mazorcas (cm), de 14 valores con rango desde 14.3 a 27.7

**Tabla 9:** Tabla de frecuencias para largo de mazorcas (cm).

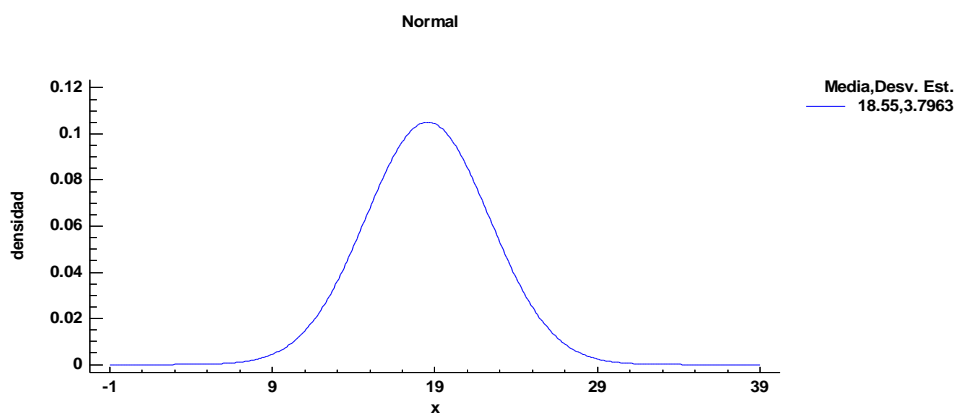
<i>Clase</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Punto Medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Relativa Acumulada</i>
	menor o igual	13.0		0	0.0000	0	0.0000
1	13.0	14.3333	13.6667	1	0.0714	1	0.0714
2	14.3333	15.6667	15.0	3	0.2143	4	0.2857
3	15.6667	17.0	16.3333	3	0.2143	7	0.5000
4	17.0	18.3333	17.6667	0	0.0000	7	0.5000
5	18.3333	19.6667	19.0	2	0.1429	9	0.6429
6	19.6667	21.0	20.3333	3	0.2143	12	0.8571
7	21.0	22.3333	21.6667	0	0.0000	12	0.8571
8	22.3333	23.6667	23.0	0	0.0000	12	0.8571
9	23.6667	25.0	24.3333	1	0.0714	13	0.9286
10	25.0	26.3333	25.6667	0	0.0000	13	0.9286
11	26.3333	27.6667	27.0	0	0.0000	13	0.9286
12	27.6667	29.0	28.3333	1	0.0714	14	1.0000
	mayor de	29.0		0	0.0000	14	1.0000

Media = 18.55    Desviación Estándar = 3.7963

A partir de la tabla 9 se obtuvieron las ilustraciones siguientes



**Ilustración 18:** Histograma de la biometría del largo de las mazorcas



**Ilustración 19:** Distribución de la probabilidad de la biometría del largo de las mazorcas.

**b. Histograma del ancho de las mazorcas.**

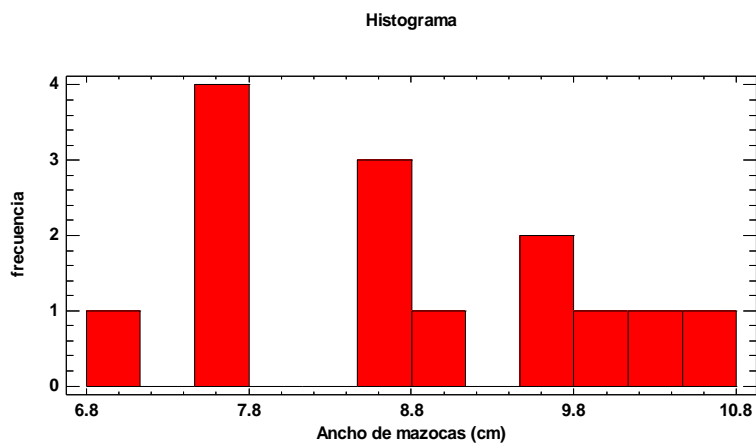
Se reporta seguidamente la variación del ancho de las muestras de la biometría del ancho de las mazorcas (cm), de 14 valores con rango desde 7.0 a 10.5

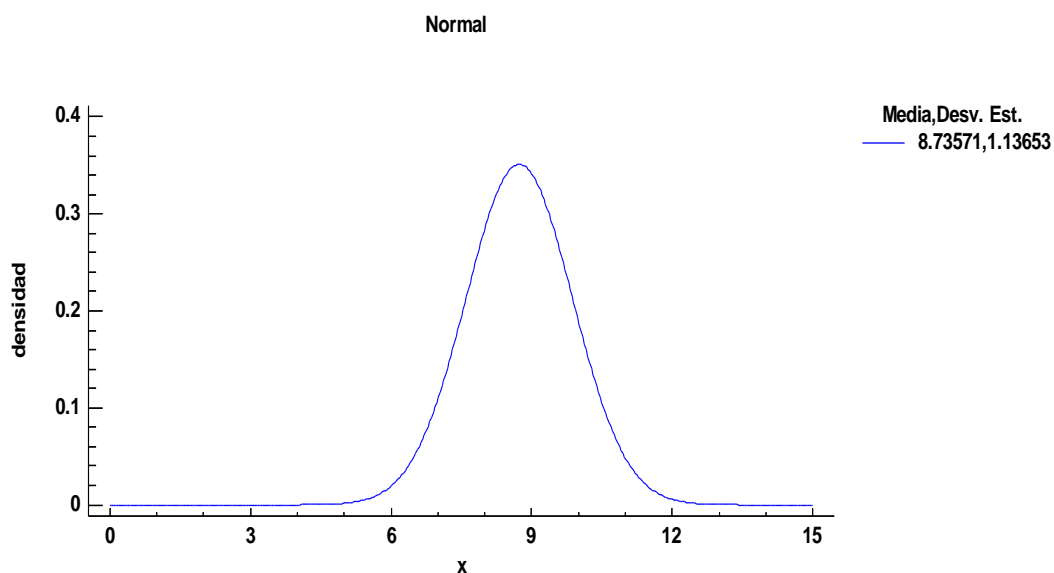
**Tabla 10:** Tabla de frecuencias para ancho de mazorcas (cm).

	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
	menor o igual	6.8		0	0.0000	0	0.0000
1	6.8	7.13333	6.96667	1	0.0714	1	0.0714
2	7.13333	7.46667	7.3	0	0.0000	1	0.0714
3	7.46667	7.8	7.63333	4	0.2857	5	0.3571
4	7.8	8.13333	7.96667	0	0.0000	5	0.3571
5	8.13333	8.46667	8.3	0	0.0000	5	0.3571
6	8.46667	8.8	8.63333	3	0.2143	8	0.5714
7	8.8	9.13333	8.96667	1	0.0714	9	0.6429
8	9.13333	9.46667	9.3	0	0.0000	9	0.6429
9	9.46667	9.8	9.63333	2	0.1429	11	0.7857
10	9.8	10.1333	9.96667	1	0.0714	12	0.8571
11	10.1333	10.4667	10.3	1	0.0714	13	0.9286
12	10.4667	10.8	10.6333	1	0.0714	14	1.0000
	mayor de	10.8		0	0.0000	14	1.0000

Media = 8.73571 Desviación Estándar = 1.13653

La tabla 10 se procesó para obtener los gráficos del comportamiento de las mazorcas con respecto a su biometría del ancho que se reportan seguidamente.

**Ilustración 20:** Histograma de la biometría del ancho de las mazorcas.



**Ilustración 21:** Distribución de la probabilidad de la biometría del ancho.

#### **4.1.3. RESULTADO DEL NÚMERO DE SEMILLAS EN LAS MAZORCAS MUESTREADAS.**

La tabla 11 presenta la evaluación y conteo del número de semillas por unidad de mazorca y su respectivo peso para ser procesadas mediante la estadística descriptiva, sus histogramas.

**Tabla 11:** Número de semillas por cada mazorca muestreada.

Numero de mazorca	Número de semillas Unidades	Peso de pepas (kg)
01	12.000	0.050
02	8.000	0.030
03	51.000	0.100
04	31.000	0.110
05	12.000	0.050
06	6.000	0.030
07	36.000	0.170
08	12.000	0.060
09	19.000	0.080
10	51.000	0.210
11	37.000	0.150
12	13.000	0.050
13	24.000	0.110
14	14.000	0.060

**a. Histograma del número de semillas por mazorca muestreadas**

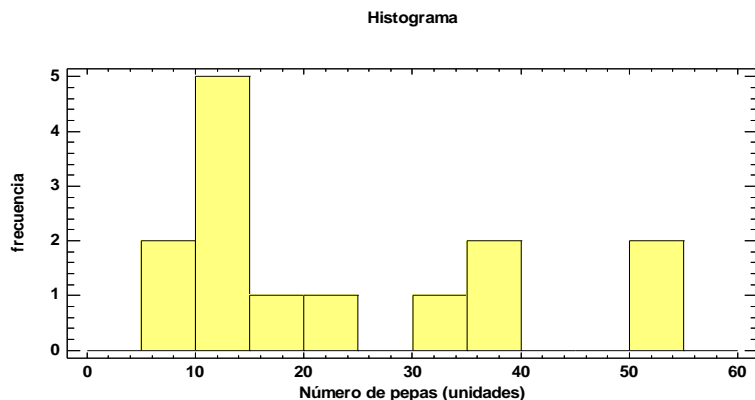
Se reporta los valores del número de semillas por mazorcas muestreadas del número de semillas (unidades) con la selección de la variable: Número de semillas (unidades), con 14 valores con rango desde 6.0 a 51.0 como se indica en la tabla 12.

**Tabla 12:** Tabla de frecuencias para número de semillas (unidades).

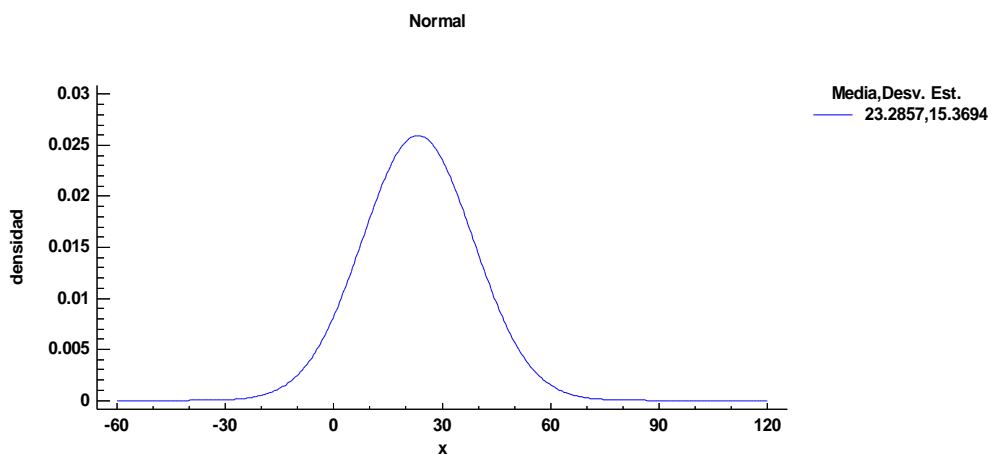
	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>	<i>Punto Medio</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Frecuencia Relativa</i>	<i>Frecuencia Acumulada</i>	<i>Frecuencia Rel. Acum.</i>
	menor o igual	0		0	0.0000	0	0.0000
1	0	5.0	2.5	0	0.0000	0	0.0000
2	5.0	10.0	7.5	2	0.1429	2	0.1429
3	10.0	15.0	12.5	5	0.3571	7	0.5000
4	15.0	20.0	17.5	1	0.0714	8	0.5714
5	20.0	25.0	22.5	1	0.0714	9	0.6429
6	25.0	30.0	27.5	0	0.0000	9	0.6429
7	30.0	35.0	32.5	1	0.0714	10	0.7143
8	35.0	40.0	37.5	2	0.1429	12	0.8571
9	40.0	45.0	42.5	0	0.0000	12	0.8571
10	45.0	50.0	47.5	0	0.0000	12	0.8571
11	50.0	55.0	52.5	2	0.1429	14	1.0000
12	55.0	60.0	57.5	0	0.0000	14	1.0000
	mayor de	60.0		0	0.0000	14	1.0000

Media = 23.2857    Desviación Estándar = 15.3694

Estos valores pueden verse gráficamente, los resultados de la tabulación mediante su histograma de frecuencias como se indica en las ilustraciones 22 y 23.



**Ilustración 22:** Histograma del contenido de semillas en las mazorcas muestreadas.



**Ilustración 23:** Distribución de la probabilidad normal del contenido de semillas en las mazorcas muestreadas.

**b. Histograma del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.**

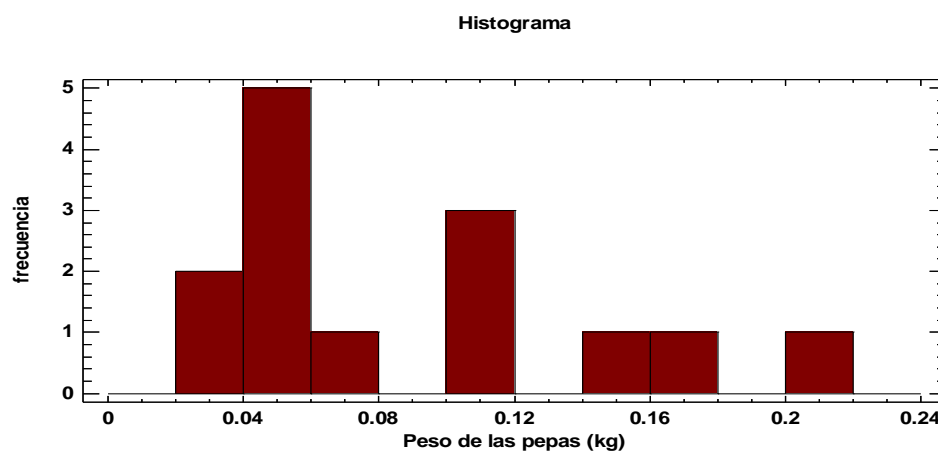
Se reporta los valores del número de semillas por mazorcas muestreadas del Número de semillas (unidades) con la selección de la Variable: peso de las semillas (kg), con 14 valores con rango desde 0.03 a 0.21; como se indica en la tabla 13.

**Tabla 13:** Tabla de frecuencias para peso de las semillas (kg).

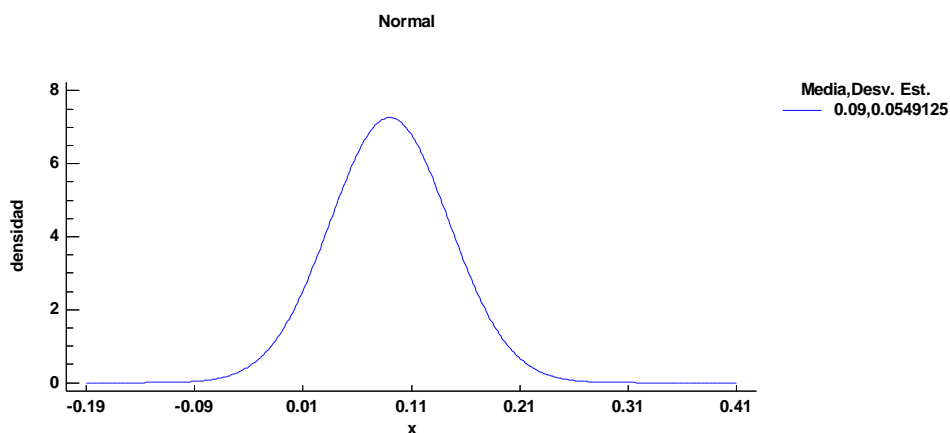
	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>		<i>Frecuen</i>	<i>Frecuen</i>	<i>Frecuen</i>
<i>Clas</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>	<i>Punto</i>	<i>Frecuen</i>	<i>Relativa</i>	<i>Frecuen</i>
<i>e</i>			<i>Medio</i>	<i>cia</i>	<i>Acumula</i>	<i>Rel.</i>
	menor o	0		0	0.0000	0
	igual					0.0000
1	0	0.02	0.01	0	0.0000	0
2	0.02	0.04	0.03	2	0.1429	2
3	0.04	0.06	0.05	5	0.3571	7
4	0.06	0.08	0.07	1	0.0714	8
5	0.08	0.1	0.09	0	0.0000	8
6	0.1	0.12	0.11	3	0.2143	11
7	0.12	0.14	0.13	0	0.0000	11
8	0.14	0.16	0.15	1	0.0714	12
9	0.16	0.18	0.17	1	0.0714	13
10	0.18	0.2	0.19	0	0.0000	13
11	0.2	0.22	0.21	1	0.0714	14
12	0.22	0.24	0.23	0	0.0000	14
	mayor de	0.24		0	0.0000	14

Media = 0.09 Desviación Estándar = 0.0549125

Estos valores pueden verse gráficamente, los resultados de la tabulación mediante su histograma de frecuencias como se indica en las ilustraciones 24 y 25.



**Ilustración 24:** Histograma del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.



**Ilustración 25:** Distribución de la probabilidad normal del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.

**c. Comparación entre el número de semillas con respecto a su peso en las mazorcas muestreadas.**

Se realizó la comparación de dos Muestras - Número de semillas (unidades) & Peso de las semillas (kg) (Peso de las semillas (kg)) con relaciones indicadas

Muestra 1: Número de semillas (unidades)

Muestra 2: Peso de las semillas (kg)

Selección de la Variable: Peso de las semillas (kg)

Muestra 1: 14 valores en el rango de 6.0 a 51.0

Muestra 2: 14 valores en el rango de 0.03 a 0.21

**Tabla 14:** Resumen estadístico de comparación del número de semillas con su peso en las mazorcas muestreadas.

	Número de semillas (unidades)	Peso de las semillas (kg)
Recuento	14	14
Promedio	23.2857	0.09
Desviación Estándar	15.3694	0.0549125
Coeficiente de Variación	66.0037%	61.0139%
Mínimo	6.0	0.03
Máximo	51.0	0.21
Rango	45.0	0.18
Sesgo	1.23288	1.48525
Estandarizado		
Curtosis	-0.493913	0.117845
Estandarizada		

❖ **Comparación de medias del número de semillas con respecto al peso.**

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de número de semillas (unidades): 23.2857 +/- 8.87407 [14.4116; 32.1598]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de peso de las semillas (kg): 0.09 +/- 0.0317056 [0.0582944; 0.121706]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 23.1957 +/- 8.44348 [14.7522; 31.6392] como se indica en la figura 26.

**Prueba t para comparar medias.**

$H_1$  = No existe correspondencia entre el número de semillas y el peso de las semillas.

$H_0$  = Existe correspondencia entre el número de semillas y el peso de las semillas.

Hipótesis nula: Media1 = Media2

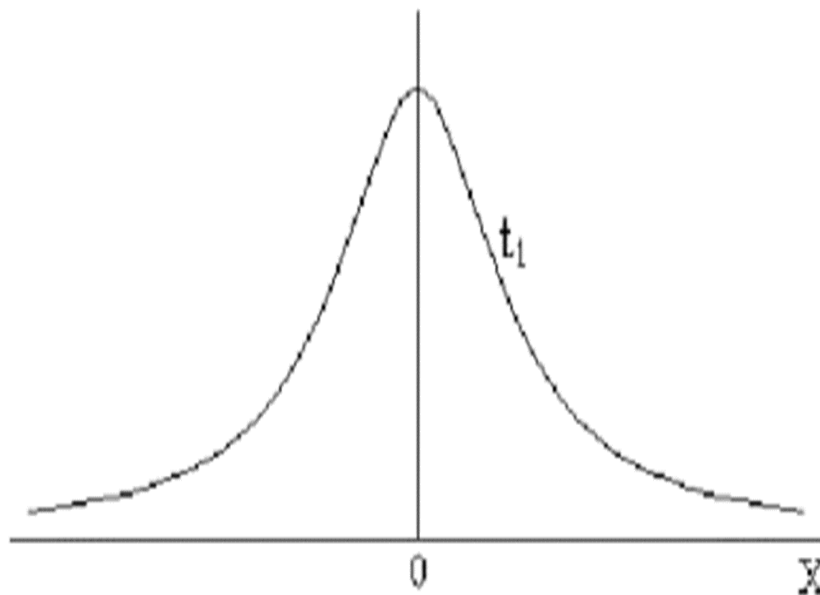
Hipótesis alterna: Media1 <> Media2

Suponiendo varianzas iguales:  $t = 5.64691$

Valor - P = 0.00000615053

Se rechaza la hipótesis nula para  $\alpha = 0.05$ .

Aquí  $t_{\text{obtenida}}: 5.6491 > t_{\text{crítico}}: 2.160$  por lo tanto se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

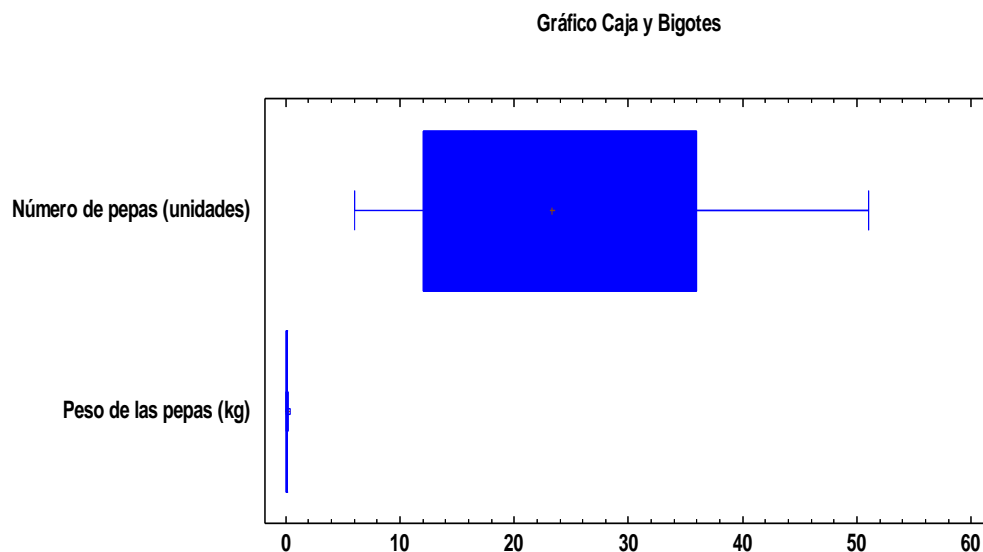


**Ilustración 26:** Prueba de T de correspondencia entre el número de pepas y el peso en las mazorcas muestreadas.

Este comportamiento se pueda comprobar en la siguiente ilustración de caja y bigotes.

De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 14.7522 hasta 31.6392. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%. En la prueba t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones, de las cuales provienen las dos muestras, en este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las

dos medias es igual a 0.0, versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor -P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.



**Ilustración 27:** Gráfica de caja y bigotes de la correspondencia entre el número de semillas y peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.

#### 4.1.4. RESULTADOS DEL ALMACENAMIENTO EN LA POSCOSECHA

Medidas del almacén son: Largo 12.10 m; ancho 5.85 m y alto 2.65 m. El almacén con techo de calamina, cerrado sin ingreso de agua; presenta dos ventanas de 1.45 m por 1.05 m, con mallas, que permitieron generar las corrientes conectivas dentro del área de almacenamiento y reportan estas condiciones psicométricas del almacenamiento como se indica en el cuadro siguiente.

**Tabla 15:** Condiciones psicométricas del área de almacenamiento por 24 horas de las mazorcas a almacenar.

Día	Hora	HR %	Temperatura °C	Observación	
01	07:00	56.00	28.50	Soleado	
01	08:00	51.00	30.30		
01	09:00	41.00	34.50		
01	10:00	37.00	36.30		
01	11:00	33.00	36.10		
01	12:00	38.00	33.60		
01	13:00	41.00	32.50		
01	14:00	44.00	31.00		
01	15:00	47.00	31.00		
01	16:00	33.00	30.70		
01	17:00	55.00	29.00		
01	18:00	57.00	32.50		
01	19:00	76.00	25.40		Lluvioso
01	20:00	60.00	25.00		
01	21:00	71.00	25.00		
01	22:00	76.00	26.00		
01	23:00	77.00	28.00		
02	00:00	77.00	28.10	Nublado	
02	01:00	60.00	26.00		
02	02:00	63.00	23.00		
02	03:00	63.00	24.60		
02	04:00	66.00	26.00		
02	05:00	70.00	27.00		
02	06:00	59.00	28.70		
02	07:00	66.00	29.60		

Estas consideraciones psicométricas fueron evaluadas en su relación de la humedad relativa, respecto a su temperatura, para ver la relación de la comparación de estas condiciones y con su promedio determinar las condiciones psicométricas del almacenamiento, como seguidamente se reporta.

**a. Comparación de la temperatura de almacenamiento y la humedad relativa.**

Comparación de dos Muestras - Humedad relativa (%) y temperatura (°C)  
(Humedad relativa (%))

Muestra 1: Humedad relativa (%)

Muestra 2: Temperatura (°C)

Selección de la variable: Humedad relativa (%)

Muestra 1: 25 valores en el rango de 33.0 a 77.0

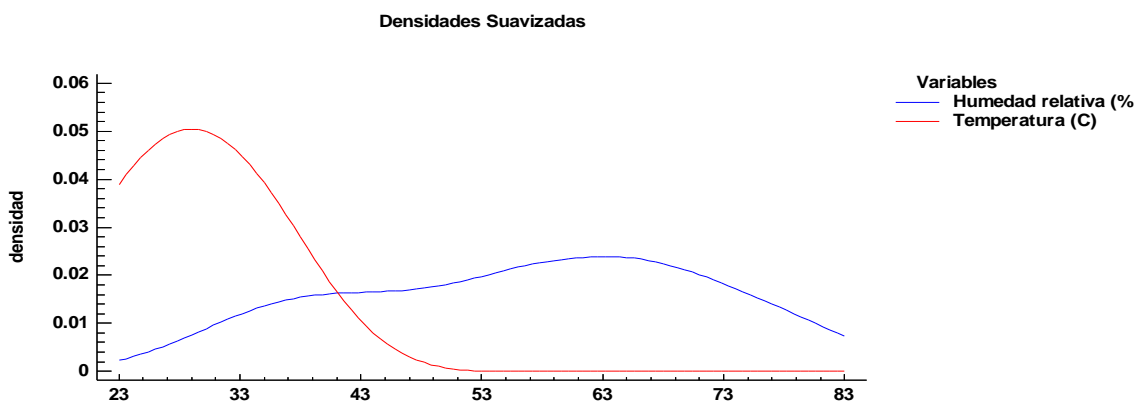
Muestra 2: 25 valores en el rango de 23.0 a 36.3

**Tabla 16:** Resumen estadístico de la comparación de humedad relativa y la temperatura con respecto a la humedad relativa.

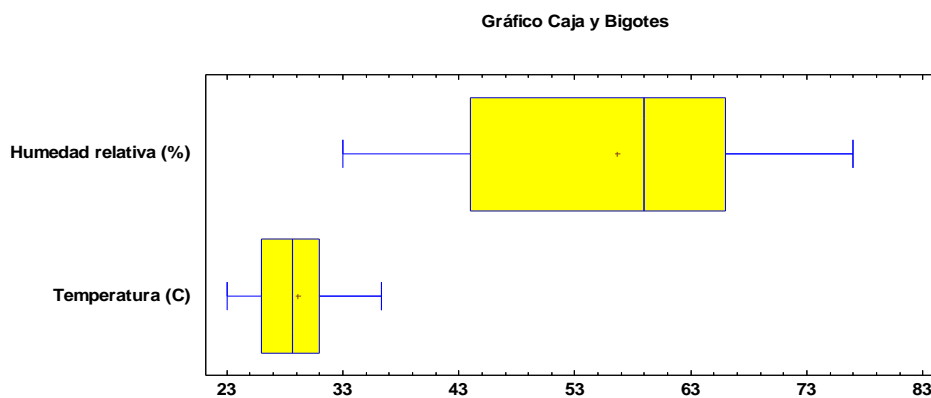
	<i>Humedad relativa (%)</i>	<i>Temperatura (C)</i>
Recuento	25	25
Promedio	56.68	29.136
Desviación Estándar	14.2528	3.68306
Coeficiente de Variación	25.1461%	12.6409%
Mínimo	33.0	23.0
Máximo	77.0	36.3
Rango	44.0	13.3
Sesgo Estandarizado	-0.409615	0.777368
Curtosis Estandarizada	-1.14381	-0.684636

La tabla contiene el resumen estadístico para las dos muestras de humedad y temperatura, se usaron para evaluar si las diferencias entre los estadísticos de las dos muestras, son estadísticamente significativas, de particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada que pueden usarse para comparar, si las muestras provienen de distribuciones normales, valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, en este caso, ambos valores de sesgo estandarizado se encuentran dentro del rango esperado, ambas

curtosis estandarizadas se encuentran dentro del rango esperado, como se indican en las ilustraciones siguientes.



**Ilustración 28:** Comportamiento de la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento.



**Ilustración 29:** Caja y bigotes del comportamiento de la humedad relativa con respecto a la temperatura.

Se observa la relación que existe entre la temperatura y la humedad relativa, que luego se expresa en las condiciones psicométricas de los valores medios del almacenamiento, estos valores se reportan en el comportamiento de sus histogramas siguientes.

❖ **Histograma del comportamiento de la temperatura con respecto a las horas de almacenamiento.**

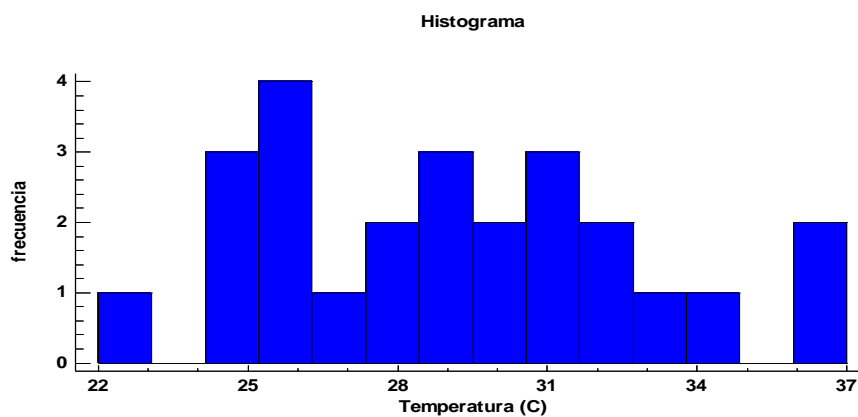
El comportamiento de la temperatura en el almacenamiento se indica el en cuadro siguiente.

**Tabla 17:** Tabla de frecuencias para tiempo (horas del día) para temperatura (°C).

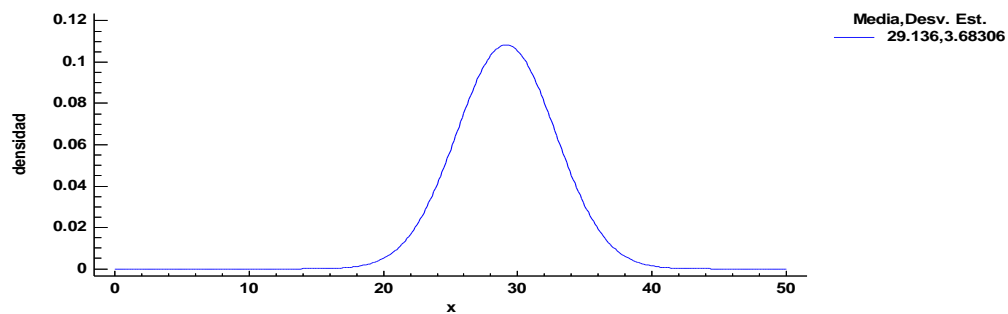
Clase	Límite	Límite	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
	Inferior	Superior			Relativa	Acumulada	Rel. Acum.
	menor o igual	22.0000		0	0.0000	0	0.0000
1	22.0	23.0714	22.5357	1	0.0400	1	0.0400
2	23.0714	24.1429	23.6071	0	0.0000	1	0.0400
3	24.1429	25.2143	24.6786	3	0.1200	4	0.1600
4	25.2143	26.2857	25.7500	4	0.1600	8	0.3200
5	26.2857	27.3571	26.8214	1	0.0400	9	0.3600
6	27.3571	28.4286	27.8929	2	0.0800	11	0.4400
7	28.4286	29.5000	28.9643	3	0.1200	14	0.5600
8	29.5000	30.5714	30.0357	2	0.0800	16	0.6400
9	30.5714	31.6429	31.1071	3	0.1200	19	0.7600
10	31.6429	32.7143	32.1786	2	0.0800	21	0.8400
11	32.7143	33.7857	33.2500	1	0.0400	22	0.8800
12	33.7857	34.8571	34.3214	1	0.0400	23	0.9200
13	34.8571	35.9286	35.3929	0	0.0000	23	0.9200
14	35.9286	37.0000	36.4643	2	0.0800	25	1.0000
	mayor de	37.0000		0	0.0000	25	1.0000

Media = 29.136 Desviación Estándar = 3.68306

La tabla anterior permitió ejecutar la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de tiempo (horas del día) en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo, las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, las que se muestran en las ilustraciones siguientes.



**Ilustración 30:** Histograma del comportamiento de la temperatura con respecto a las horas de almacenamiento.



**Ilustración 31:** Distribución normal del comportamiento de la temperatura de almacenamiento en un día.

La figura anterior permite especificar el número de observaciones deseadas, proveniente de la distribución normal de las muestras aleatorias.

### ❖ **Histograma del comportamiento de la humedad relativa con respecto a las horas de almacenamiento**

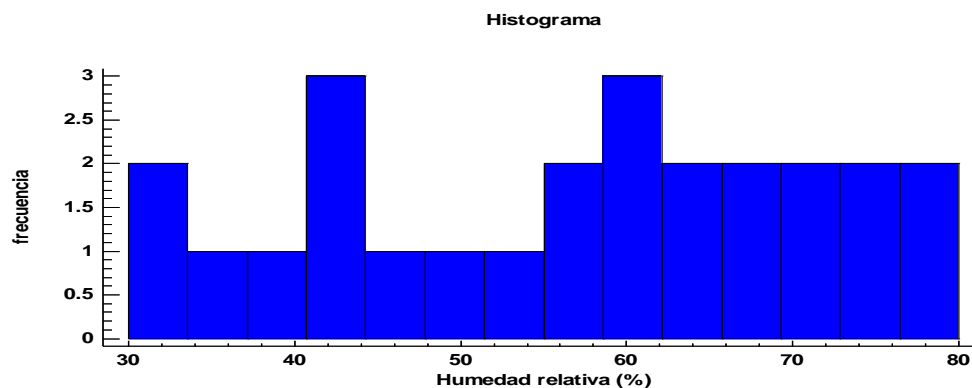
El comportamiento de la humedad relativa se reporta en el cuadro siguiente. Variable: Humedad relativa (%); 25 valores con rango desde 33.0 a 77.0

**Tabla 18:** Tabla de frecuencias para humedad relativa (%).

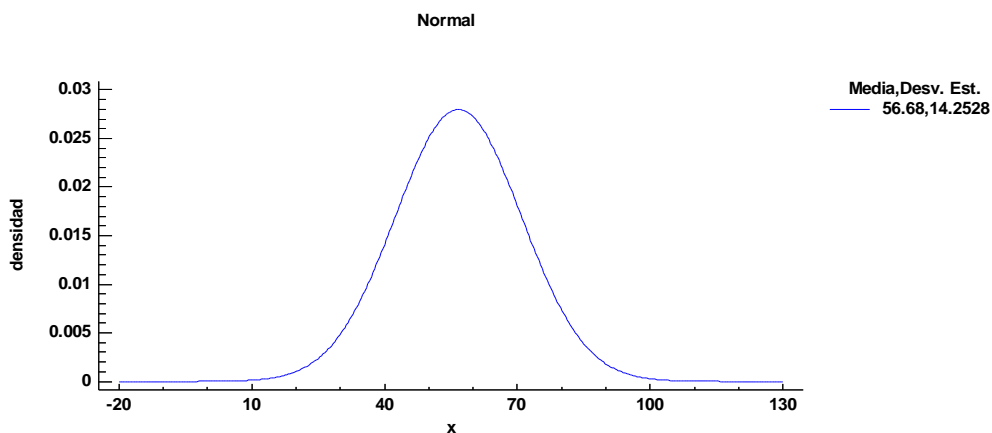
Clase	Límite Inferior	Límite Superior	Punto Medio	Frecuencia	Frecuencia Relativa	Frecuencia Acumulada	Frecuencia Rel. Acum.
	menor o igual						
		30.0000		0	0.0000	0	0.0000
1	30.0000	33.5714	31.7857	2	0.0800	2	0.0800
2	33.5714	37.1429	35.3571	1	0.0400	3	0.1200
3	37.1429	40.7143	38.9286	1	0.0400	4	0.1600
4	40.7143	44.2857	42.5000	3	0.1200	7	0.2800
5	44.2857	47.8571	46.0714	1	0.0400	8	0.3200
6	47.8571	51.4286	49.6429	1	0.0400	9	0.3600
7	51.4286	55.0000	53.2143	1	0.0400	10	0.4000
8	55.0000	58.5714	56.7857	2	0.0800	12	0.4800
9	58.5714	62.1429	60.3571	3	0.1200	15	0.6000
10	62.1429	65.7143	63.9286	2	0.0800	17	0.6800
11	65.7143	69.2857	67.5000	2	0.0800	19	0.7600
12	69.2857	72.8571	71.0714	2	0.0800	21	0.8400
13	72.8571	76.4286	74.6429	2	0.0800	23	0.9200
14	76.4286	80.0000	78.2143	2	0.0800	25	1.0000
	mayor de	80.0000		0	0.0000	25	1.0000

Media = 56.68 Desviación Estándar = 14.2528

Se ejecutó la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de humedad relativa (%) en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo; las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, se indican en las ilustraciones siguientes.



**Ilustración 32:** Histograma del comportamiento de la humedad relativa con respecto a las horas de almacenamiento.



**Ilustración 33:** Distribución normal del comportamiento de la humedad relativa de almacenamiento de un día.

La ilustración anterior permite especificar el número de observaciones deseadas, en una muestra aleatoria proveniente de la distribución normal de las muestras aleatorias.

### **b. Condiciones psicométricas de humedad relativa y temperatura promedio de almacenamiento.**

Con los valores promedios de temperatura de 29.136 °C y una humedad relativa de 56.68 por ciento como se indica en la ilustración siguiente:

Psicrometría		
<b>Datos</b>		
Unidades:	<input checked="" type="radio"/> SI	<input type="radio"/> Ing.
Parámetros	Valor	Unidad
Temperatura:	29.136	C
Temp. b. húmedo:	<input type="radio"/> 22.32819929331	C
Humedad relativa:	<input checked="" type="radio"/> 56.68	%
Punto de rocío	<input type="radio"/> 19.67788095389	C
Altitud SNM	380	m
<input type="button" value="Calcular"/>		
<b>Resultados</b>		
Presión Atmosférica	0.967599867706	bar
Pv sat	40.39911944532	mbar
Pv	22.89822090160	mbar
Humedad absoluta	0.015076393112	kg/kg
Entalpia	67.79066986954	kJ/kg
Volumen específico	0.917409168519	m <sup>3</sup> /kg

**Ilustración 34:** Valores psicométricos de las condiciones de almacenamiento.

Los valores de la presión de vapor de saturación y de la entalpia del aire favorecen las condiciones de fermentación.

## 4.2. RESULTADOS DE LOS MODELOS FÍSICO DE LOS PROTOTIPOS USADOS EN EL PROCESO DE FERMENTACIÓN.

### 4.2.1. PROTOTIPO CLÁSICO DE MADERA CUADRADA.

El prototipo clásico de madera se indica en la ilustración 35, sus medidas son de 40cm x 40cm (largo y ancho) y una altura de 65cm y con orificios en las bases de 0.5 cm de diámetro cada 5 cm de distancia; que se llamó fermentador 1 “(F1)”



**Ilustración 35:** Fermentador F1 prototipo clásico de madera cuadrada.

La ilustración anterior reporta el fermentador F1 en las condiciones psicométricas para todos los tratamientos.

#### **4.2.2. PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO.**

El prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario se indica en la ilustración 36, cuyas medidas son de 65cm de largo y ancho de 28.50cm de diámetro, con perforaciones; que se llamó fermentador 2 “(F2)”



**Ilustración 36:** Fermentador F2 prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario.

Las características del cilindro de plástico según la empresa **ESPORMAPO S.R.L.**

- ❖ Capacidad: 60 L (15 gal)
- ❖ Material: Polietileno de Ultra Peso Molecular de grado alimentario
- ❖ Densidad : 0.93 g/cm<sup>3</sup>
- ❖ Espesor : 3.5 mm
- ❖ Diámetro : 285 mm
- ❖ Altura : 580 mm
- ❖ Usos : Productos Agro Industriales
  - No modifican olores, colores y sabores
  - Resisten al desgaste, impacto, oxidación y corrosión
  - No transmiten sustancias tóxicas
- ❖ Propiedades adicionales:
  - Alta resistencia química
  - Resistente al desgaste
  - Resistente a la corrosion

La ilustración anterior reporta el fermentador F2 en las condiciones psicométricas para todos los tratamientos.

#### **4.2.3. PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETA DE MADERA TIPO ROHAN.**

El prototipo clásico de gaveta de madera se indica en la ilustración 37, sus medidas son de largo 60cm x ancho 50cm y alto 15cm; con perforaciones de 0.5 am de diámetro y 5 cm de distancia; que se llamó fermentador 3 “**(F3)**”



**Ilustración 37:** Fermentador F3 prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN.

La ilustración anterior reporta el fermentador F3 en las condiciones psicométricas para todos los tratamientos.

#### **4.3. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.**

##### **4.3.1. RESULTADOS DEL CONTROL EN PROCESO DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA TEMPERATURA Y EL PORCENTAJE DE FERMENTACIÓN.**

El control de la fermentación con respecto a la temperatura y el porcentaje de fermentación como se indica en la tabla 19, donde se establecieron para su procesamiento de los datos la simbología es la siguiente:

**Fermentador F1:** Prototipo clásico de madera cuadrada

**Fermentador F2:** Prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario.

**Fermentador F3:** Prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN.

**R1:** Repetición 1

**R2:** Repetición 2

**R3:** Repetición 3

Los datos de la medición de la temperatura fueron los datos promedio de la medición en tres puntos de los fermentadores: Alto, medio y bajo o izquierda, medio y derecha, dependiendo del prototipo de los fermentadores.

El secado se realizó bajo sombra; días posteriores se fue sacando al sol en forma gradual.

**Tabla 19:** Control del proceso de fermentación con respecto a la temperatura y al porcentaje de fermentación.

Controles		R1			R2			R3			Observaciones	PROMEDIO	
Horas (h)	Fermentadores	Temperatura (°C)	Remoción	% Fermentación	Temperatura (°C)	Remoción	% Fermentación	Temperatura (°C)	Remoción	% Fermentación		Temperatura (°C)	% Fermentación
0.00	F1	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	HR: 55%	26.00	0.00
	F2	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	T: 29 C	26.00	0.00
	F3	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00	26.00	0.00	0.00		26.00	0.00
24.00	F1	31.00	0.00	0.00	30.50	0.00	0.00	31.00	0.00	0.00	HR: 52%	30.83	0.00
	F2	31.00	0.00	0.00	31.00	0.00	0.00	30.50	0.00	0.00	T: 29.80 °C	30.83	0.00
	F3	31.00	0.00	0.00	31.00	0.00	0.00	30.50	0.00	0.00		30.83	0.00
48.00	F1	36.00	X	17.00	36.50	X	20.00	37.00	X	20.00	HR: 58%	36.50	19.00
	F2	37.00	X	28.00	37.00	X	34.00	37.00	X	34.00	T: 28.30 °C	37.00	32.00
	F3	37.00	X	10.00	37.00	X	12.00	37.50	X	12.00		37.17	11.33
72.00	F1	47.00	X	47.00	45.00	X	43.00	46.00	X	43.00	HR: 52%	46.00	44.33
	F2	41.00	X	73.00	44.00	X	65.00	44.00	X	65.00	T: 30.10 °C	43.00	67.67
	F3	44.00	X	56.00	41.00	X	59.00	44.00	X	65.00		43.00	60.00
96.00	F1	47.00	SECADO	53.00	46.00	SECADO	56.00	46.00	SECADO	56.00	HR: 59%	46.33	55.00
	F2	49.00	SECADO	83.00	48.00	SECADO	87.00	49.00	SECADO	82.00	To: 29.70 °C	48.67	84.00
	F3	48.00	SECADO	78.00	48.00	SECADO	80.00	49.00	SECADO	79.00		48.33	79.00

**a. Evaluación de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1).**

**Tabla 20:** Resultados de la temperatura, el porcentaje de fermentación y tiempo en el prototipo de madera cuadrado (F1).

Fermentador F1	Tiempo (hr)	Temperatura (°C)	% de Fermentación
	0	26.00	0.00
	24	30.80	0.00
	48	36.50	19.00
	72	46.00	44.33
	96	46.33	55.00

❖ **Comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación en prototipo de fermentador de madera cuadrado (F1).**

Muestra 1: % de fermentación

Muestra 2: Temperatura (°C)

Muestra 3: Tiempo (hr)

Selección de la Variable: % de fermentación

Muestra 1: 3 valores en el rango de 19.0 a 55.0

Muestra 2: 3 valores en el rango de 36.5 a 46.33

Muestra 3: 3 valores en el rango de 48.0 a 96.0

Se realizó el procedimiento comparando los datos para realizar las pruebas estadísticas y gráficas, para comparar las muestras, como la prueba-F en la tabla ANOVA, para determinar si hay diferencias significativas entre las medias; también, las pruebas de Rangos Múltiples que permitirán indicar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, también se determinó la presencia de valores atípicos, mediante la prueba de Kruskal-Wallis que permitió comparar las medianas en lugar de las medias, lo que originó las diferentes gráficas, nos permitió juzgar la significancia práctica de los resultados, como se reporta seguidamente.

**Tabla 21:** Resumen estadístico: Comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
% de Fermentación	3	39.4433	18.4908	46.8794%	19.0	55.0
Temperatura (°C)	3	42.9433	5.58253	12.9998%	36.5	46.33
Tiempo (h)	3	72.0000	24.0000	33.3333%	48.0	96.0
Total	9	51.4622	21.8364	42.4319%	19.0	96.0

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% de Fermentación	36.00	-0.782189	
Temperatura (°C)	9.83	-1.21993	
Tiempo (h)	48.00	0.00000	
Total	77.00	1.11142	1.00809

En la tabla 21 se muestra varios estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la tabla ANOVA, hay una diferencia de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande.

**Tabla 22:** Tabla ANOVA de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1916.48	2	958.238	3.03	0.1232
Intra grupos	1898.15	6	316.358		
Total (Corr.)	3814.62	8			

La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. La razón F, que en este caso es igual a 3.02897, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos, puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa, entre las medias de las 3 variables, con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 23:** Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0%.

	Casos	Media	Error Est. (s agrupada)	Límite Inferior	Límite Superior
% de Fermentación	3	39.4433	10.269	21.6755	57.2111
Temperatura (°C)	3	42.9433	10.269	25.1755	60.7111
Tiempo (h)	3	72.0000	10.269	54.2322	89.7678
Total	9	51.4622			

La tabla 23 muestra la media para cada columna de datos; también muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo, el error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel.

La tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media, los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, en las pruebas de Rango Múltiples, estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

**Tabla 24:** Verificación de varianza.

	Prueba	Valor-P
Levene's	0.995209	0.423394

Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
% de Fermentación / Temperatura (°C)	18.4908	5.58253	10.9711	0.1671
% de Fermentación / Tiempo (h)	18.4908	24.0	0.593593	0.7450
Temperatura (°C) / Tiempo (h)	5.58253	24.0	0.0541053	0.1027

Los estadísticos mostrados en la tabla 24, evalúan la hipótesis nula, de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 3 columnas son iguales.

De particular interés es el valor P, puesto que el valor P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza; la tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras, P valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

**Tabla 25:** Pruebas de Rango Múltiple.

Método: 95.0 porcentaje LSD			
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
% de Fermentación	3	39.4433	X
Temperatura (°C)	3	42.9433	X
Tiempo (h)	3	72.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Si</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
	<i>g.</i>		
% de Fermentación - Temperatura (°C)		-3.50000	35.5356
% de Fermentación - Tiempo (h)		-32.5567	35.5356
Temperatura (°C) - Tiempo (h)		-29.0567	35.5356

\* indica una diferencia significativa.

En la tabla 25, se estableció un procedimiento de comparación múltiple, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, la mitad inferior de la salida, muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias; no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza, el método empleado actualmente es para discriminar entre las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher; con este método hay un riesgo del 5.0%, al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

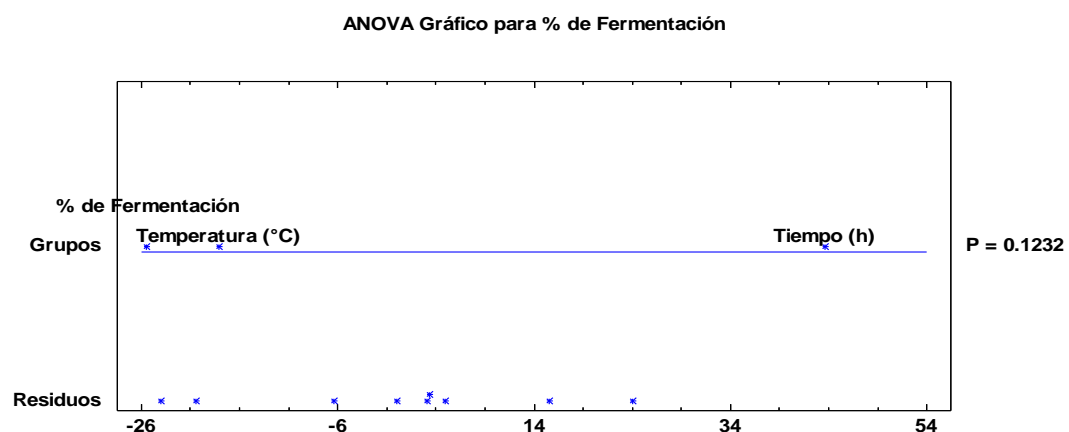
**Tabla 26:** Prueba de Kruskal-Wallis.

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
% de Fermentación	3	3.66667
Temperatura (°C)	3	3.66667
Tiempo (h)	3	7.66667

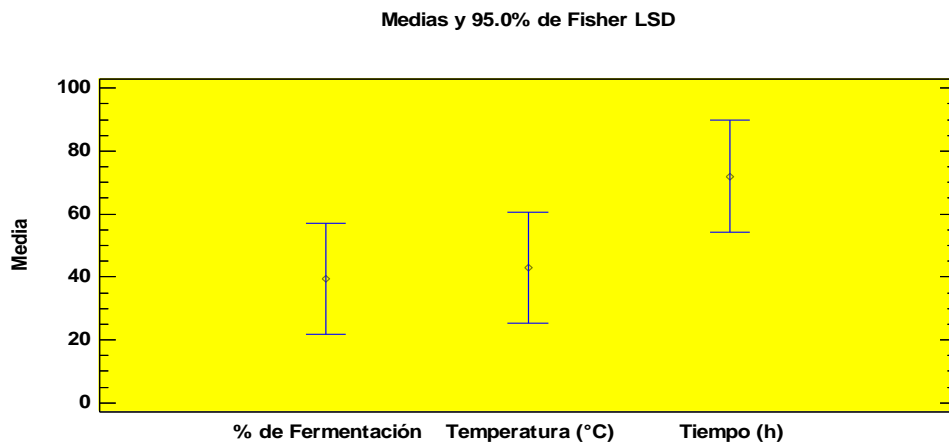
Estadístico = 4.26667 Valor-P = 0.118442

En la tabla 26, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis que evalúa la hipótesis nula, de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma; primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor, después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna, puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza.

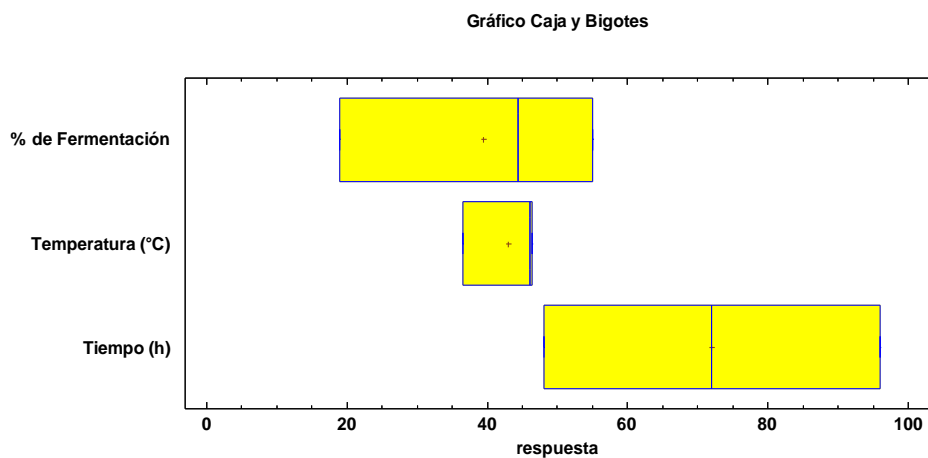
Las ilustraciones siguientes permiten establecer en forma práctica e indican que no hay diferencia significativa, entre el reporte del % de fermentación la temperatura y el tiempo en el fermentador para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1).



**Ilustración 38:** Anova del gráfico de % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada.



**Ilustración 39:** Medias y Fisher LSD del % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1).



**Ilustración 40:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1).

**b. Evaluación de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).**

**Tabla 27:** Resultado de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

Fermentador F2	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	% de Fermentación
	0	26.00	0
	24	30.80	0
	48	37.00	32
	72	43.00	67
	96	48.66	84

❖ **Comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2)**

Muestra 1: Tiempo (h)

Muestra 2: Temperatura (°C)

Muestra 3: % de fermentación

Selección de la Variable: % de Fermentación

Muestra 1: 3 valores en el rango de 48.0 a 96.0

Muestra 2: 3 valores en el rango de 37.0 a 48.66

Muestra 3: 3 valores en el rango de 32.0 a 84.0

- ❖ Se realizó este procedimiento comparando los datos en 3 columnas del archivo de datos actual, para realizar varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras; la prueba-F en la tabla ANOVA determinará si hay diferencias significativas entre las medias; si las hay, las pruebas de rangos múltiples nos indicaran cuáles medias son significativamente diferentes de otras, para la presencia de valores atípicos, puede elegir la prueba de Kruskal-Wallis la cual compara las medianas en lugar de las medias, las diferentes gráficas nos ayudaron a juzgar la significancia práctica de los resultados, en el evaluador del proceso de fermentación del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

**Tabla 28:** Resumen estadístico de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de Fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico grado alimentario (F2).

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
Tiempo (h)	3	72.0000	24.0000	33.3333%	48.0	96.00
Temperatura (°C)	3	42.8867	5.83083	13.5959%	37.0	48.66
% de Fermentación	3	61.0000	26.51410	43.4658%	32.0	84.00
Total	9	58.6289	22.14350	37.7689%	32.0	96.00

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Tiempo (h)	48.00	0	
Temperatura (°C)	11.66	-0.0618246	
% de Fermentación	52.00	-0.68319	
Total	64.00	0.66153	-0.612393

La tabla 28, muestra varios estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, se usó la tabla ANOVA y se construyó las gráficas de medias para mostrar gráficamente, ya que hay una diferencia significativa de más de 3 a 1 entre la desviación estándar más pequeña y la más grande, que se visualiza en el análisis de varianza, ya se asume que las desviaciones estándares de todos los niveles es igual, esto reafirma la diferencia significativa que hay sobre el porcentaje de fermentación.

**Tabla 29:** Tabla ANOVA de la comparación de muestras de tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1296.68	2	648.340	8.59	0.0048
Intra grupos	2626.00	6	437.666		
Total (Corr.)	3922.68	8			

La tabla ANOVA, descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre-grupos y un componente dentro de grupos. La razón F, que en este caso es igual a 8.59, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos, puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 30:** Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0%.

	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i> <i>(s</i>	<i>Límite</i>	<i>Límite Superior</i>
	<i>s</i>		<i>agrupada)</i>	<i>Inferior</i>	
% de Fermentación	3	61.0000	12.0784	40.1015	81.8985
Temperatura (°C)	3	42.8867	12.0784	21.9882	63.7852
Tiempo (h)	3	72.000	12.0784	51.1015	92.8985
Total	9	58.6289			

La tabla 30, muestra la media para cada columna de datos, también se calculó el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo, el error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada, entre el número de observaciones en cada nivel, el cuadro también muestra un intervalo alrededor de cada media; los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y se construyeron de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, por lo que se puede ver gráficamente los intervalos, indicando que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 31:** Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD.

	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
	<i>s</i>		<i>Homogéneos</i>
Temperatura (°C)	3	42.8867	X
% de Fermentación	3	61.0000	X
Tiempo (h)	3	72.0000	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
% de Fermentación - Temperatura (°C)	.	18.1133	41.797
% de Fermentación - Tiempo (h)	.	-11.0000	41.797
Temperatura (°C) - Tiempo (h)	.	-29.1133	41.797

Con la tabla 31, se realizó el procedimiento de comparación múltiple para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras y se comprobó que hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza, el método empleado se usa para discriminar entre las medias, es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y permite establecer que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0, por lo que en evaluación de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), se observa que los porcentajes de fermentación son más significativos que los otros tratamientos; una forma de comprobar esta eficiencia de los porcentajes de fermentación es mediante los comportamientos de las otras medidas de tendencia central que se reporta seguidamente.

**Tabla 32:** Verificación de varianza del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	4.06053	0.0449969

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
% de Fermentación / Temperatura (°C)	836.78	9.05068	8547.9	0.0000
% de Fermentación / Tiempo (h)	836.78	37.9473	486.25	0.0000
Temperatura (°C) / Tiempo (h)	9.05068	37.9473	0.0568853	0.0168

Los estadísticos mostrados en la tabla 32, evalúan la hipótesis nula, de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 3 columnas son iguales. De particular interés es el valor P. Puesto que el valor P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza lo que permite establecer una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 3, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación, que se comprueba un valor significativo para el porcentaje de la fermentación.

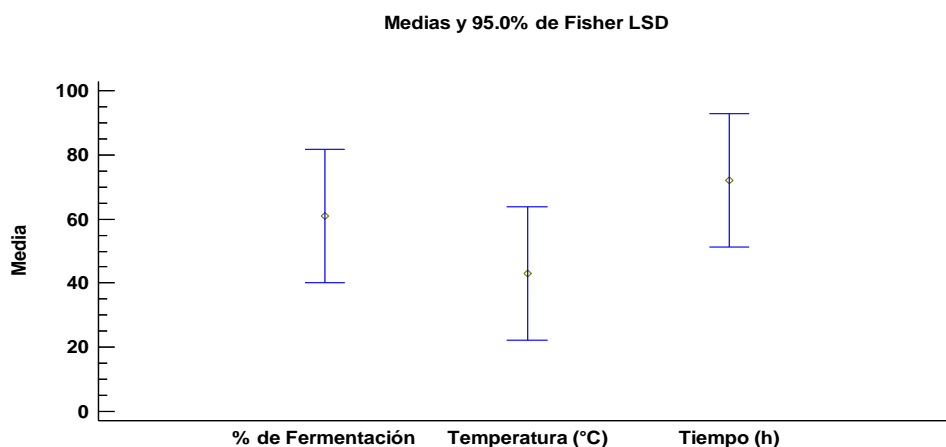
**Tabla 33:** Prueba de Kruskal-Wallis del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
% de Fermentación	5	13.0
Temperatura (°C)	5	5.0
Tiempo (h)	5	6.0

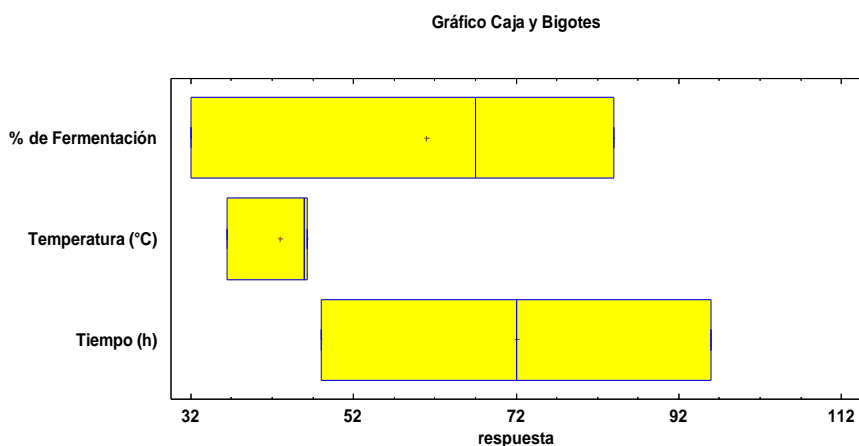
Estadístico = 9.5 Valor-P = 0.0086517

La tabla 33, permitió establecer la prueba de Kruskal-Wallis que evalúa la hipótesis nula, de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas

es la misma, por lo que primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor; después, se calcula el rango (Rank) promedio para los datos de cada columna; puesto que el valor P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza, para determinar cuáles medianas son significativamente diferentes de otras, se presenta el gráfico de Caja y Bigotes, que visualiza esa diferencia.



**Ilustración 41:** Medias de Fisher LSD de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de grado alimentario (F2).



**Ilustración 42:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

**c. Evaluación de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3).**

**Tabla 34:** Resultado de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3).

Fermentador F3	Tiempo (h)	Temperatura (°C)	% de Fermentación
	0	26.00	0.00
	24	30.83	0.00
	48	37.16	11.33
	72	43.00	60.00
	96	48.33	79.00

**❖ Comparación de muestras de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3).**

Muestra 1: % de fermentación

Muestra 2: Temperatura (°C)

Muestra 3: Tiempo (h)

Selección de la Variable: % de fermentación

Muestra 1: 3 valores en el rango de 11.33 a 79.0

Muestra 2: 3 valores en el rango de 37.16 a 48.33

Muestra 3: 3 valores en el rango de 48.0 a 96.0

Se realizaron los procedimientos comparando los datos en 3 columnas, para realizar varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras.

La prueba F en la tabla ANOVA, determinó si hay diferencias significativas entre las medias; si las hay, las pruebas de Rango Múltiples dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras, finalmente se evaluó la presencia de valores atípicos, mediante la prueba de Kruskal-Wallis, que permitió comparar las medianas en lugar de las medias, esta se

complementa con las diferentes gráficas, le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados.

**Tabla 35:** Resumen estadístico de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3).

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>
% de Fermentación	3	50.11	34.9022	69.6512%	11.33	79.00
Temperatura (°C)	3	42.83	5.58694	13.0445%	37.16	48.33
Tiempo (h)	3	72.00	24.0000	33.3333%	48.00	96.00
Total	9	54.98	25.0844	45.6246%	11.33	96.00

	<i>Rango</i>	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% de Fermentación	67.67	-0.829257	
Temperatura (°C)	11.17	-0.096732	
Tiempo (h)	48.00	0.000000	
Total	84.67	-0.0404332	0.102568

En la tabla 35, se reporta los estadísticos que van a determinar la diferencia significativa de los parámetros de la fermentación, para el prototipo clásico de gaveta de madera tipo ROHAN (F3); para cada una de las 3 columnas de datos y probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, en la Tabla ANOVA hay una diferencia de más de 3 a 1, entre la desviación estándar más pequeña y la más grande.

**Tabla 36:** Tabla ANOVA de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera de tipo ROHAN (F3).

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón F</i>	<i>Valor P</i>
Entre grupos	1383.06	2	691.53	1.14	0.3815
Intra grupos	3650.76	6	608.46		
Total (Corr.)	5033.82	8			

La tabla 36, reporta los cálculos realizados en la tabla ANOVA, que descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos; la razón F, que en este caso es igual a 1.13652, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos; puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 37:** Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera tipo ROHAN (F3).

	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i> ( <i>s</i> <i>agrupada</i> )	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
% de Fermentación	3	50.11	14.2415	25.4689	74.7511
Temperatura (°C)	3	42.83	14.2415	18.1889	67.4711
Tiempo (h)	3	72.0	14.2415	47.3589	96.6411
Total	9	54.98			

La tabla 37, muestra la tabla de las medias para cada columna de datos; también muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad del muestreo; el error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel, en la tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media, estos intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, se construyeron de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, esto permite ver gráficamente los intervalos seleccionando en la gráfica de medias, estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.

**Tabla 38:** Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
	<i>s</i>		<i>Homogéneos</i>
Temperatura (°C)	3	42.83	X
% de Fermentación	3	50.11	X
Tiempo (h)	3	72.0	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
% de Fermentación - Temperatura (°C)		7.28	49.2822
% de Fermentación - Tiempo (h)		-21.89	49.2822
Temperatura (°C) - Tiempo (h)		-29.17	49.2822

En la tabla 38 se aplica un procedimiento de comparación múltiple, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, no hay diferencias estadísticamente significativas entre cualquier par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza, no existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's; el método empleado actualmente para discriminar entre las medias es el procedimiento de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, con este método hay un riesgo del 5.0%, al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 39:** Verificación de varianza de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

	<i>Prueba</i>	<i>Valor-P</i>
Levene's	1.02296	0.414695

<i>Comparación</i>	<i>Sigma1</i>	<i>Sigma2</i>	<i>F-Ratio</i>	<i>P-Valor</i>
% de Fermentación / Temperatura (°C)	34.9022	5.58694	39.0264	0.0500
% de Fermentación / Tiempo (h)	34.9022	24.0	2.11487	0.6421
Temperatura (°C) / Tiempo (h)	5.58694	24.0	0.0541908	0.1028

En la tabla anterior se evalúa la hipótesis nula, de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 3 columnas son iguales, encontrándose un particular interés es el valor P; puesto que el valor P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza; la tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras, los P valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 1, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación.

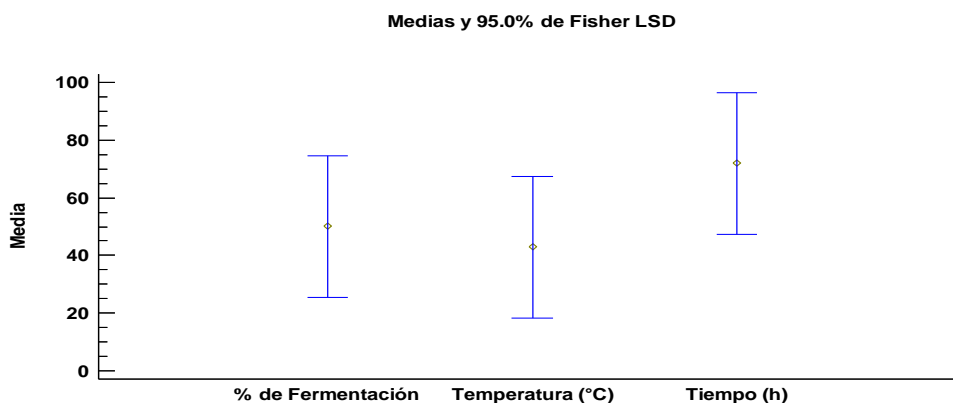
**Tabla 40:** Prueba de Kruskal-Wallis de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>Rango Promedio</i>
% de Fermentación	3	5.0
Temperatura (°C)	3	3.33333
Tiempo (h)	3	6.66667

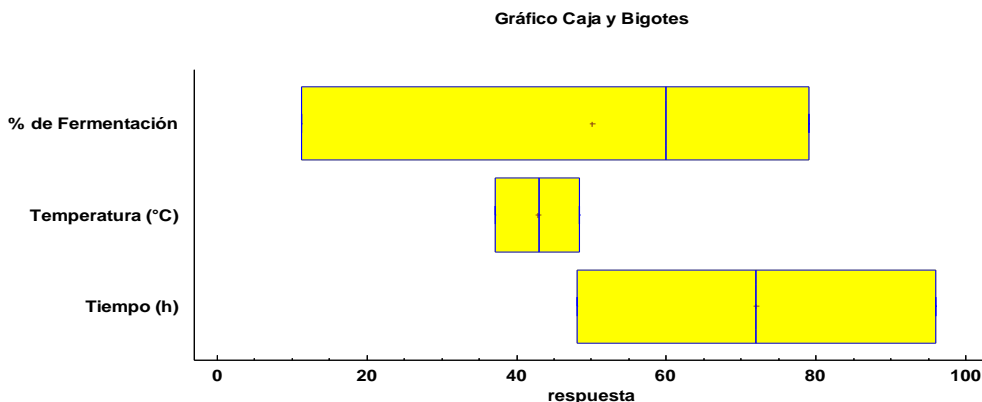
Estadístico = 2.22222 Valor P = 0.329193

La tabla 40 muestra la prueba de Kruskal-Wallis, evalúa la hipótesis nula, de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma,

primero se combinan los datos de todas las columnas y se ordenan de menor a mayor, después, se calcula el rango (rank) promedio para los datos de cada columna. Puesto que el valor P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza, las ilustraciones son las siguientes:



**Ilustración 43:** Medias de Fisher LSD de la comparación del tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).



**Ilustración 44:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación de tiempo, temperatura y % de fermentación para el prototipo clásico de Gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

Al término del análisis de los resultados de la evaluación de los procesos de fermentación con los diferentes prototipos y tratamientos planteados, se

puede concluir que el de la temperatura, el porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), muestra diferencia significativa estadística con respecto al porcentaje de fermentación.

**d. Evaluación del porcentaje de fermentación con respecto a los modelos F1, F2, y F3.**

Comparación de Varias Muestras con respecto al % fermentación F2.

Muestra 1: % fermentación F1

Muestra 2: % fermentación F2

Muestra 3: % fermentación F3

Selección de la Variable: % fermentación F2

Muestra 1: 3 valores en el rango de 19.0 a 55.0

Muestra 2: 3 valores en el rango de 32.0 a 84.0

Muestra 3: 3 valores en el rango de 11.33 a 79.0

Se realizó este procedimiento comparando los datos en 3 columnas del archivo, se realiza varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras, la prueba F generando tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias y se complementan con la prueba Rango Múltiple, que permiten establecer si las medias son significativamente diferentes de otras, las diferentes gráficas ayudaron a juzgar la significancia práctica de los resultados.

**Tabla 41:** Resumen estadístico evaluación del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
% Fermentación F1	3	39.4433	18.4908	46.8794%	19.0	55.0	36.0
% Fermentación F2	3	61.00	26.5141	43.4658%	32.0	84.0	52.0
% Fermentación F3	3	50.11	34.9022	69.6512%	11.33	79.0	67.67
Total	9	50.1844	25.5519	50.916%	11.33	84.0	72.67

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% Fermentación F1	-0.782189	
% Fermentación F2	-0.68319	
% Fermentación F3	-0.829257	
Total	-0.316088	-0.71304

La tabla 41, muestra los estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la Tabla ANOVA.

**Tabla 42:** Tabla ANOVA de la evaluación del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	697.06	2	348.53	0.946	0.0507
Intra grupos	4526.15	6	754.359		
Total (Corr.)	5223.21	8			

La tabla anterior reporta la tabla ANOVA, que descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos, la razón F, que en este caso es igual a 0.9462021, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado

dentro de grupos, determinándose que el valor P de la razón F es menor o igual que 0.05, por lo que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 43:** Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3.

			<i>Error Est.</i>		
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>(s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
% Fermentación F1	3	39.4433	15.8573	12.0066	66.8801
% Fermentación F2	3	61.0	15.8573	33.5632	88.4368
% Fermentación F3	3	50.11	15.8573	22.6732	77.5468
Total	9	50.1844			

La tabla 43 muestra la media para cada columna de datos, también muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo, el error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel, el cuadro también muestra un intervalo alrededor de cada media, los intervalos mostrados actualmente están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher, están contruidos de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, se puede ver gráficamente los intervalos en la gráfica de medias, estos intervalos se usan para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, notándose su diferencia estadística significativa.

**Tabla 44:** Pruebas de Rango Múltiple - Método: 95.0 porcentaje LSD del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3.

	Caso s	Media	Grupos Homogéneos
% Fermentación F1	3	39.4433	X
% Fermentación F3	3	50.11	X
% Fermentación F2	3	61.0	X

Contraste	Sig. Diferencia	+/- Límites
% Fermentación F1 - % Fermentación F2	- 21.5567	54.8735
% Fermentación F1 - % Fermentación F3	- 10.6667	54.8735
% Fermentación F2 - % Fermentación F3	10.89	54.8735

En la tabla 44 se presenta un procedimiento de comparación múltiple, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, la mitad inferior de la salida muestra las diferencias estimadas entre cada par de medias, hay diferencias estadísticamente significativas entre par de medias, con un nivel del 95.0% de confianza, el prototipo de fermentador (F2) tiene mayor diferencia significativa con un riesgo del 5.0%, al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0, las que se pueden comprobar verificando los valores de la variancia.

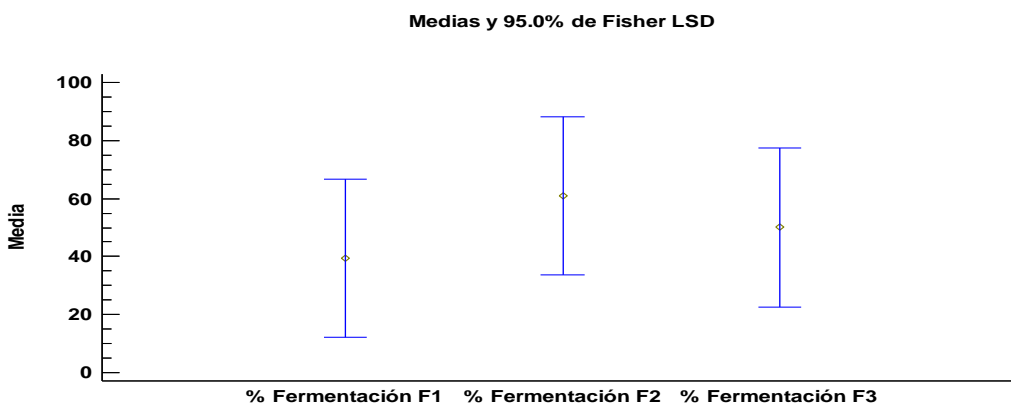
**Tabla 45:** Verificación de varianza del porcentaje de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2, y F3.

	Prueba	Valor-P
Levene's	0.234408	0.797956

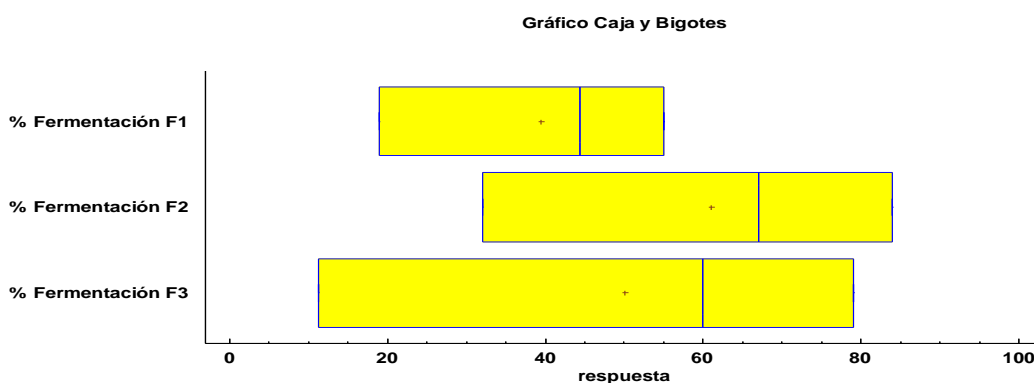
Comparación	Sigma1	Sigma2	F-Ratio	P-Valor
% Fermentación F1 / % Fermentación F2	18.4908	26.5141	0.486358	0.6544
% Fermentación F1 / % Fermentación F3	18.4908	34.9022	0.280676	0.4383
% Fermentación F2 / % Fermentación F3	26.5141	34.9022	0.577097	0.7318

Los estadísticos mostrados en esta tabla, evalúan la hipótesis nula, de que las desviaciones estándar dentro de cada una de las 3 columnas son iguales. De particular interés es el valor-P, puesto que el valor-P es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las desviaciones estándar, con un nivel del 95.0% de confianza.

La tabla también muestra una comparación de las desviaciones típicas para cada par de muestras. P-valores por debajo de 0.05, de los cuales hay 0, indican una diferencia estadísticamente significativa entre las dos sigmas al 5% de nivel de significación



**Ilustración 45:** Medias de Fisher LSD de la comparación del % de fermentación con respecto a los modelos F1, F2 y F3.



**Ilustración 46:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación del % de fermentación con respecto a los prototipos F1, F2 y F3.

#### 4.4. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA ACIDEZ IÓNICA (PH) CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.

**Tabla 46:** Comportamiento de la acidez iónica en los tratamientos de los prototipos.

Horas	Tipo	Repeticiones			Medias de tratamientos
		Fermentación	Fermentadores	R1 (repetición 1)	
0.00	F1		6.44	6.44	6.44
	F2		6.44	6.45	6.44
	F3		6.46	6.44	6.45
24.00	F1		-	-	-
	F2		-	-	-
	F3		-	-	-
48.00	F1		5.37	5.27	5.69
	F2		5.06	5.36	5.45
	F3		5.37	5.57	5.57
72.00	F1		5.05	4.98	5.11
	F2		4.95	4.98	5.11
	F3		5.05	5.25	5.08
96.00	F1		4.89	4.90	4.89
	F2		4.85	4.97	4.89
	F3		4.88	4.91	4.81

- a. Evaluación mediante la comparación de las medias de los procesos de fermentación con respecto a la acidez iónica (pH) con los diferentes prototipos y tratamientos planteados.

**Tabla 47:** Comportamiento de la acidez iónica en prototipo clásico de madera cuadrado (F1).

Fermentador F1	Tiempo (h)	Media de Acidez iónica (pH)
	0	6.44
	24	6.44
	48	5.44
	72	5.05
	96	4.89

**Tabla 48:** Comportamiento de la acidez iónica en el prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

Fermentador F2	Tiempo (h)	Media de Acidez iónica (pH)
	0	6.44
	24	6.44
	48	5.29
	72	5.01
	96	4.9

**Tabla 49:** Comportamiento de la acidez iónica en el prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

Fermentador F2	Tiempo (h)	Media de Acidez iónica (pH)
	0	6.45
	24	6.45
	48	5.5
	72	5.13
	96	4.87

### Comparación de acidez iónica con respecto a pH (F2).

Muestra 1: pH en F1  
 Muestra 2: pH en F2  
 Muestra 3: pH en F3  
 Selección de la variable: pH F2

Muestra 1: 5 valores en el rango de 4.89 a 6.44  
 Muestra 2: 5 valores en el rango de 4.90 a 6.44  
 Muestra 3: 5 valores en el rango de 4.87 a 6.45

Este procedimiento comparó los datos en 3 columnas del archivo de datos actual, se realizó las pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras; la prueba F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias para luego realizar, las pruebas de Rango Múltiple que permitió indicar cuáles medias son significativamente diferentes

de otras, se generaron las diferentes gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los resultados.

**Tabla 50:** Resumen estadístico de acidez iónica con respecto a pH (F2).

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
pH en F1	5	5.652	0.746639	13.2102%	4.89	6.44	1.55
pH en F2	5	5.616	0.765526	13.6312%	4.9	6.44	1.54
pH en F3	5	5.68	0.737699	12.9877%	4.87	6.45	1.58
Total	15	5.64933	0.694935	12.3012%	4.87	6.45	1.58

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
pH en F1	0.281882	-1.37196
pH en F2	0.419431	-1.4403
pH en F3	0.198415	-1.28941
Total	0.386827	-1.56817

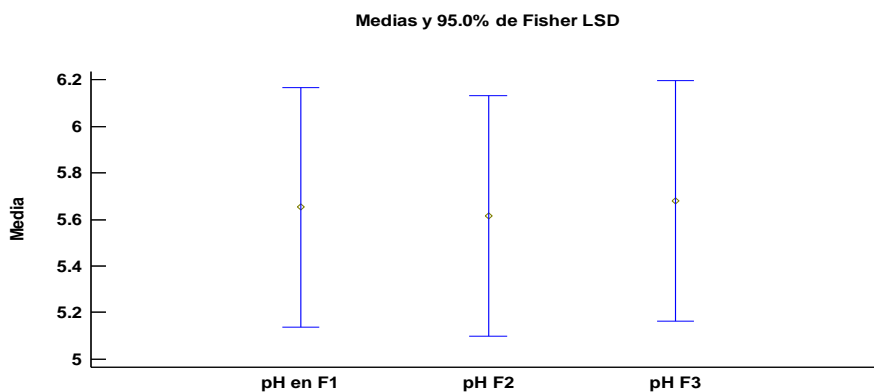
La tabla 50 reporta la construcción de valores estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, a fin de probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la ANOVA, así como la gráfica de medias para mostrar gráficamente las medias y sus diferencias significativas del comportamiento estadístico de la acidez iónica, en los prototipos F1, F2, F3.

**Tabla 51:** Fuente Suma de Cuadrados, Gl, Cuadrado Medio, Razón – y Valor-P

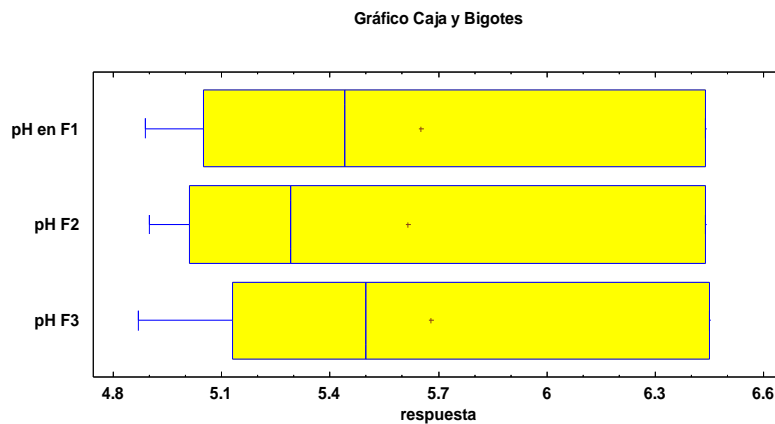
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0102933	2	0.00514667	0.01	0.9909
Intra grupos	6.7508	12	0.562567		
Total (Corr.)	6.76109	14			

La tabla anterior indica la tabla ANOVA, descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos; la razón F, que en este caso es igual a 0.00914855, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos; puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

Este comportamiento de la acidez iónica en promedio durante las 96 horas, tiende a no tener una significancia estadística en los tres prototipos, pero como una disminución de su valor característica.



**Ilustración 47:** Comportamiento de la acidez iónica en los prototipos de fermentación F1, F2 y F3.



**Ilustración 48:** Gráfico de caja y bigotes del comportamiento de la acidez iónica en los prototipos F1, F2 y F3.

#### 4.5. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE GRASA CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.

Por las condiciones del proceso de fermentación, se tomaron las muestras en los prototipos de fermentación a partir de las 48 horas, se encontró que el porcentaje de grasa casi no varía ya que no es una generación espontánea y que se va incrementar el contenido de grasa en los prototipos, pero si este contenido de grasa va a permitir mejores atributos sensoriales en el proceso de fermentación, como lo indica ACOSTA, ORTIZ Y GRAZIANI, (2009).

**Tabla 52:** Reporte de la evaluación de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de grasa con los diferentes prototipos y tratamientos planteados.

Horas Ferementación (h)	Tipo de Fermentadores	Repeticiones			Promedio de (%) grasa
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
0.00	F1	-	-	-	-
	F2	-	-	-	-
	F3	-	-	-	-
24.00	F1	-	-	-	-
	F2	-	-	-	-
	F3	-	-	-	-
48.00	F1	55.79	56.74	57.19	56.57
	F2	56.51	55.47	53.18	55.05
	F3	56.50	57.14	55.29	56.31
72.00	F1	56.89	56.85	56.85	56.86
	F2	53.86	57.09	55.46	55.47
	F3	55.83	58.73	55.35	56.64
96.00	F1	58.34	52.28	56.43	55.68
	F2	58.23	50.33	57.56	55.37
	F3	50.56	50.61	52.21	51.13

**Tabla 53:** Resultado del contenido de grasa del prototipo F1.

Fermentador F1	Tiempo (h)	Media % de grasa
	0	*
	24	*
	48	56.57
	72	56.86
	96	55.68

**Tabla 54:** Resultado del contenido de grasa del prototipo F2.

Fermentador F2	Tiempo (h)	Media % de grasa
	0	*
	24	*
	48	55.05
	72	55.47
	96	55.37

**Tabla 55:** Resultado del contenido de grasa del prototipo F3.

Fermentador F3	Tiempo (h)	Media % de grasa
	0	*
	24	*
	48	56.31
	72	56.64
	96	51.13

**a. Evaluación mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.**

Comparación de varias muestras del % de grasa de los prototipos F1, F2 y F3

Muestra 1: % de grasa F1

Muestra 2: % de grasa F2

Muestra 3: % de grasa F3

Selección de la variable: % de grasa F2

Muestra 1: 3 valores en el rango de 55.68 a 56.86

Muestra 2: 3 valores en el rango de 55.05 a 55.47

Muestra 3: 3 valores en el rango de 51.13 a 56.64

La comparación se realizó por el procedimiento, comparando los datos en 3 columnas del archivo de datos actual, se realizó varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras, la prueba F en la tabla ANOVA

determino si hay diferencias significativas entre las medias, las pruebas de Rangos Múltiples que dirán cuáles medias son significativamente diferentes de otras, las diferentes permiten juzgar la significancia práctica de los resultados.

**Tabla 56:** Resumen estadístico evaluación mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
% de Grasa F1	3	56.3700	0.614898	1.09083%	55.68	56.86	1.18
% de Grasa F2	3	55.2967	0.219393	0.396756%	55.05	55.47	0.42
% de Grasa F3	3	54.6933	3.09035	5.65031%	51.13	56.64	5.51
Total	9	55.4533	1.74213	3.14162%	51.13	56.86	5.73

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% de Grasa F1	-0.925471	
% de Grasa F2	-0.944762	
% de Grasa F3	-1.20905	
Total	-2.76921	3.56454

La tabla 56 reporta los estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, para probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la ANOVA y la selección gráfica de medias.

**Tabla 57:** Tabla ANOVA mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	4.32727	2	2.16363	0.65	0.5550
Intra grupos	19.9529	6	3.32549		
Total (Corr.)	24.2802	8			

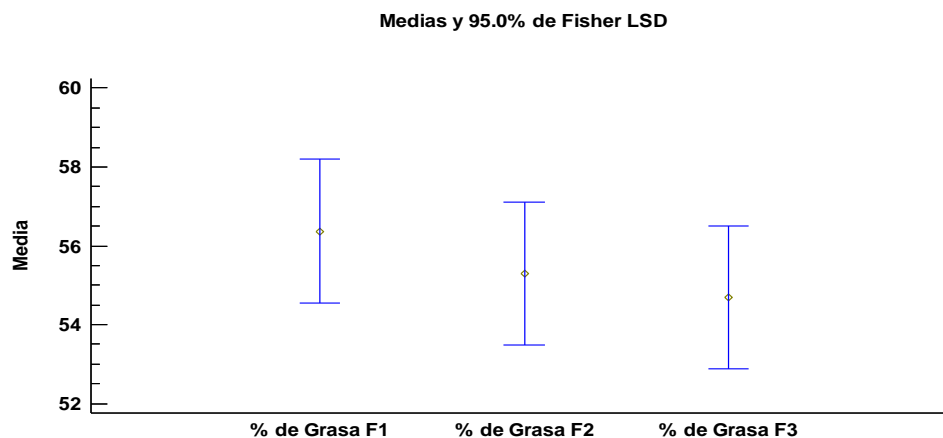
La tabla ANOVA descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos, la razón F, que en este caso es igual a 0.650621, es el cociente entre el estimado entre-grupos y el estimado dentro de grupos; puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza, lo que se puede expresar gráficamente.

**Tabla 58:** Tabla de medias con intervalos de confianza del 95.0% mediante la comparación de las medias del contenido de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.

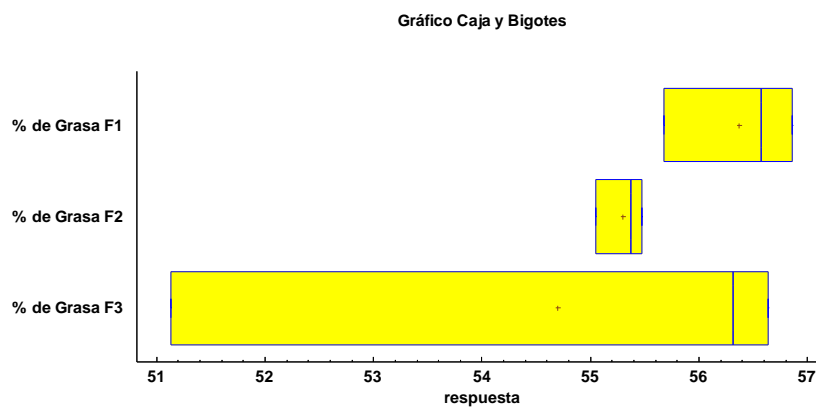
	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est. (s agrupada)</i>	<i>Límite Inferior</i>	<i>Límite Superior</i>
% de Grasa F1	3	56.3700	1.05285	54.5483	58.1917
% de Grasa F2	3	55.2967	1.05285	53.475	57.1183
% de Grasa F3	3	54.6933	1.05285	52.8717	56.515
Total	9	55.4533			

La tabla 58 muestra la media para cada columna de datos, también muestra el error estándar de cada media, el cual es una medida de la variabilidad de su muestreo, la tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media, los intervalos están basados en el procedimiento de la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher; están contruidos de tal manera que, si dos

medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, para ver gráficamente los intervalos seleccionando, ilustración de medias para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras.



**Ilustración 49:** Comparación de las medias del % de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.



**Ilustración 50:** Gráfico de caja y bigotes del % de grasa de los prototipos F1, F2 y F3.

#### 4.6.RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE ACIDEZ TITULABLE EXPRESADO EN ÁCIDO OLEICO, EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.

Por las condiciones del proceso de fermentación se tomaron las muestras en los prototipos de fermentación a partir de las 48 horas, se encontró que el porcentaje de acidez titulable expresado en ácido oleico, la acidez orgánica del ácido, va a permitir mejores atributos sensoriales en el proceso de fermentación, como lo indica ACOSTA, ORTIZ Y GRAZIANI, (2009).

**Tabla 59:** Contenido de acidez titulable expresado en ácido oleico de los prototipos F1, F2 y F3; después de 96 horas.

Horas Fermentación (h)	Tipo Ferementador	REPETICIONES			Promedio del % de acidez titulable en ácido oleico
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	
0.00	F1	-	-	-	-
	F2	-	-	-	-
	F3	-	-	-	-
24.00	F1	-	-	-	-
	F2	-	-	-	-
	F3	-	-	-	-
48.00	F1	0.33	0.34	0.29	0.32
	F2	0.35	0.42	0.33	0.37
	F3	0.44	0.42	0.39	0.42
72.00	F1	0.52	0.44	0.44	0.47
	F2	0.72	0.70	0.66	0.69
	F3	0.67	0.54	0.46	0.56
96.00	F1	0.64	0.62	0.62	0.63
	F2	0.71	0.64	0.65	0.67
	F3	0.63	0.68	0.69	0.67

**Tabla 60:** Resultado del contenido de ácido Oleico del F1.

Fermentador F1	Tiempo (h)	% de Ácido Oleico
	0	*
	24	*
	48	0.32
	72	0.47
	96	0.63

**Tabla 61:** Resultado del contenido de ácido Oleico del F2.

Fermentador F2	Tiempo (h)	% de Ácido Oleico
	0	*
	24	*
	48	0.37
	72	0.69
	96	0.67

**Tabla 62:** Resultado del contenido de ácido Oleico del F3.

Fermentador F3	Tiempo (h)	% de Ácido Oleico
	0	*
	24	*
	48	0.42
	72	0.56
	96	0.67

**a. Evaluación mediante la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.**

**Comparación de varias muestras del % de ácido Oleico de F1, F2 y F3.**

Muestra 1: % de ácido Oleico F1

Muestra 2: % de ácido Oleico F2

Muestra 3: % de ácido Oleico F3

Selección de la variable: % de ácido Oleico F2

Muestra 1: 3 valores en el rango de 0.32 a 0.63

Muestra 2: 3 valores en el rango de 0.37 a 0.69

Muestra 3: 3 valores en el rango de 0.42 a 0.67

Este procedimiento permitió, comparar los datos en 3 columnas del archivo de datos, para realizar varias pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras, la prueba F en la tabla ANOVA determino si hay diferencias significativas entre las medias; las pruebas de Rango Múltiple para establecer cuáles medias son significativamente diferentes de otras, mediante las gráficas le ayudarán a juzgar la significancia práctica de los

resultados, así como le permitirán buscar posibles violaciones de los supuestos subyacentes en el análisis de varianza.

**Tabla 63:** Resumen estadístico la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
% de ácido Oleico F1	3	0.473333	0.155027	32.7522%	0.32	0.63	0.31
% de ácido Oleico F2	3	0.576667	0.179258	31.0852%	0.37	0.69	0.32
% de ácido Oleico F3	3	0.55	0.1253	22.7818%	0.42	0.67	0.25
Total	9	0.533333	0.141863	26.5992%	0.32	0.69	0.37

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% de ácido Oleico F1	0.0683862	
% de ácido Oleico F2	-1.20762	
% de ácido Oleico F3	-0.252332	
Total	-0.406999	-1.03689

La tabla 63 muestra los estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, se realizaron para probar diferencias significativas entre las medias, mediante la tabla ANOVA y sus gráficas de medias para visualizar las diferencias estadísticas significativas.

**Tabla 64:** Tabla ANOVA la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.

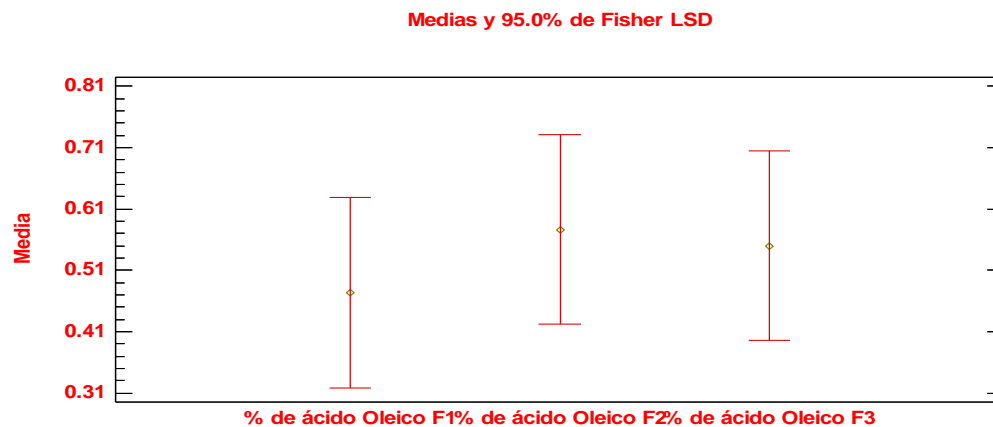
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	0.0172667	2	0.00863333	0.36	0.7115
Intra grupos	0.143733	6	0.0239556		
Total (Corr.)	0.161000	8			

A partir de la tabla 64, se desarrolló la tabla ANOVA para descomponer la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos; la razón F, que en este caso es igual a 0.36039, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos, puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

**Tabla 65:** Tabla de Medias con intervalos de confianza del 95.0% la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.

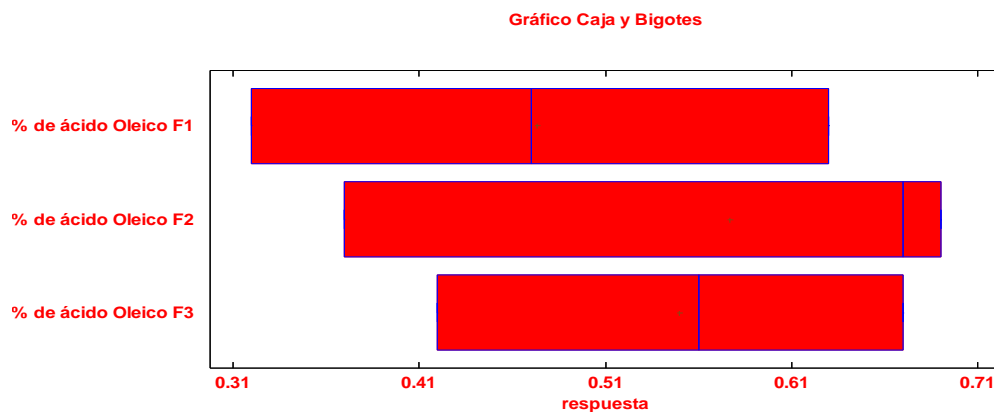
	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Error Est.</i> <i>(s</i>	<i>Límite</i>	<i>Límite</i>
	<i>s</i>		<i>agrupada)</i>	<i>Inferior</i>	<i>Superior</i>
% de ácido Oleico F1	3	0.473333	0.0893599	0.31872	0.627947
% de ácido Oleico F2	3	0.576667	0.0893599	0.422053	0.73128
% de ácido Oleico F3	3	0.55	0.0893599	0.395387	0.704613
Total	9	0.533333			

La tabla 65 muestra la media para cada columna de datos, donde se muestra el error estándar de cada media, que es una medida de la variabilidad de su muestreo, el error estándar es el resultado de dividir la desviación estándar mancomunada entre el número de observaciones en cada nivel; la tabla también muestra un intervalo alrededor de cada media, los intervalos mostrados indican la diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher y permiten establecer de tal manera que, si dos medias son iguales, sus intervalos se traslaparán un 95.0% de las veces, que se puede ver gráficamente los intervalos de las gráficas de medias.



**Ilustración 51:** Comparación de las medias del contenido de ácido oleico de los prototipos F1, F2 y F3.

La Ilustración 51, muestra la diferencia gráfica de prototipo F2 del ácido Oleico sobre los prototipos F1 y F3.



**Ilustración 52:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación de las medias del contenido de ácido Oleico de los prototipos F1, F2 y F3.

#### 4.7.RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.

**Tabla 66:** Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en los diferentes prototipos F1, F2 y F3.

Horas Ferementación	Tipo Fermetador	REPETICIONES			Promedio
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	% de humedad
0.00	F1	61.78	59.48	61.00	60.75
	F2	61.00	60.00	59.50	60.17
	F3	61.30	59.90	60.00	60.40
24.00	F1	-	-	-	-
	F2	-	-	-	-
	F3	-	-	-	-
48.00	F1	41.70	42.87	44.75	43.11
	F2	42.09	43.46	43.18	42.91
	F3	44.13	43.98	44.01	44.04
72.00	F1	42.99	44.10	44.19	43.76
	F2	45.00	43.71	42.70	43.80
	F3	42.65	44.60	42.27	43.17
96.00	F1	47.94	44.68	44.60	45.74
	F2	42.74	45.11	45.23	44.36
	F3	45.11	38.67	41.95	41.91

Por las condiciones del proceso de fermentación se tomaron las muestras en los prototipos de fermentación al inicio y a partir de las 48 horas, se encontró que el porcentaje de humedad al inicio es estable en cada fermentador, lo que no ocurre con el comportamiento después de las otras horas por el tipo de material del fermentador y por proceso de fermentación en estado sólido y el desarrollo de productos especiales que se diferencian de una fermentación sumergida como lo indica CHEN (2005), esto permite posteriormente al desarrollo de las características especiales en su comportamiento sensorial.

**Tabla 67:** Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F1.

Fermentador F1	Tiempo (h)	% de Humedad
	0	60.75
	24	
	48	43.11
	72	43.76
	96	45.74

**Tabla 68:** Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F2.

Fermentador F2	Tiempo (h)	% de Humedad
	0	60.17
	24	
	48	42.91
	72	43.8
	96	44.36

**Tabla 69:** Resultado de los procesos de fermentación con respecto al porcentaje de humedad en prototipos F3.

Fermentador F3	Tiempo (h)	% de Humedad
	0	60.4
	24	
	48	44.04
	72	43.17
	96	41.91

- a. **Evaluación mediante la comparación de las medias del contenido del porcentaje de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.**

**Comparación de varias muestras del % de humedad en los prototipos F1, F2 y F3.**

Muestra 1: % de humedad F1

Muestra 2: % de humedad F2

Muestra 3: % de humedad F3

Selección de la variable: % de humedad F2

Muestra 1: 4 valores en el rango de 43.11 a 60.75

Muestra 2: 4 valores en el rango de 42.91 a 60.17

Muestra 3: 4 valores en el rango de 41.91 a 60.4

Este procedimiento se realizó para comparar los datos en 3 columnas del archivo de datos actual, se realizó las pruebas estadísticas y gráficas para comparar las muestras, la prueba F en la tabla ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias las que se comprueba mediante la prueba de rangos múltiples para determinar cuáles medias son

significativamente diferentes de otras, complementadas con el gráfico de medias y caja y bigotes.

**Tabla 70:** Resumen estadístico de la comparación de las medias del contenido del porcentaje de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
% de Humedad F1	4	48.34	8.3486	17.2706%	43.11	60.75	17.64
% de Humedad F2	4	47.81	8.2616	17.2801%	42.91	60.17	17.26
% de Humedad F3	4	47.38	8.72393	18.4127%	41.91	60.4	18.49
Total	12	47.8433	7.65168	15.9932%	41.91	60.75	18.84

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
% de Humedad F1	1.54774	1.47838
% de Humedad F2	1.60729	1.59138
% de Humedad F3	1.5836	1.55348
Total	1.79936	-0.270173

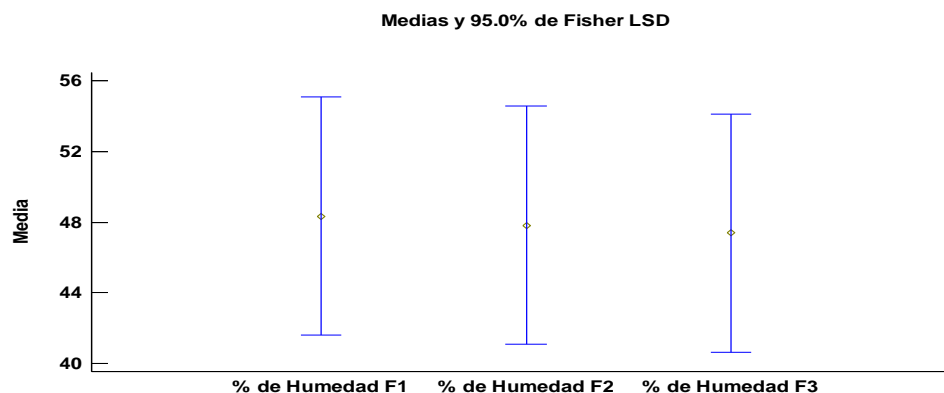
La tabla 70 muestra varios estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos y permite probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la ANOVA que se puede graficar el comportamiento de las medias y el comportamiento de sus cajas y bigotes.

La razón F, que en este caso es igual a 0.0129627, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos; puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza.

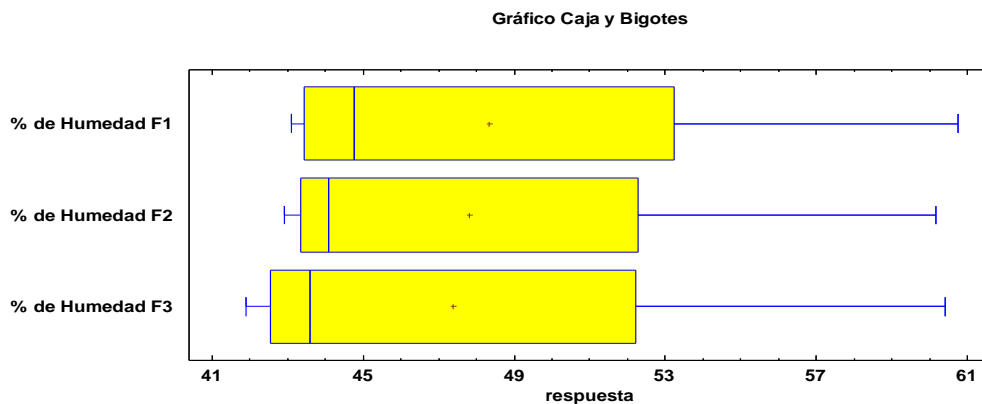
**Tabla 71:** Tabla ANOVA de la comparación de las medias del contenido del porcentaje de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	1.84987	2	0.924933	0.01	0.9871
Intra grupos	642.181	9	71.3534		
Total (Corr.)	644.03	11			

Con la tabla 71 se construyó la tabla ANOVA, que descompone la varianza de los datos en dos componentes: Un componente entre grupos y un componente dentro de grupos, la razón F, que en este caso es igual a 0.0129627, es el cociente entre el estimado entre grupos y el estimado dentro de grupos. Puesto que el valor P de la razón F es mayor o igual que 0.05, no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las 3 variables con un nivel del 95.0% de confianza, la que se comprueba con las ilustraciones de medias y caja y bigotes.



**Ilustración 53:** Gráfico de la comparación de las medias del contenido de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.



**Ilustración 54:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación de las medias de humedad de los prototipos F1, F2 y F3.

#### **4.8. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.**

La evaluación sensorial se realizó con un panel seleccionado con pruebas analíticas de orden discriminatorias y descriptivas, además de pruebas en el orden de aceptación y preferencia.

**Tabla 72:** Resultado de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F1.

Repeticiones	ATRIBUTOS								Puntaje Total	COMENTARIOS
	Catadores	Olor/Fragancia.	Ácidoz	Amargor	Astringencia	Sabor/Aroma	Limpieza	Pos Gusto		
Repeticón 1	01	7.00	6.00	7.00	6.00	14.00	7.00	8.00	55.00	LIGERO CITRICO, MANI, ALMENDRAS
	02	6.00	7.00	6.00	6.00	14.00	8.00	7.00	54.00	OLOR CHOCOLATE
	03	7.00	6.00	5.00	6.00	16.00	7.00	8.00	55.00	FRUTOS SECOS
	04	6.00	6.00	6.00	7.00	14.00	8.00	9.00	56.00	ALMENDRAS, FRUTAL, CITRICO
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.50</b>	<b>6.25</b>	<b>6.00</b>	<b>6.25</b>	<b>14.50</b>	<b>7.50</b>	<b>8.00</b>	<b>55.00</b>	
Repeticón 2	01	7.00	6.00	5.00	6.00	12.00	9.00	8.00	53.00	CITRICO AGRADABLE
	02	6.00	7.00	5.00	6.00	14.00	7.00	8.00	53.00	NUEZ, ALMENDRAS, CITRICO
	03	6.00	6.00	5.00	6.00	14.00	7.00	7.00	51.00	DULCE, PANELA,CITRICO, FRUTOS SECOS
	04	6.00	6.00	6.00	6.00	14.00	8.00	9.00	55.00	DULCE, FRUTOS SECOS
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.25</b>	<b>6.25</b>	<b>5.25</b>	<b>6.00</b>	<b>13.50</b>	<b>7.75</b>	<b>8.00</b>	<b>53.00</b>	
Repeticón 3	01	6.00	7.00	7.00	6.00	14.00	6.00	7.00	53.00	LA CACAO FUERTE, A FRUTOS SECOS, ALMENDRAS, LIGERO CITRICO DE FRI
	02	6.00	6.00	6.00	5.00	16.00	6.00	7.00	52.00	CITRICO AGRADABLE
	03	7.00	7.00	6.00	5.00	14.00	6.00	7.00	52.00	FRUTOS SECOS
	04	8.00	7.00	6.00	6.00	12.00	7.00	8.00	54.00	NUEZ,MANI, PECANAS
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.75</b>	<b>6.75</b>	<b>6.25</b>	<b>5.50</b>	<b>14.00</b>	<b>6.25</b>	<b>7.25</b>	<b>52.75</b>	
<b>GRAN TOTAL</b>		<b>6.50</b>	<b>6.42</b>	<b>5.83</b>	<b>5.92</b>	<b>14.00</b>	<b>7.17</b>	<b>7.75</b>	<b>53.58</b>	

**Tabla 73:** Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F1.

Muestra	Olor - Fragancia *	Acidez *	Amargor *	Astringencia *	Sabor - Aroma *	Limpieza *	Post gusto *	Puntaje Total de atributos
625	6.666	6.333	6.333	6.000	13.333	7.333	7.666	53.664
727	6.000	6.666	5.666	5.666	14.666	7	7.333	52.997
832	6.666	6.333	5.333	5.666	14.666	6.666	7.333	52.663
583	6.666	6.333	6.000	6.333	13.333	7.666	8.666	54.997

\* Promedio de las tres repeticiones

**Tabla 74:** Resultados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F2.

Repeticiones	Atributos									Comentarios
	Catadores	Olor - Fragancia	Acidez	Amargor	Astringencia	Sabor - Aroma	Limpieza	Pos gusto	Puntaje Total	
Repetición 1	01	6.00	6.00	6.00	6.00	14.00	7.00	7.00	52.00	Frutos Secos
	02	6.00	7.00	6.00	6.00	16.00	6.00	6.00	53.00	Olor, Dulce, Nuez, Frutos Secos
	03	7.00	6.00	6.00	6.00	16.00	8.00	6.00	55.00	Frutal, Maní, Pecanas
	04	7.00	5.00	6.00	6.00	16.00	6.00	6.00	52.00	Frutos Secos, Panela
	<b>Promedio</b>	<b>6.50</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>15.50</b>	<b>6.75</b>	<b>6.25</b>	<b>53.00</b>	
Repetición 2	01	6.00	6.00	6.00	6.00	16.00	6.00	6.00	52.00	Frutos Secos
	02	7.00	6.00	6.00	7.00	16.00	7.00	6.00	55.00	Nuez, Frutos Secos, Olor a Chocolate
	03	7.00	7.00	6.00	6.00	14.00	8.00	6.00	54.00	Floral intenso
	04	7.00	6.00	5.00	6.00	16.00	7.00	6.00	53.00	Almendras, Maní
	<b>PROMEDIO</b>	<b>6.75</b>	<b>6.25</b>	<b>5.75</b>	<b>6.25</b>	<b>15.50</b>	<b>7.00</b>	<b>6.00</b>	<b>53.50</b>	
Repetición 3	01	7.00	6.00	7.00	6.00	14.00	8.00	7.00	55.00	Olor, Dulce, Nuez, Frutos Secos
	02	7.00	6.00	6.00	6.00	16.00	8.00	7.00	56.00	Olor a chocolate, Nuez, Frutos Secos
	03	7.00	6.00	6.00	7.00	16.00	7.00	7.00	56.00	Frutos Secos, Frutal
	04	7.00	6.00	6.00	6.00	16.00	7.00	6.00	54.00	Nuez, Maní, Almendras
	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.25</b>	<b>6.25</b>	<b>15.50</b>	<b>7.50</b>	<b>6.75</b>	<b>55.25</b>	
<b>Gran Total</b>	<b>6.75</b>	<b>6.08</b>	<b>6.00</b>	<b>6.17</b>	<b>15.50</b>	<b>7.08</b>	<b>6.33</b>	<b>53.92</b>		

**Tabla 75:** Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F2.

Muestra	Olor - Fragancia *	Acidez *	Amargor *	Astringencia *	Sabor -Aroma *	Limpieza *	Post gusto *	Puntaje Total de atributos
625	6.333	6	6.333	6	14.666	6.666	6.666	53
727	6.666	6.333	6	6.333	16	6.333	6.333	53.998
832	7	6.333	6	6.333	15.333	6.333	6.333	53.665
583	7	5.666	5.666	6	16	6	6	52.332

\* Promedio de las tres repeticiones

**Tabla 76:** Resultados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F3.

Repeticiones	Atributos								Puntaje Total	Comentarios
	Catadores	Olor - Fragancia	Acidez	Amargor	Astringencia	Sabor -Aroma	Limpieza	Pos gusto		
Repetición 1	01	6.00	6.00	6.00	6.00	16.00	6.00	6.00	52.00	Frutos secos
	02	6.00	5.00	7.00	5.00	14.00	7.00	7.00	51.00	Citrico, Dulce
	03	6.00	7.00	6.00	7.00	16.00	6.00	6.00	54.00	Frutos secos, Panela
	04	6.00	6.00	6.00	6.00	16.00	7.00	6.00	53.00	Citrico, Panela, Chancaca, Nuez, Maní, Peca nas
	<b>Promedio</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.25</b>	<b>6.00</b>	<b>15.50</b>	<b>6.50</b>	<b>6.25</b>	<b>52.50</b>	
Repetición 2	01	7.00	6.00	5.00	6.00	12.00	6.00	6.00	48.00	Nuez, Frutos secos
	02	7.00	7.00	6.00	5.00	14.00	7.00	7.00	53.00	Citrico, Frutal
	03	7.00	6.00	6.00	5.00	14.00	8.00	7.00	53.00	Frutal intenso
	04	7.00	6.00	6.00	5.00	14.00	7.00	7.00	52.00	Frutos secos, Panela, Chancaca
	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.00</b>	<b>6.25</b>	<b>5.75</b>	<b>5.25</b>	<b>13.50</b>	<b>7.00</b>	<b>6.75</b>	<b>51.50</b>	
Repetición 3	01	7.00	7.00	6.00	5.00	16.00	6.00	7.00	54.00	Citrico agradable
	02	7.00	7.00	7.00	5.00	16.00	7.00	6.00	55.00	Frutos secos, Citrico
	03	7.00	5.00	7.00	6.00	14.00	6.00	6.00	51.00	Panela, Frutos secos
	04	7.00	6.00	6.00	6.00	14.00	7.00	6.00	52.00	Frutos secos, Dulce
	<b>PROMEDIO</b>	<b>7.00</b>	<b>6.25</b>	<b>6.50</b>	<b>5.50</b>	<b>15.00</b>	<b>6.50</b>	<b>6.25</b>	<b>53.00</b>	
<b>Gran Total</b>		<b>6.67</b>	<b>6.17</b>	<b>6.17</b>	<b>5.58</b>	<b>14.67</b>	<b>6.67</b>	<b>6.42</b>	<b>52.33</b>	

**Tabla 77:** Resultados promediados de la evaluación sensorial de licor de cacao (grano seco) del prototipo F3.

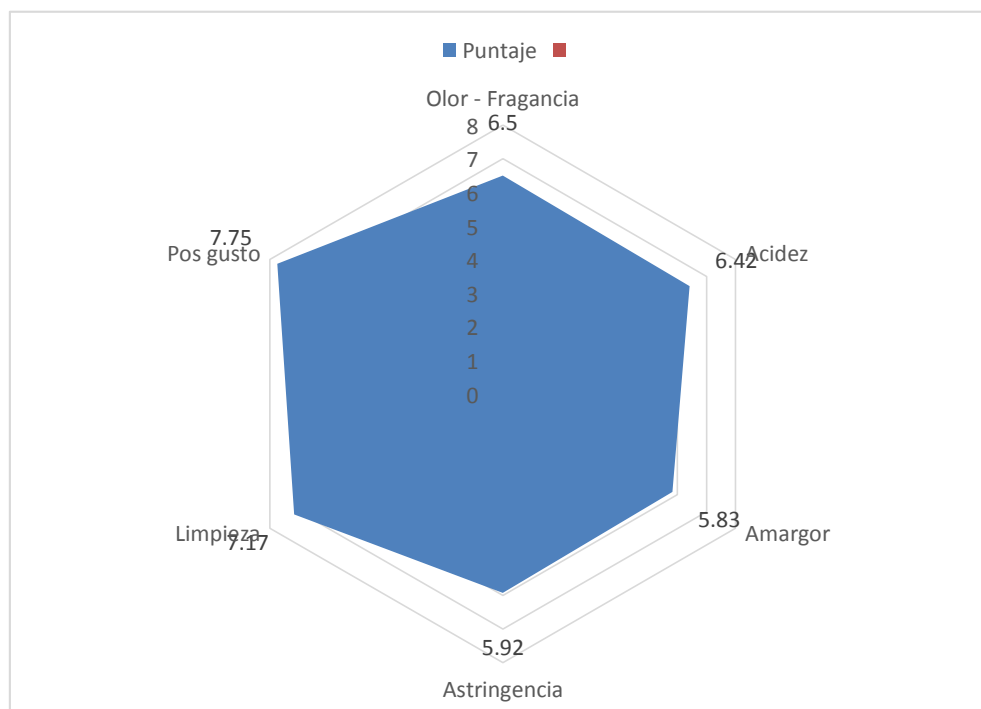
Muestra	Olor - Fragancia *	Acidez *	Amargor *	Astringencia *	Sabor - Aroma *	Limpieza *	Post gusto *	Puntaje Total de atributos
625	6.666	6.333	5.666	5.666	14.666	6	6.333	46
727	6.666	6.333	6.666	5	14.666	7	6.666	52.997
832	6.666	6	6.333	6	14.666	6.666	6.333	52.664
583	6.666	6	6	5.666	14.666	7	6.333	52.331

\* Promedio de las tres repeticiones

Los reportes de los cuadros 72 al 77, se procesaron mediante los análisis descriptivos de las respuestas de los panelistas seleccionados, para su evaluación de análisis afectivo, para generar los gráficos radiales, también es conocido como gráfico de la araña, gráfico polar o parcela de estrellas.

#### 4.8.1. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETA DE MADERA TIPO ROHAN (F3).

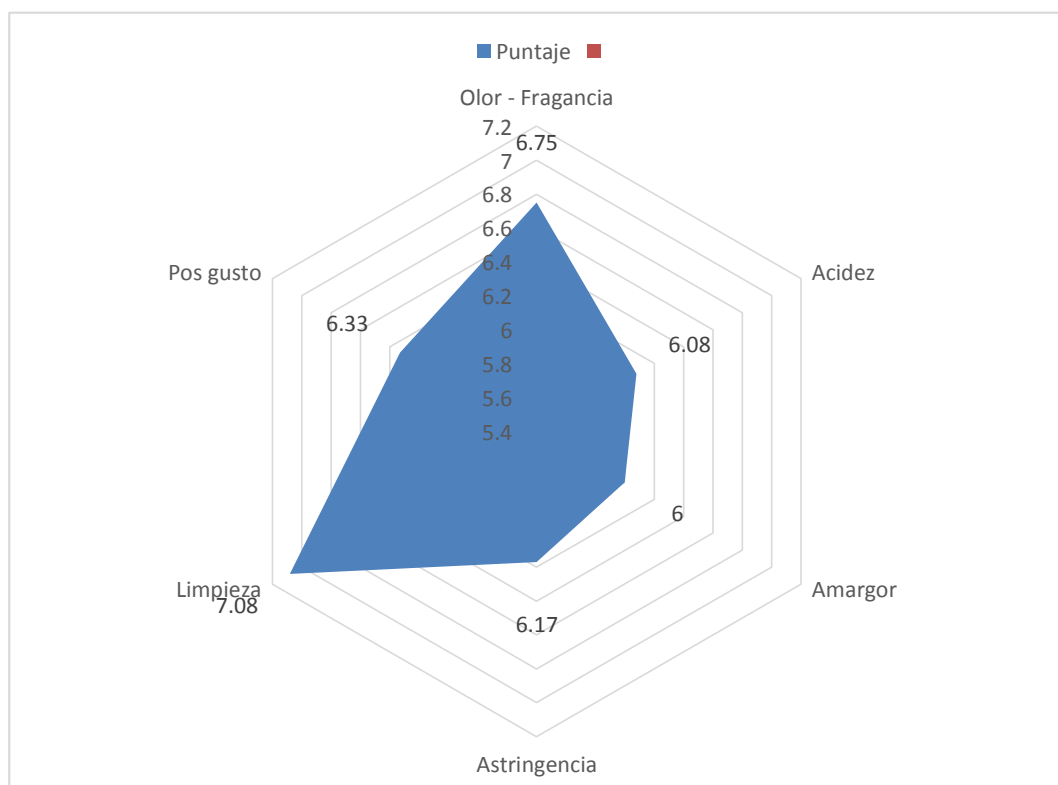
##### a. Resultado de la evaluación afectiva de los atributos olor – fragancia, acidez, amargor, astringencia, limpieza y pos gusto del prototipo F1



**Ilustración 55:** Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F1.

Los atributos más destacados son el pos gusto, limpieza, olor – fragancia y la acidez por el panel seleccionado; quedando astringencia y amargor como atributos rezagados.

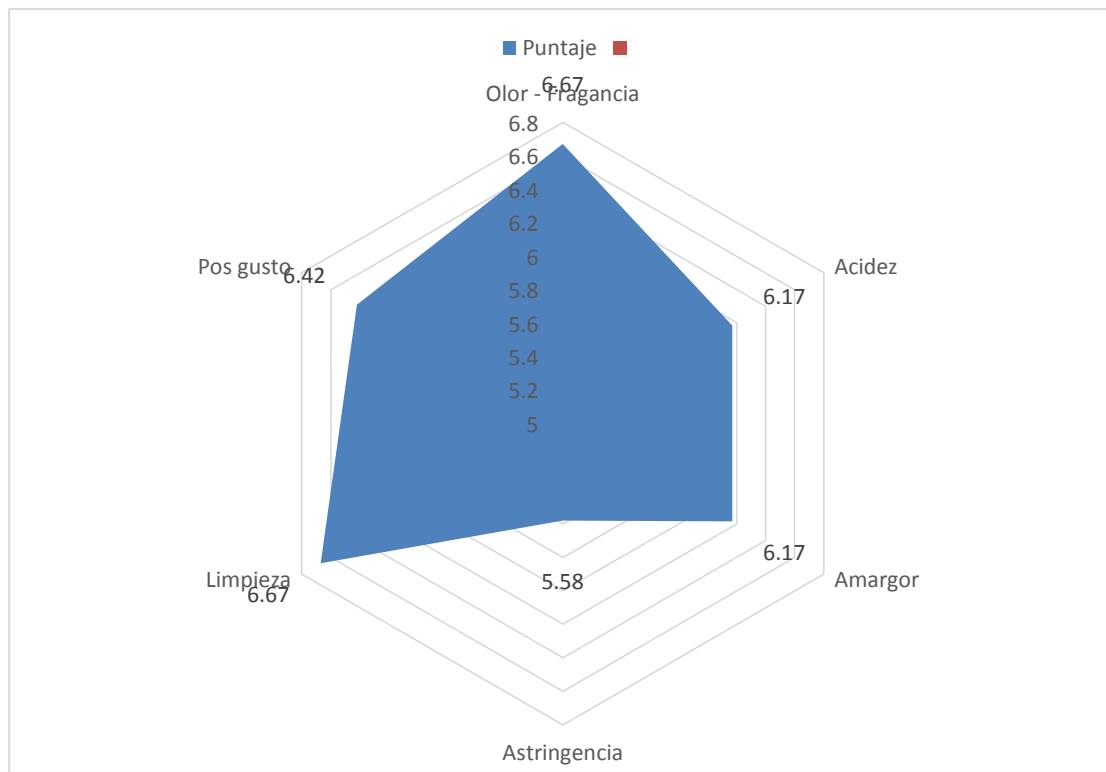
**b. Resultado de la evaluación afectiva de los atributos olor – fragancia, acidez, amargor, astringencia, limpieza y pos gusto del prototipo F2**



**Ilustración 56:** Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F2.

Los atributos más destacados son el limpieza, olor – fragancia, el pos gusto y la astringencia por el panel seleccionado; quedando acidez y amargor como atributos rezagados.

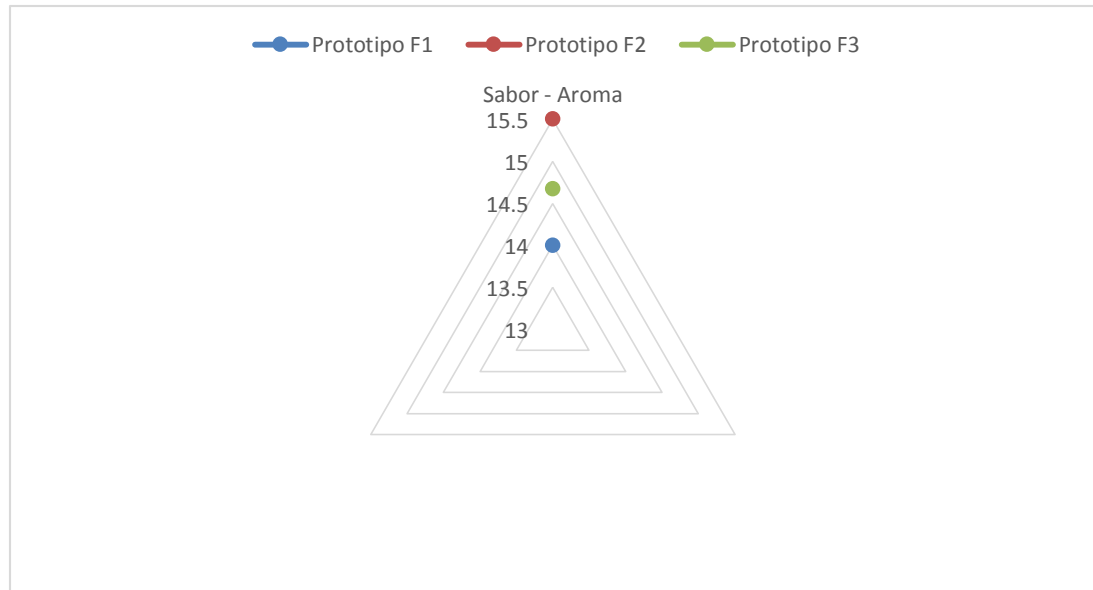
**c. Resultado de la evaluación afectiva de los atributos olor – fragancia, acidez, amargor, astringencia, limpieza y pos gusto del prototipo F3**



**Ilustración 57:** Gráfico radial de la evaluación afectiva del prototipo F3.

Los atributos más destacados son el de limpieza, olor – fragancia, el pos gusto, amargor y acidez por el panel seleccionado; quedando astringencia como atributo rezagado.

**d. Resultado de la evaluación afectiva del atributo sabor – aroma de los prototipos clásico de madera cuadrada (F1), prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).**



**Ilustración 58:** Gráfico radial de la evaluación afectiva del sabor-aroma de los prototipos F1, F2 y F3.

La ilustración muestra que los panelistas seleccionados le dan el mayor puntaje al atributo sabor – aroma es del prototipo de cilindro de plástico de grado alimentarios (F2).

#### 4.8.2. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA HIPÓTESIS, PARA EL ANÁLISIS DISCRIMINATIVO DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETAS DE MADERA DEL TIPO ROHAN (F3).

##### a. Planteamiento de Hipótesis

$H_i$ : Hay diferencia entre las muestras de la evaluación sensorial.

$H_o$ : No hay diferencia entre las muestras de la evaluación sensorial

##### b. Nivel de significación: 0.05

##### c. Desarrollo de la prueba de hipótesis T

**d. Suposiciones:**

- Los datos siguen una distribución normal
- Las muestras de la evaluación de los panelistas fueron elegidas aleatoriamente
- Se acepta  $H_1$  si  $T_{cal} \leq 1.740$
- Se rechaza  $H_1$  si  $T_{cal} \geq 1.740$

**e. Desarrollo de la prueba estadística**

- Número de respuestas acertadas que hay diferencia entre los prototipos en los atributos sensoriales 12
- Número de observaciones totales:  $6 \times 3 = 18$
- Cálculo del valor de la media:  $18 \times 0.5 = 9$
- Cálculo de la desviación estándar  
 $S = 18 \times 0.5 \times 0.5 = 4.5$
- Cálculo del valor  $T_{cal}$

$$T_{cal} = \frac{12 - 9}{4.5} = 0.6667$$

$$T_{cal} \leq T_{tabular}$$

Del resultado se observa que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis de investigación es decir si hay diferencia significativa de los atributos sensoriales, son diferente en los prototipos F1, F2 y F3.

**4.8.3. REPORTE DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA HIPÓTESIS PARA EL ANÁLISIS DISCRIMINATIVO DE PREFERENCIA DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROTOTIPOS CLÁSICO DE MADERA CUADRADA (F1), PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2), PROTOTIPO CLÁSICO DE GAVETAS DE MADERA DEL TIPO ROHAN (F3).**

El cuadro 78 reporta las respuestas de los valores discriminativos de las preferencias en la evaluación sensorial de los prototipos F1, F2 y F3; y se determinó cual es del mayor valor de preferencia.

**Tabla 78:** Valores de evaluación sensorial total de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia.

Evaluación sensorial total F1	Evaluación sensorial total F2	Evaluación sensorial total F3
55	58	52
54	56	51
55	59	54
56	58	53
53	56	48
53	59	53
51	58	53
55	59	52
53	58	54
52	56	55
52	55	51
54	56	52
51	58	50

**a. Comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3.**

Muestra 1: Total F1

Muestra 2: Total F2

Muestra 3: Total F3

Selección de la variable: Total F2

Muestra 1: 13 valores en el rango de 51.0 a 56.0

Muestra 2: 13 valores en el rango de 55.0 a 59.0

Muestra 3: 13 valores en el rango de 48.0 a 55.0

Se realizó el procedimiento comparando los datos, para realizar las pruebas estadísticas y gráficas para comparar los valores mediante la prueba F en la tabla ANOVA, para determinar si hay diferencias significativas entre las medias y reforzar mediante las pruebas de Rangos Múltiples y la prueba de

Kruskal-Wallis y juzgar la significancia práctica de los resultados mediante sus respectivos gráficos.

**Tabla 79:** Resumen estadístico de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3.

	<i>Recuento</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación Estándar</i>	<i>Coefficiente de Variación</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Total F1	13	53.3846	1.60927	3.01448%	51.0	56.0	5.0
Total F2	13	57.3846	1.38675	2.41659%	55.0	59.0	4.0
Total F3	13	52.1538	1.86396	3.57397%	48.0	58.0	7.0
Total	39	54.3077	2.76400	5.08951%	48.0	59.0	11.0

	<i>Sesgo Estandarizado</i>	<i>Curtosis Estandarizada</i>
Total F1	-0.0555722	-0.778339
Total F2	-0.563531	-1.01954
Total F3	-1.058580	0.582939
Total	0.123539	-0.785889

La tabla anterior muestra los estadísticos para cada una de las 3 columnas de datos, a fin de probar diferencias significativas entre las medias de las columnas, mediante la tabla ANOVA para mostrar gráficamente las medias.

**Tabla 80:** Pruebas de Rango Múltiple de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3.

Método: 95.0 porcentaje LSD

	<i>Caso</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos</i>
	<i>s</i>		<i>Homogéneo</i>
			<i>s</i>
Total F3	13	52.1538	X
Total F1	13	53.3846	X
Total F2	13	57.3846	X

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
Total F1 - Total F2	*	-4.0	1.29798
Total F1 - Total F3	*	1.23077	1.29798
Total F2 - Total F3	*	5.23077	1.29798

\* indica una diferencia significativa.

En la tabla 80 se ha aplicado el procedimiento de comparación múltiple, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras, el asterisco que se encuentra al lado de los 2 pares, indica que estos pares muestran diferencias estadísticamente significativas con un nivel del 95.0% de confianza, con este método hay un riesgo del 5.0%, al decir que cada par de medias es significativamente diferente, cuando la diferencia real es igual a 0.

**Tabla 81:** Prueba de Kruskal-Wallis de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3.

	<i>Tamaño de</i>	<i>Rango</i>
	<i>Muestra</i>	<i>Promedio</i>
Total F1	13	16.1923
Total F2	13	32.6154
Total F3	13	11.1923

Estadístico = 25.4807 Valor P = 0.0000029305

La tabla 81, permitió la prueba de Kruskal-Wallis que evalúa la hipótesis nula, de que las medianas dentro de cada una de las 3 columnas es la misma, se combinaron y se calcula el rango (Rank) promedio para los datos de cada columna, puesto que el valor P es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel del 95.0% de confianza las que se pueden ver en forma gráfica.

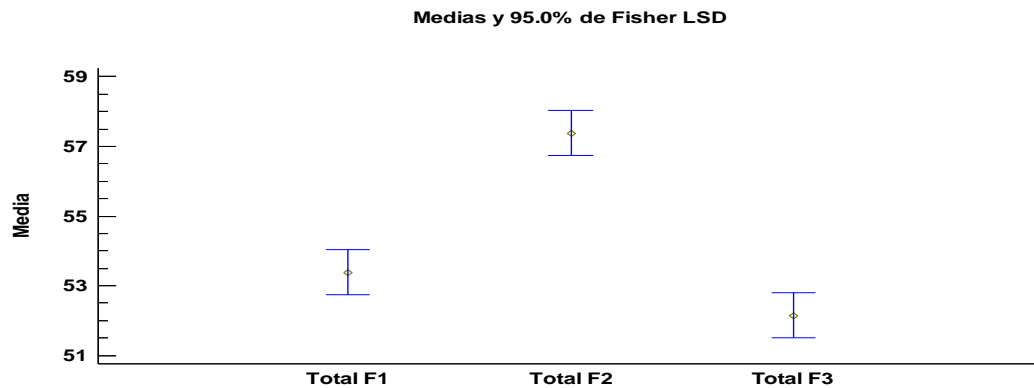
**Tabla 82:** Prueba de la mediana de Mood de la comparación de varias muestras de los valores sensoriales F1, F2 y F3.

Total n = 39  
Gran mediana = 54.0

<i>Muestra</i>	<i>Tamaño de Muestra</i>	<i>n&lt;=</i>	<i>n&gt;</i>	<i>Mediana a</i>	<i>LC inferior 95.0%</i>	<i>LC superior 95.0%</i>
Total F1	13	9	4	53.0	51.3944	55.0
Total F2	13	0	13	58.0	56.0000	59.0
Total F3	13	12	1	52.0	50.3944	54.0

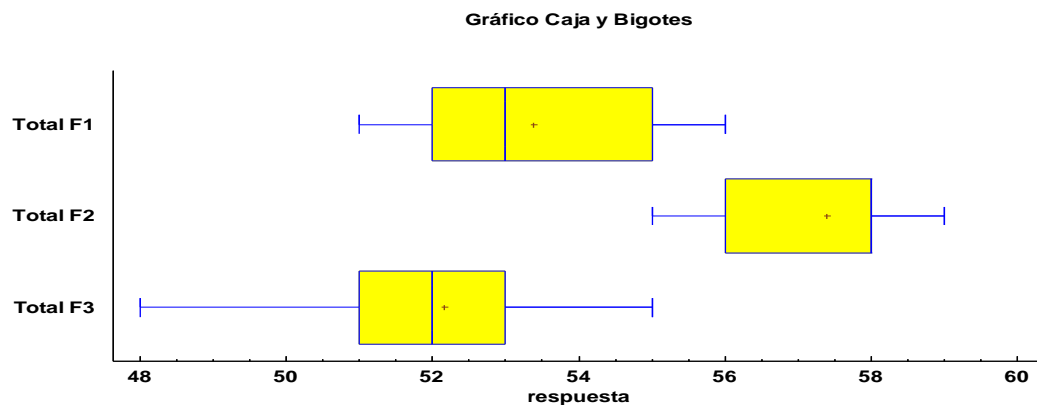
Estadístico = 24.1429 Valor-P = 0.00000572065

La tabla 82 reporta la prueba de medianas de Mood, que evalúa la hipótesis de que las medianas de todas las 3 muestras son iguales, por lo con el número de observaciones en cada muestra, a cada lado de la mediana global, la cual es igual a 54.0, puesto que el valor P para la prueba de Chi-cuadrada es menor que 0.05, las medianas de las muestras son significativamente diferentes con un nivel de confianza del 95.0%, también se incluyen los intervalos del 95.0% de confianza para mediana, basados en los estadísticos de orden de cada muestra.



**Ilustración 59:** Gráfico de la comparación de la media evaluación sensorial total de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia.

La ilustración 59 muestra la preferencia estadística del prototipo F2, sobre los prototipos F1 y F3; que se puede observar mediante la ilustración de cajas y bigotes siguiente.



**Ilustración 60:** Gráfico de caja y bigotes de la comparación de media evaluación sensorial de F1, F2 y F3 para el análisis discriminativo de preferencia.

La ilustración anterior muestra la preferencia del prototipo F2 con el mayor valor en las respuestas de los panelistas seleccionados, con un grado de la diferencia estadística de la evaluación sensorial.

#### **4.8.4. OPTIMIZACIÓN DE LOS VALORES SENSORIALES DEL TRATAMIENTO DEL PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2) MEDIANTE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA**

Seguidamente se reporta la obtención de la superficie de respuesta, que se construyó a partir de los atributos sensoriales del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario F2, dado por el panel seleccionado sobre olor – fragancia, acidez, amargor, astringencia, limpieza y pos gusto que se indican en el cuadro siguiente.

**Tabla 83:** Superficie de respuesta para la optimización de los atributos sensoriales del prototipo F2.

Valores de optimización sensorial	Olor - Fragancia	Acidez	Amargor	Astringencia	Limpieza	Pos gusto
Valor Máximo	7	7	6	7	8	7
Valor Mínimo	6	6	5	6	6	6

**Tabla 84:** Atributos de la superficie de respuesta de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta.

<i>Factores</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Unidades</i>	<i>Continuo</i>
Olor fragancia	6.0	7.0		Sí
Acidez	5.0	7.0		Sí
Amargor	5.0	6.0		Sí
Astringencia	6.0	7.0		Sí
Limpieza	6.0	8.0		Sí
Pos gusto	6.0	7.0		Sí

Clase de diseño: Superficie de respuesta

Nombre del Diseño: Compuesto central en 3 bloques

### **Diseño Base**

Número de factores experimentales: 6

Número de bloques: 3

Número de respuestas: 1

Número de corridas: 47, incluyendo 1 puntos centrales por bloque

Grados de libertad para el error: 17

Aleatorizar: Sí

Se ha creado un diseño compuesto central en 3 bloques, el cual estudiará los efectos de 6 factores en 47 corridas, el diseño fue ejecutado en 3 bloques en el orden de los experimentos, fue completamente aleatorizado, para la protección contra el efecto de variables ocultas.

**Tabla 85:** Efectos estimados para optimización sensorial de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta.

<i>Efecto</i>	<i>Estimado</i>	<i>Error Estd.</i>	<i>V.I.F.</i>
promedio	85.0027	0.241512	
A:Olor			
Fragancia	0.0	0.125795	1.0
B:Acidez	0.0	0.125795	1.0
C:Amargor	0.0	0.125795	1.0
D:Astringencia	0.0	0.125795	1.0
E:Limpieza	0.0	0.125795	1.0
F:Pos gusto	9.69428	0.125795	1.0
AA	0.144357	0.120976	1.36353
AB	0.0	0.147901	1.0
AC	0.0	0.147901	1.0
AD	0.0	0.147901	1.0
AE	0.0	0.147901	1.0
AF	0.0	0.147901	1.0
BB	0.144356	0.120975	1.36353
BC	0.0	0.147901	1.0
BD	0.0	0.147901	1.0
BE	0.0	0.147901	1.0
BF	0.0	0.147901	1.0
CC	0.144357	0.120976	1.36353
CD	0.0	0.147901	1.0
CE	0.0	0.147901	1.0
CF	0.0	0.147901	1.0
DD	0.144357	0.120976	1.36353
DE	0.0	0.147901	1.0
DF	0.0	0.147901	1.0
EE	0.144356	0.120975	1.36353
EF	0.0	0.147901	1.0
FF	-1.16334	0.120976	1.36353
Bloque	0.410258	0.169878	1.40171
Bloque	0.820516	0.181884	1.40171

Errores estándar basados en el error total con 17 g.l.

La tabla 85, muestra las estimaciones que se determinaron para cada uno de los efectos estimados y las interacciones; también se muestra el error estándar de cada uno de estos efectos, el cual mide su error de muestreo, esto permitió también que el factor de inflación de

varianza (V.I.F.) más grande, es igual a 1.40171, para un diseño perfectamente ortogonal, todos los factores serían igual a 1, para graficar los estimados en orden decreciente de importancia.

**Tabla 86:** Coeficiente de regresión para optimización sensorial de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), mediante la superficie de respuesta.

<i>Coeficiente</i>	<i>Estimado</i>
constante	-37.0475
A:Olor	
Fragancia	-3.75329
B:Acidez	-0.866136
C:Amargor	-3.17586
D:Astringencia	-3.75329
E:Limpieza	-1.01049
F:Pos gusto	39.9412
AA	0.288715
AB	0.0
AC	0.0
AD	0.0
AE	0.0
AF	0.0
BB	0.072178
BC	0.0
BD	0.0
BE	0.0
BF	0.0
CC	0.288715
CD	0.0
CE	0.0
CF	0.0
DD	0.288715
DE	0.0
DF	0.0
EE	0.072178
EF	0.0
FF	-2.32669

A partir de la tabla 86, se determinó la ecuación de regresión que se ha ajustado a los datos de la superficie de respuesta de la ecuación del modelo ajustado que se desarrolló:

$$\begin{aligned} \text{Optimización Sensorial} = & -37.0475 - 3.75329 \cdot \text{Olor Fragancia} - 0.866136 \cdot \text{Acidez} - 3.17586 \cdot \text{Amargor} - 3.75329 \cdot \text{Astringencia} - \\ & 1.01049 \cdot \text{Limpieza} + 39.9412 \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Olor Fragancia}^2 + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Acidez} + 0.0 \cdot \text{Olor} \\ & \text{Fragancia} \cdot \text{Amargor} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Pos gusto} + \\ & 0.072178 \cdot \text{Acidez}^2 + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Amargor} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Limpieza} + \\ & 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Amargor}^2 + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Limpieza} + \\ & 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Astringencia}^2 + 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Pos gusto} + \\ & 0.072178 \cdot \text{Limpieza}^2 + 0.0 \cdot \text{Limpieza} \cdot \text{Pos gusto} - 2.32669 \cdot \text{Pos gusto}^2 \end{aligned}$$

**Tabla 87:** Optimización de los valores de la superficie de respuesta de los valores sensoriales del tratamiento del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

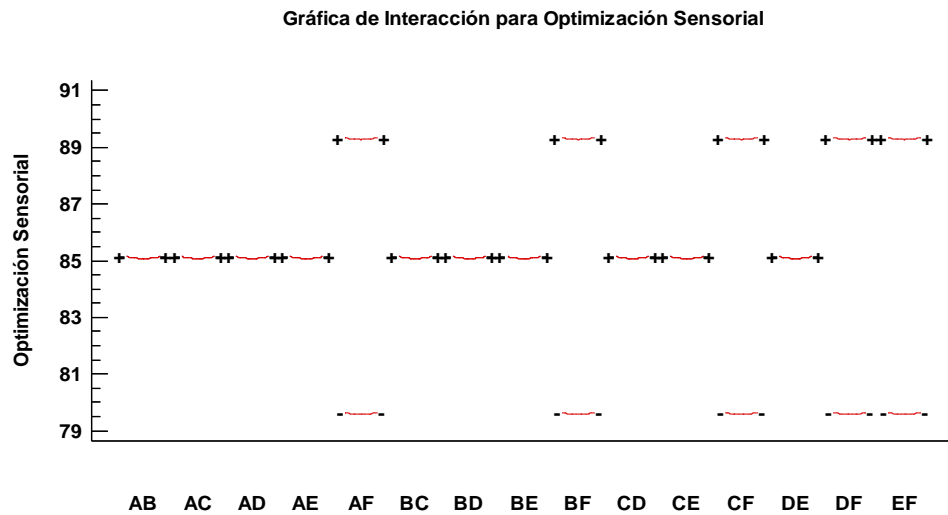
Meta: Maximizar optimización sensorial

Valor óptimo = 94.858

<i>Factor</i>	<i>Bajo</i>	<i>Alto</i>	<i>Óptimo</i>
Olor Fragancia	5.26331	7.73669	7.73669
Acidez	3.52661	8.47339	6.47067
Amargor	4.26331	6.73669	4.28444
Astringencia	5.26331	7.73669	7.73669
Limpieza	4.52661	9.47339	5.82587
Pos gusto	5.26331	7.73669	7.73662

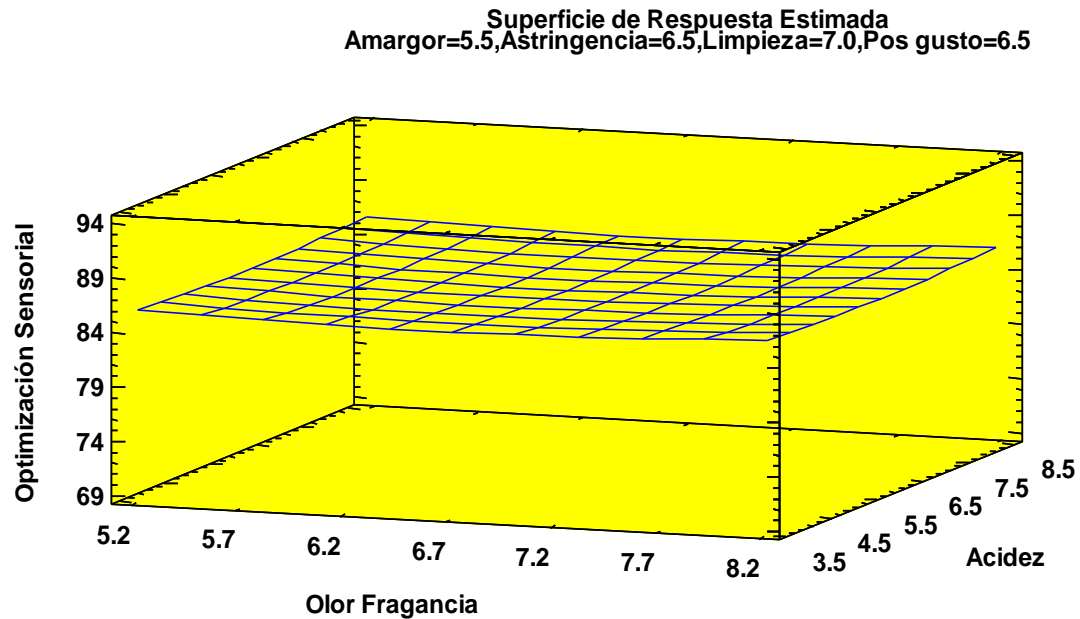
En la tabla 87 se muestra la combinación de los niveles de los factores, la cual maximiza la optimización sensorial, puede establecer el valor de uno o más factores a una constante, estableciendo los límites alto y bajo, en ese valor se puede obtener un valor óptimo de 94.858 %, al maximizar los valores de los atributos evaluados en el

prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2), que se reporta en las ilustraciones siguientes.



**Ilustración 61:** Gráfica de la interacción para la optimización sensorial del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario.

La ilustración 61 se complementa con la ilustración de la superficie estimada que se indica seguidamente.



$$\begin{aligned}
 \text{Optimización Sensorial} = & -37.0475 - 3.75329 \cdot \text{Olor Fragancia} - 0.866136 \cdot \text{Acidez} - 3.17586 \cdot \text{Amargor} - 3.75329 \cdot \text{Astringencia} - 1.01049 \cdot \text{Limpieza} + 39.9412 \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Olor Fragancia}^2 + \\
 & 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Acidez} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Amargor} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Pos gusto} + 0.072178 \cdot \text{Acidez}^2 + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Amargor} + \\
 & 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Amargor}^2 + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Astringencia} + \\
 & 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Astringencia}^2 + 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Limpieza} + \\
 & 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Pos gusto} + 0.072178 \cdot \text{Limpieza}^2 + 0.0 \cdot \text{Limpieza} \cdot \text{Pos gusto} - 2.32669 \cdot \text{Pos gusto}^2
 \end{aligned}$$

**Ilustración 62:** Superficie de respuesta estimada para la optimización sensorial del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario.

#### 4.9. RESULTADO DEL COSTO DE LOS PROTOTIPOS DE LOS FERMENTADORES

Se realizó mediante el sistema de costos por procesos líneas de fermentación, según el tamaño del lote de producción que acostumbra del número de modelos de productos que se procesa y en función del costo

de la confección de su mano de obra, costo de transporte, el número de unidades y su capacidad como se reporta seguidamente en los cuadros para cada tipo de prototipo.

**Tabla 88:** Costo del prototipo clásico de madera cuadrada (F1).

Costo de los insumos y servicios	Valor en soles
Madera	150
Mano de obra	180
Servicio de transporte	15
Valor Total del costo de confección	345

Número de fermentadores obtenidos	3 Unidades
Capacidad de pulpa a fermentar	30 Kilogramos

**Tabla 89:** Costo del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2).

Costo de los insumos y servicios	Valor en soles
Cilindro de grados alimentarios	150
Mano de obra implementación para su puesta en marcha	90
Servicio de transporte	15
Valor Total del costo de confección	255

Número de fermentadores obtenidos	3 Unidades
Capacidad de pulpa a fermentar	30 Kilogramos

**Tabla 90:** Costo del prototipo clásico de gavetas de madera del tipo ROHAN (F3).

Costo de los insumos y servicios	Valor en soles
Madera	150
Mano de obra	240
Servicio de transporte	15
Valor Total del costo de confección	405

Número de fermentadores obtenidos	4 Unidades
Capacidad de pulpa a fermentar	30 Kilogramos

## **V. DISCUSIÓN**

### **5.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDIDAS BIOMÉTRICAS DE LAS MAZORCAS.**

Se reporta la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de número de mazorca en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo; las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, que coinciden con RIGEL (2005).

#### **a. Histograma del largo de las mazorcas**

Se reporta la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de número de mazorca en intervalos del mismo largo y contando el número de datos en cada intervalo; las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, que coinciden con RIGEL (2005).

#### **b. Histograma del ancho de las mazorcas**

Se reporta la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de número de mazorca en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo; las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo, que coinciden con RIGEL (2005).

## **5.2. DISCUSIÓN DEL RESULTADO DEL NÚMERO DE SEMILLAS Y PESO EN LAS MAZORCAS MUESTREADAS**

Al efectuar la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de número de semillas (unidades) en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo, las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo este comportamiento es muy similar al reportado POR PORTILLO, GRAZIANI Y CROS (2006).

### **a. Discusión del histograma del peso de las semillas en las mazorcas muestreadas.**

Se realizó la tabulación de frecuencias, dividiendo el rango de peso de las pepas (kg) en intervalos del mismo ancho y contando el número de datos en cada intervalo; las frecuencias muestran el número de datos en cada intervalo, mientras que las frecuencias relativas muestran las proporciones en cada intervalo; estos intervalos tienen las mismas tendencias como las reportadas por PORTILLO, GRAZIANI Y CROS (2006).

### **b. Comparación entre el número de semillas con respecto a su peso en las mazorcas muestreadas**

Al trabajarse el cuadro 14, se presenta el resumen estadístico para las dos muestras de datos, de particular interés son el sesgo estandarizado y la curtosis estandarizada, que pueden usarse para comparar si las muestras provienen de distribuciones normales. Valores de estos estadísticos fuera del rango de -2 a +2 indican desviaciones significativas de la normalidad, lo que tendería a invalidar las pruebas que compara la desviación estándar. En este

caso, ambos valores de sesgo y curtosis estandarizado se encuentran dentro del rango esperado, esto es coincidente con los autores PORTILLO, GRAZIANI Y CROS (2006).

### **5.3. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE ALMACENAMIENTO EN LA POSCOSECHA.**

La ilustración 34, muestra las condiciones psicométricas del aire para el almacenamiento, lo importante es la presión de vapor de saturación con un valor de 40.399 mili bares y un valor entálpico de 67.790 kJ/kg lo que indica las condiciones de almacenamiento para los procesos de fermentación, ya que muestra una estabilidad de los valores entálpico del aire para la fermentación, como lo recomienda SALTOS, A. (2005).

### **5.4. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS**

Las ilustraciones 40, 41 y 42 comprueban que para la evaluación de la temperatura, porcentaje de fermentación y el tiempo, para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1), no existe diferencia significativa entre sus condiciones de fermentación como lo manifiesta SALTOS, A. (2005); esta consideración del comportamiento de la fermentación, como lo indica MITCHELL, (2012) reporta que entre los factores que deben ser medidos en los fermentadores, cualquiera que sea el sistema físico del fermentador, tiempo, humedad, acidez iónica (pH), acidez titulable, lípidos, valores sensoriales, como resultado de esta diversificación de enfoques, los modelos actuales no pueden explicar la generación de numerosos productos, que son formados durante el sistema de fermentación de sólidos y por lo tanto su resultado en términos de características del producto final. (MITCHELL, 2012). El tamaño, peso de las semillas es esencial en la fermentación, los granos pequeños van

a poseer menor porcentaje de azúcares, mayor porcentaje de cáscara; por ende el porcentaje de granos fermentados en los granos pequeños serán diferentes a los granos grandes, por eso se recomienda homogenizar los tamaños de granos, trabajar la fermentación por separado; esto además se verá influenciado por el tipo de fermentador y material genético.

Las características psicométricas de almacenamiento en el prototipo clásico de madera se pueden producir el efecto Pasteur, es decir la de la fermentación por la respiración. La aireación induce a un aumento en la cantidad de biomasa, a una disminución de la producción de alcohol y de consumo de azúcar. POTTER Y HOTCHKISS, (1999). Los conceptos de respiración y fermentación, se explican cuando el aceptor de electrones es un ácido orgánico (molécula orgánica), se le llama fermentación, cuando el aceptor es una sustancia inorgánica ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{CO}_3$  y fumarato) se llama respiración anaerobia, como lo explica (MESAS Y ALEGRE, 1999).

#### **a. Discusión de la evaluación de la temperatura, porcentaje de fermentación y el tiempo para el prototipo clásico de madera cuadrada (F1).**

El aumento significativo del porcentaje de fermentación, se debe fundamentalmente a presencia constante de la temperatura y a la impermeabilidad gaseosa del sistema de fermentación, que determina que la fermentación en fase sólida, estas gradientes permiten dirigir el transporte de los sustratos y productos, sumado adicionalmente los gradientes de concentración y estos han sido estudiados y se ha concluido que juegan un rol importante para obtener las características que definen los productos de la fermentación en estado sólido; sin embargo, los gradientes también son conocidos como el resultado de la productividad del proceso y de reacciones no deseadas durante la misma, considerando que la fermentación en

estado sólido ha sido generalmente realizada en proceso tipo “batch” o por lotes y esto por ende complica su estudio y entendimiento, debido a que las condiciones cambian en el tiempo y no puede hacerse un análisis en un estado de equilibrio, teniendo sobretodo un comportamiento transitorio durante su evolución de los porcentajes de fermentación, con modelos matemáticos aplicados, por ende son necesarios para mejorar el entendimiento de este proceso y permitir su manipulación para obtener los resultados deseados, la diversificación de enfoques, los modelos actuales no pueden explicar la generación de numerosos productos que son formados durante los sistemas sólidos de fermentación y por lo tanto su resultado en términos de características del producto final. (MITCHELL, 2012).

#### **5.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN CON RESPECTO A LA ACIDEZ IÓNICA (PH) CON LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.**

El comportamiento de la estabilidad de la acidez iónica, en los tres prototipos de fermentación, dependen también del grado de madurez del fruto, como lo indica GUERRERO Y LÓPEZ (1978), a ello se suma el comportamiento de la fermentación en estado sólido y el desarrollo de productos especiales que se diferencian de una fermentación sumergida como lo indica CHEN (2005), la extracción del calor metabólico se realiza en la evaporación de los gases generados con alto contenido de vapor de agua, lo que tiende a la disminución de la acidez iónica en todos los prototipos, esto permite posteriormente al desarrollo de las características especiales en su comportamiento sensorial, según MITCHELL (2012)

#### **5.6. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, CON RESPECTO AL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS**

El contenido de humedad en los procesos de fermentación en estado sólido, ocurre en ausencia de agua libre, generando un calor excesivo, es difícil de remover debido a la limitada conductividad térmica del sustrato sólido y la baja capacidad térmica del aire; debido a esto, el mecanismo de evaporación ha sido considerado como uno de los más viables para el desarrollo del intercambio de calor, a lo largo de los reactores de fermentación en estado sólido; sin embargo, se conoce que el enfriamiento evaporativo es acompañado de pérdidas de humedad, que puede causar “secado” durante la fermentación, por lo tanto, para estos procesos es necesario monitorear tanto la temperatura como la humedad en simultáneo. (CHEN. 2005).

#### **5.7. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DEL CONTENIDO DE GRASA Y ÁCIDO OLEICO EN LA EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN, EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.**

El contenido de grasa es lo que por lo general se mantiene en una fermentación en estado sólido y los granos de cacao se mantienen según las condiciones de las materias primas a fermentar, sin embargo el contenido de ácido oleico va depender de la variedad, ya que el desarrollo de estos ácidos de configuración insaturada, dependen de los enlaces que las grasas presentan en su generación y también se ven afectados por las características físicas y químicas de los granos fermentados, secos y tostados de cacao, provenientes de sus genotipos de las semillas previamente fermentadas y secadas, al tostar el perfil de ácidos grasos de la manteca extraída de los granos, de los índices

evaluados, fueron comparados, las diferencias fueron significativas en el contenido de ácidos grasos insaturados (oleico, C18:1), que siempre es mayor como lo reporta PÉREZ, ÁLVAREZ Y LARES (2001). Los factores que afectan a la calidad del cacao en grano desde la poscosecha hasta la entrada a la fábrica, la cantidad de ácidos grasos libres (Porcentaje de acidez, expresado en ácido oleico), influye en sus propiedades de cristalización de la manteca de cacao, un elevado porcentaje de ácido oleico dará lugar a un chocolate mediocre, afectando la estabilidad en templado y en algunos casos en el sabor; los mercados aceptan máximo 1.75% de ácido oleico; otro de los atributos importantes es el color, estudios demostraron que el cacao chuncho presenta mayor cantidad de flavonoides, que influyen en el color del cotiledón, por factores entre las que destacan los antecedentes genéticos, del cacao, condiciones climáticas y edafoclimáticos y procesos de poscosecha. La buena fermentación es especialmente importante, al ser esencial para las reacciones de oxidación que dan lugar a la formación de nuevos compuestos de tanino, que dan al grano su color marrón, que también interesa a los fabricantes, ya que se puede utilizar el polvo de cacao como colorante natural, reporta PÉREZ, ÁLVAREZ Y LARES (2001).

#### **5.8.DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LOS PROCESOS DE FERMENTACIÓN EN LOS DIFERENTES PROTOTIPOS Y TRATAMIENTOS PLANTEADOS.**

Estas ilustraciones permiten comparar múltiples variables cuantitativas, de las evaluaciones de los panelistas seleccionados y permite ver qué variables tienen valores similares o si hay valores extremos entre cada variable, UREÑA (1999).

Las ilustraciones radiales que se reportan son útiles también para ver de qué variables están resultando altas o bajas, dentro de un conjunto de datos, lo que es ideal para la visualización del rendimiento de los atributos

sensoriales evaluados, se debe indicar que cada variable se proporciona un eje que se inicia desde el centro; todos los ejes están dispuestos radialmente, con distancias iguales entre sí, mientras se mantiene la misma escala entre todos los ejes. Las líneas de la cuadrícula que se conectan de eje a eje, y se utilizan como una guía. Cada valor de la variable se representa a lo largo de su eje individual y todas las variables son un conjunto de datos que conectados entre sí, forman un polígono, UREÑA (1999).

Los valores que se reporta en la evaluación integral de atributos sensoriales sumados tanto en las pruebas afectivas y discriminativas de preferencias, indicaron que los productos del prototipo cilíndrico de plástico de grado alimentario (F2) tienen los mejores atributos, como lo indica en las evaluaciones sensoriales, UREÑA (1999).

## **5.9. DISCUSIÓN DE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS VALORES SENSORIALES DEL TRATAMIENTO DEL PROTOTIPO CILÍNDRICO DE PLÁSTICO DE GRADO ALIMENTARIO (F2) MEDIANTE LA SUPERFICIE DE RESPUESTA**

El reporte de los costos por cada prototipo, se observa que el prototipo el mejor valor unitario y las ventajas que ofrece en el proceso de fermentación en sus resultados fisicoquímicos y sensoriales, a ello se suma las características de su funcionamiento orientados para una fermentación anaeróbica y aeróbica, así como los criterios evolutivos y no evolutivos de la fermentación del cacao OCDE (1978), que favorece la fermentación en medios sólidos, MITCHELL (2012), para sus condiciones de operación, ya que solo se realiza las rotaciones y no habrá ingreso de aire, se manifiestan en los valores obtenidos de sus atributos sensoriales como está demostrado, además el costo de depreciación tiene mayor tiempo de vida superior al de los otros prototipos.

## VI. CONCLUSIONES

Al término de la investigación y a partir de los resultados encontrados y sus objetivos e hipótesis se concluye:

- ❖ El tiempo de fermentación del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), es en promedio 96 horas por cada prototipo, destacándose un mayor porcentaje de fermentación, en el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.
- ❖ La evaluación en los procesos de fermentación del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), tienen influencia en los parámetros fisicoquímicos, indicando que el mejor comportamiento es el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.
- ❖ En la diferenciación de los parámetros físicos: Temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción y fisicoquímicos: Humedad, acidez, pH, y grasa, del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario, muestra los mejores valores por facilitar la fermentación en estado sólido, que muestran los prototipos evaluados.
- ❖ En la evaluación sensorial de los atributos de aroma, sabor, color, astringencia, amargor y la acidez, del grano del cacao Chuncho (*Theobroma cacao* L.), fermentado, seco y molido, presenta los mejores atributos establecidos por el panel seleccionado, en el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario.

- ❖ La optimización mediante la superficie de respuesta en los atributos de aroma, sabor, color, astringencia, amargor y la acidez muestran una optimización del 94.858 %, con la ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Optimización Sensorial} = & -37.0475 - 3.75329 \cdot \text{Olor Fragancia} - 0.866136 \cdot \text{Acidez} - 3.17586 \cdot \text{Amargor} - \\ & 3.75329 \cdot \text{Astringencia} - 1.01049 \cdot \text{Limpieza} + 39.9412 \cdot \text{Pos gusto} + 0.288715 \cdot \text{Olor Fragancia}^2 + \\ & 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Acidez} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Amargor} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Astringencia} + \\ & 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Olor Fragancia} \cdot \text{Pos gusto} + 0.072178 \cdot \text{Acidez}^2 + \\ & 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Amargor} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Acidez} \cdot \text{Pos gusto} + \\ & 0.288715 \cdot \text{Amargor}^2 + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Astringencia} + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Amargor} \cdot \text{Pos gusto} + \\ & 0.288715 \cdot \text{Astringencia}^2 + 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Limpieza} + 0.0 \cdot \text{Astringencia} \cdot \text{Pos gusto} + \\ & 0.072178 \cdot \text{Limpieza}^2 + 0.0 \cdot \text{Limpieza} \cdot \text{Pos gusto} - 2.32669 \cdot \text{Pos gusto}^2 \end{aligned}$$

- ❖ En la evaluación de los costos de los prototipos para el proceso de fermentación, se destaca el prototipo de cilindro de plástico de grado alimentario, con un valor de 255 soles por tres unidades, para su puesta en marcha con una carga de 30 Kilogramos y por su mayor tiempo de depreciación.

## VII. RECOMENDACIONES

La investigación después de sus conclusiones recomienda

- ❖ Realizar investigaciones en los sistemas de fermentación en estado sólido, en lo referente de la transferencia de masa y de calor.
- ❖ Evaluar las características de la biometría en el sistema de plástico de grado alimentario.
- ❖ Evaluar los contenidos gaseosos mediante sistemas Orsat de la fermentación en estado sólido, para optimizar su remoción mediante superficies de respuestas que van a repercutir en los atributos sensoriales.
- ❖ Investigar en los perfiles de temperaturas de los prototipos de fermentación, con termocuplas, para optimizar mediante la superficie de respuesta el porcentaje de fermentación en cada prototipo.
- ❖ Evaluar y optimizar con mayor detalle la fermentación en las etapas anaeróbica y aeróbica.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ALVAREZ, C., PEREZ, E y M. LARES. 2007. “Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, Estado Aragua”. *Agronomía tropical*. 57 (4): 249-256.
- Acceso - UAID-IICA, 2006. Protocolo estandarizado de oferta Tecnológica de cacao en el Perú. Lima.
- ÁLVAREZ, C; PÉREZ, E. Y LARES, M. 2007. “Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado de Aragua” (en línea). Vol. 57, No. 4, p. 249-256. Consultado el 24 de agosto del 2009. Disponible en: <http://utelvt.edu.ec/ojs/index.php/is/article/view/142>
- ARMIJOS, A. 2002. “Características de la acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación”. Tesis de Lic. en Químicas, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 103 p.
- BARBOSA, G., A. IBARZ. 2005. “Operaciones unitarias en la industria de los alimentos”. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España.
- BOCANGEL ZAVALA HIDERICO. 2009. “Súper arboles de cacao chuncho del cusco, sistematización del primer congreso regional en el distrito de Echarate - Cusco”. Ministerio de Agricultura: Cusco. Perú.

- BRAUDEAU, J. 1970. “El cacao. Técnicas agrícolas y producciones tropicales”. Barcelona, España. Editorial Blumé. 297 p. 148
- CHEN HONG ZHANG. 2005. “Temperature control at different bed depths in a novel solid-state fermentation system with two dynamic changes of air” Food Chemistry. USA.
- DE LA CRUZ MEDINA. 2010. “Cacao operaciones poscosecha” INPHA FAO. Italia.
- ESPINOZA MANFUGAS JULIA. 2007. “Evaluación Sensorial de los Alimentos”. Editorial universitaria. Cuba.
- FAO (2007) Statistical Databases. (n.d). Extraído el 01 de agosto de 2007 desde <http://faostat.fao.org>.
- FAO. (2005). World agricultura towards 2015-2030. Extraído el 10 de agosto de 2007 desde <http://www.fao.org/docrep/004/y3557ee00.htm>.
- FEDERACIÓN NACIONAL DE CACAOTEROS (FEDECACAO), 2005. “Caracterización Físicoquímica Y Beneficio Del Grano De Cacao (Theobroma Cacao L.)”, Bogotá-Colombia.
- GARCÍA, C.L. 2000, Grupos y variedades de cacao. “En cultivo del cacao en la Amazonía peruana”. (Arca, M, ed. (INIA, Lima. Perú.
- GEORGINA MIRANDA LARA. 2011. “Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bandejas con convección forzada de aire”. Barcelona. España.
- GUERRERO QUINZA ENRIQUE Y LÓPEZ MARCOS MANUEL 1978. “Índices de madurez de frutos”. Servicio de extensión agraria. Valencia. España.

- GUTIÉRREZ, H. 1988. “El Beneficio del cacao, Gobernación de Antioquia Secretaria de Agricultura”. Publicación Técnica N° 9. Medellín, Colombia. 55 p.
- GUTIÉRREZ M., 2009. “Guía de Gestión de calidad en el centro de acopio, secado y fermentación de cacao”. Dirección de promociones de competitividad-MINAG. Perú.
- HERNANDEZ ALICIA, 1990. “Evaluación del proceso de fermentación del cacao en Costa Rica”, Segundo Programa, IICA-CIPRONA, Universidad de Costa Rica.
- J. ANGULO, L. ORTIZ y GRAZIANI, L. 2007. “Caracterización física de la semilla de los cacaos criollos, forasteros, amazónico y trinitario de la localidad de Cumboto, Estado Aragua”. Agronomía tropical. P: 203-219.
- J. COULSON y J. RICHARDSON, 1981. “Ingeniería Química Operaciones Básicas”, Tercera Edición, Editorial Reverté Tomo II, España.
- LOPEZ A. & Mc DONALD C., 1983. “Preliminary Test of a Simple and Inexpensive System for the Mechanical Aeration of box-Type Cacao fermentation”, Revista Theobroma (Brazil), Vol 13, Pág. 233-248.
- LOPEZ A., 1979. “Fermentation and Organoleptic Quality of Cacao as Affected by Partial Removal of Pulps Juices from the Beans Prior to curing, Theobroma”, Vol 9, Pág. 25-37.
- LEFEBER TIMOTHY; NICHOLAS CAMU, 2011. “On-farm implementation of a starter culture for improved cocoa bean fermentation and its influence on the flavor of chocolates produced thereof”, Editorial Elsevier, Bélgica.

- MALLOUCHOS A., KOMAITIS M., KOUTINAS A., KANELLAKI M. 2003. "Wine fermentations by immobilized and free cells at different temperatures. Effect of immobilization and temperature on volatile by-products." Food Chemistry. USA.
- MESAS J. y ALEGRE M. 1999. "El papel de los microorganismos en la Fermentación". Ciencia y Tecnología Alimentaria. México.
- MIRANDA LARA GEORGINA. 2011 "Evaluación del proceso de secado de granos de cacao fermentado, en un secador de bandejas con convección forzada de aire". Barcelona. Pp 20-26.
- MITCHELL D.A. 2012. "Solid state fermentation bioreactors fundamentds of desing and operati3n". PENX – 2013. USA.
- NATALY IVONNE BRAVO CUEVA Y FANNY ROCÍO MINGO MOROCHO, 2011. "Valoración de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (Theobroma cacao l.) en la parroquia Panguintza del cant3n centinela del c3ndor, provincia de Zamora Chinchipe". LOJA – ECUADOR.
- OFICINA DE COMERCIALIZACI3N DE EUROPEA (OCDE) 1978. "Norma para la determinaci3n del 3ndice de madurez en frutas" Valencia. Espa1a.
- PEDRERO F, DANIEL Y PANGBORN ROSE MARIE, 2007. "Evaluaci3n sensorial de los alimentos m3todos anal3ticos" Editorial Alhambra. M3xico.
- P3REZ ELEVINA, 3LVAREZ CL3MACO Y LARES MARY 2001." Caracterizaci3n f3sica y qu3mica de granos de cacao fermentados, secos y tostados" INIA

- PORTILLO, E. I. GRAZIANI DE FARIÑAS, E. CROS. 2006 “Efecto de algunos factores poscosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao L.*)”. Estado de Aragua. Venezuela.
- POTTER N. y HOTCHKISS J. 1999. “Ciencia de los alimentos”. Editorial Acribia. Zaragoza. España.
- RELIEF, LUTHERAN WORLD. 2013 “Guía de procesamiento de cacao elaborada por Lutheran World Relief,” Oficina Regional para Centro América. Costa Rica.
- RAMOS, G. 2004. “La Fermentación, el Secado y Almacenamiento del Cacao. In Taller Internacional de Calidad Integral de cacao, Teoría y Práctica” (15-17 nov. / 2004). INIAP – Quevedo, Ecuador, 44 p.
- RAMOS, G., RAMOS, P y A. AZÓCAR. 1993. “Beneficio del cacao (*Theobroma cacao L.*)”. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Estado Mérida. Serie B. Maracay, Venezuela.
- REYES, H., L, CAPRILES de REYES 2000. “El cacao en Venezuela. Moderna Tecnología para su cultivo”. Editorial Chocolates el Rey. C.A. Caracas, Venezuela.
- RICE, R. & GREENBERG, R. 2000. “Cacao cultivation and the conservation of biological diversity”. *Ambio* 29(3): 167-173.
- RIGEL J. LIENDO 2005. “Parámetros de procesamiento del cacao para la fabricación de chocolate y sub productos” INIA Centro nacional de investigación agrícola Maracay. Venezuela.

- RODRÍGUEZ CAMPOS J., 2011. Tesis “Estudio de los compuestos volátiles de *Theobroma cacao* L., durante el proceso tradicional de fermentación, secado y tostado”. México.
- R. ACOSTA, L. ORTIZ y GRAZIANI, L. 2009. “Influencia de varios factores sobre características del grano de cacao fermentado y secado al sol”. *Agronomía tropical*. 59 (2): 119-127.
- RODRIGUEZ-CAMPOS J., 2011. “Effect of fermentation time and drying temperature on volatile compounds in cocoa”. Editorial Elsevier, México.
- RODRIGUEZ NILDA, 2006. “Beneficio del cacao” (*Theobroma cacao* L). Editorial Elsevier, México
- ROHAN, T. 1964. “El beneficio del cacao bruto destinado al mercado”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación. Roma, Italia. 223 p.
- SALTOS, A. 2005. “Efecto de métodos de fermentación, frecuencias de remoción y volúmenes variables de masa fresca de cacao sobre la calidad física y organoléptica del "Complejo Nacional x Trinitario". Tesis Ing. Agr. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 59 p.
- SCHILLING RAPHAEL; LUIS REGALADO, 2009. “Manual para el manejo de cosecha, poscosecha y clasificación de cacao” Tegucigalpa-Honduras.
- SING, P. y HELDMAN, D., 2000. “Introducción a la Ingeniería de los Alimentos”. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

- SEMIGLIA, C. 1979. “Estudio de varios métodos de fermentación en diferentes zonas cacaoteras del Ecuador”. Tesis de Ing. Agr. Universidad Estatal de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 86 p.
- THOMPSON, WILBERT. 2002 “Catálogo de clones de cacao seleccionados” Catie para siembras comerciales. Proyecto Cacao Centroamérica Turrialba, Costa Rica.
- UREÑA PERALTA MILBER. 1999. “Evaluación sensorial de los alimentos” Universidad Agraria de la Molina, Lima, Perú.
- VIVAS, J. 2005. “Cacao, cosecha, fermentación y secado”. Venezuela: Editorial CESVI. Caracas.
- W. McCABE y J. SMITH, 1999. “Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”, Cuarta Edición, Editorial McGraw-Hill, España
- WOOD, G. 1983. “Cacao”. Traducido por Ambrosio, Tercera edición en español, México, D.F. p. 258 – 267.

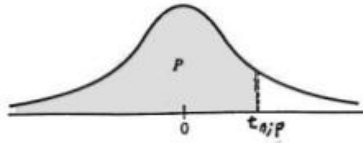
## **IX. ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia.

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Instrumento
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál será el efecto, en la calidad de la fermentación del grano de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), al utilizar los métodos de fermentación en sistemas de cajón cuadrado de madera, en gavetas de madera tipo ROHAN y en cilindro de plástico de grado alimentario, en la Convención, Departamento del Cusco?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Evaluar el proceso de fermentación del grano de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), utilizando los métodos de fermentación en sistemas de cajón cuadrado de madera, en gavetas de madera tipo ROHAN y en cilindro de plástico de grado alimentario, en la Convención, Departamento del Cusco.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>□ Determinar el tiempo de fermentación de las semillas de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), por cada uno de los métodos de fermentación.</p> <p>□ Diferenciar los parámetros físicos temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción y fisicoquímicos Humedad, acidez, pH, y grasa; de la semilla de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), por cada uno de los métodos de fermentación.</p> <p>□ Evaluar la calidad sensorial en los atributos de Aroma, Sabor, color, astringencia, amargor y la acidez; en la semilla de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), fermentado y seco, por cada uno de los métodos de fermentación.</p> <p>□ Determinar el costo del proceso de fermentación de las semillas de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), por cada uno de los métodos de fermentación.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>H<sub>i</sub>: Los prototipos de fermentación, en cajón cuadrado de madera, en gavetas de madera tipo ROHAN y en cilindro de plástico de grado alimentario, en la evaluación del proceso de fermentación del grano de cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>), tienen influencia sobre los parámetros físicos, fisicoquímicos, y sensoriales, en La Convención, Departamento del Cusco.</p> <p><b>Hipótesis Específicas</b></p> <p>H<sub>11</sub>: Los prototipos del método de fermentación, tienen influencia sobre los parámetros físicos: Temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción, en el grano cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Convención, Departamento del Cusco.</p> <p>H<sub>2</sub>: Los prototipos del método de fermentación, tienen influencia sobre los parámetros fisicoquímicos: Humedad, acidez, pH, y grasa, en el grano cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Convención, Departamento del Cusco.</p> <p>H<sub>3</sub>: Los prototipos del método de fermentación, tienen influencia sobre la calidad sensorial: Aroma, Sabor, color, astringencia, amargor y la acidez, en el grano cacao chuncho (<i>Theobroma cacao L.</i>) en la Convención, Departamento del Cusco.</p>	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p>Métodos de fermentación con el uso de los prototipos de fermentación</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p><b>Largo, ancho y espesor</b></p> <p><b>Radio y largo</b></p> <p><b>Variable dependiente</b></p> <p>Físicos: Temperatura, porcentaje de fermentación y frecuencia de remoción;</p> <p>parámetros Físicoquímicos: Humedad, acidez, pH, y grasa;</p> <p>calidad Sensorial: Aroma, Sabor, color, astringencia, amargor y la acidez</p> <p><b>Dimensiones</b></p> <p>Temperatura</p> <p>Tiempo</p> <p>Valores</p> <p>Físicoquímicos</p> <p>Atributos</p> <p>sensoriales: aceptación y preferencia</p>	<p><b>Nivel de Investigación</b></p> <p>Experimental</p> <p><b>Tipo de Investigación</b></p> <p>Aplicada o Tecnológica</p> <hr/> <p><b>Diseño estadístico de la Investigación</b></p> <p><b>Graficas de cajas y bigotes</b></p> <p><b>ANOVA Comparación de medias y medianas</b></p> <p><b>Pruebas: Kruskal – Wallis ; mediana de Mood</b></p> <p><b>Superficie de respuesta</b></p> <p><b>Población</b></p> <p><b>Cacao chuncho del valle de Convección Cusco</b></p> <p><b>MUESTRA</b></p> <p>30 Kilogramos por tratamiento</p> <p><b>TÉCNICAS ANÁLISIS</b></p> <p>Análisis físicos</p> <p>Análisis Físicoquímicos</p> <p>Evaluación sensorial</p> <p>- Aceptación</p> <p>- Preferencia.</p>

## Anexo 2: Tabla de T de Student

Distribución  $t$  de Student



La tabla A.4 da distintos valores de la función de distribución en relación con el número de grados de libertad; concretamente, relaciona los valores  $p$  y  $t_{n;p}$  que satisfacen

$$P(t_n \leq t_{n;p}) = p.$$

$n$	$t_{0,55}$	$t_{0,60}$	$t_{0,70}$	$t_{0,80}$	$t_{0,90}$	$t_{0,95}$	$t_{0,975}$	$t_{0,99}$	$t_{0,995}$
1	0,1584	0,3249	0,7265	1,3764	3,0777	6,3138	12,7062	31,8205	63,6567
2	0,1421	0,2887	0,6172	1,0607	1,8856	2,9200	4,3027	6,9646	9,9248
3	0,1366	0,2767	0,5844	0,9785	1,6377	2,3534	3,1824	4,5407	5,8409
4	0,1338	0,2707	0,5686	0,9410	1,5332	2,1318	2,7764	3,7469	4,6041
5	0,1322	0,2672	0,5594	0,9195	1,4759	2,0150	2,5706	3,3649	4,0321
6	0,1311	0,2648	0,5534	0,9057	1,4398	1,9432	2,4469	3,1427	3,7074
7	0,1303	0,2632	0,5491	0,8960	1,4149	1,8946	2,3646	2,9980	3,4995
8	0,1297	0,2619	0,5459	0,8889	1,3968	1,8595	2,3060	2,8965	3,3554
9	0,1293	0,2610	0,5435	0,8834	1,3830	1,8331	2,2622	2,8214	3,2498
10	0,1289	0,2602	0,5415	0,8791	1,3722	1,8125	2,2281	2,7638	3,1693
11	0,1286	0,2596	0,5399	0,8755	1,3634	1,7959	2,2010	2,7181	3,1058
12	0,1283	0,2590	0,5386	0,8726	1,3562	1,7823	2,1788	2,6810	3,0545
13	0,1281	0,2586	0,5375	0,8702	1,3502	1,7709	2,1604	2,6503	3,0123
14	0,1280	0,2582	0,5366	0,8681	1,3450	1,7613	2,1448	2,6245	2,9768
15	0,1278	0,2579	0,5357	0,8662	1,3406	1,7531	2,1314	2,6025	2,9467
16	0,1277	0,2576	0,5350	0,8647	1,3368	1,7459	2,1199	2,5835	2,9208
17	0,1276	0,2573	0,5344	0,8633	1,3334	1,7396	2,1098	2,5669	2,8982
18	0,1274	0,2571	0,5338	0,8620	1,3304	1,7341	2,1009	2,5524	2,8784
19	0,1274	0,2569	0,5333	0,8610	1,3277	1,7291	2,0930	2,5395	2,8609
20	0,1273	0,2567	0,5329	0,8600	1,3253	1,7247	2,0860	2,5280	2,8453
21	0,1272	0,2566	0,5325	0,8591	1,3232	1,7207	2,0796	2,5176	2,8314
22	0,1271	0,2564	0,5321	0,8583	1,3212	1,7171	2,0739	2,5083	2,8188
23	0,1271	0,2563	0,5317	0,8575	1,3195	1,7139	2,0687	2,4999	2,8073
24	0,1270	0,2562	0,5314	0,8569	1,3178	1,7109	2,0639	2,4922	2,7969
25	0,1269	0,2561	0,5312	0,8562	1,3163	1,7081	2,0595	2,4851	2,7874
26	0,1269	0,2560	0,5309	0,8557	1,3150	1,7056	2,0555	2,4786	2,7787
27	0,1268	0,2559	0,5306	0,8551	1,3137	1,7033	2,0518	2,4727	2,7707
28	0,1268	0,2558	0,5304	0,8546	1,3125	1,7011	2,0484	2,4671	2,7633
29	0,1268	0,2557	0,5302	0,8542	1,3114	1,6991	2,0452	2,4620	2,7564
30	0,1267	0,2556	0,5300	0,8538	1,3104	1,6973	2,0423	2,4573	2,7500
40	0,1265	0,2550	0,5286	0,8507	1,3031	1,6839	2,0211	2,4233	2,7045
50	0,1263	0,2547	0,5278	0,8489	1,2987	1,6759	2,0086	2,4033	2,6778
60	0,1262	0,2545	0,5272	0,8477	1,2958	1,6706	2,0003	2,3901	2,6603
80	0,1261	0,2542	0,5265	0,8461	1,2922	1,6641	1,9901	2,3739	2,6387
100	0,1260	0,2540	0,5261	0,8452	1,2901	1,6602	1,9840	2,3642	2,6259
120	0,1259	0,2539	0,5258	0,8446	1,2886	1,6577	1,9799	2,3578	2,6174
$\infty$	0,126	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,327	2,576

### Anexo 3: Panel de catación.

Las muestras serán catadas de acuerdo al protocolo de evaluación, con catadores entrenados. Para el presente trabajo de investigación fueron los siguientes profesionales integrantes de la Red de cacao y Chocolates del Perú:

- Mey Alexandra Choy Paz
- Wilfredo Gutiérrez Pérez
- Lidia Yessenia Saavedra Gómez
- Zara Elizabeth Saavedra Gómez



**Mey Alexandra Choy Paz**



**Wilfredo Gutiérrez Pérez**



**Zara Elizabeth Saavedra  
Gómez**



**Lidia Yessenia Saavedra  
Gómez**

### Anexo 4: Análisis Sensorial de Cacao y su instructivo para la ficha.



## ANÁLISIS SENSORIAL DE CACAO

Ficha de Catación

MUESTRA \_\_\_\_\_

CATADOR \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
<b>Aroma</b>		0 1 2 3 4 5			x 1 =
<b>Acidez</b>		0 1 2 3 4 5			x 1 =
<b>Amargor</b>	INTENSIDAD 0 a 2.5: ≥ 5 en calidad 2.5 a 5: ≤ 5 en calidad	0 1 2 3 4 5			x 1 =
<b>Astringencia</b>		0 1 2 3 4 5			x 1 =
<b>Defectos</b>		0 1 2 3 4 5			x 2 =
<b>Sabor</b>	Cocoa/Cacao	0 1 2 3 4 5		<div style="border: 1px solid black; width: 40px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> x 2 =	
	Dulce	0 1 2 3 4 5			
	Nuez	0 1 2 3 4 5			
	Frutas secas	0 1 2 3 4 5			
	Frutas frescas	0 1 2 3 4 5			
	Floral	0 1 2 3 4 5			
	Especies	0 1 2 3 4 5			
	Otros				
<b>Pos gusto</b>		0 1 2 3 4 5			x 1 =
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		x 1 =
<b>PUNTAJE FINAL</b>					

**ESCALA DE INTENSIDAD**

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

**ESCALA DE CALIDAD**

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo	Regular	Bueno	Excelente						

**TIPS PARA EVALUAR CALIDAD EN DEFECTOS**

**Nombrar el defecto:**  
Una reducción de puntos en calidad debe ser justificado en Descriptores.

**Relación inversa:**  
Entre más intenso el sabor defectuoso, se reduce el puntaje en calidad.

# Instructivo para la Ficha

El objetivo de este instructivo es dar al usuario de la Ficha una idea básica y rápida de su uso. Para mayor información pueden consultar el *Guía para la Ficha de Análisis Sensorial de Cacao* o contactarnos vía [cacaoquality@gmail.com](mailto:cacaoquality@gmail.com)

## Para llenar la Ficha

**Aroma** Oler la muestra. Calificar la intensidad, anotar los descriptores y calificar la calidad. Recuerda que la ausencia o poca intensidad no implica menor calidad.

**Acidez** La relación entre intensidad y calidad varía dependiendo de la percepción y descripción de los ácidos encontrados durante la degustación de la muestra. Por ejemplo, si percibe una acidez cítrica o frutal, su valoración en calidad puede ser mayor a una percepción de una acidez como la de vinagre (acidez acética).

**Amargor y Astringencia** Son características propias del cacao, pero el nivel de intensidad puede influir en la calidad, y frecuentemente hay una relación inversa. Por ejemplo, un amargor de 'Presente' con una intensidad de 2, puede tener una valoración entre Bueno y Excelente en calidad; mientras que una intensidad más alta de amargor (o astringencia) puede reducir la calidad.

Ejemplo:

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Amargor	0 1 2 3 4 5 [X] [ ] [ ] [ ] [ ]	leve amargo	8	$x 1 = 8$

Este ejemplo es consistente con la guía proporcionada en la ficha para amargor y astringencia, la cual indica que una intensidad menor o igual a 2.5 puede resultar en una calificación en calidad igual o mayor a 5 puntos.

**Defectos** Mayor intensidad de defectos indica un menor puntaje en calidad. Por ejemplo: si encuentra un sabor fuerte a tierra, que es 'Dominante' con una intensidad de 4, puede poner una valoración entre 'Pésimo' y 'Malo' en calidad.

Ejemplo:

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Defectos	0 1 2 3 4 5 [ ] [ ] [X] [ ] [ ]	terroso	1.5	$x 2 = 3$

El catador debe nombrar el defecto específico si reduce el puntaje de calidad. Si la muestra está limpia o libre de defectos, se califica como excelente en calidad. Algunas de las categorías generales y sus descriptores de defectos más comunes se presentan a la derecha.

**Sabores** No siempre se encuentra todas las categorías de sabor en una muestra, sólo evalúa lo que percibes. La calidad se basa en una combinación de factores, incluyendo: armonía, claridad, complejidad de los sabores.

**Pos gusto** El sabor residual en la boca después de degustar la muestra.

**Puntos de Catador** Apreciación global y subjetivo sobre la muestra.

**Comentarios** Este espacio está reservado para observaciones no mencionadas (por ejemplo: apariencia, textura). También puede ser usado para un resumen de la evaluación y recomendaciones.

**Puntaje Final** La suma de todos los puntos de calidad. El máximo puntaje final es de 100 puntos.

## Para usar las Escalas

Esta ficha contiene dos tipos de escalas. La función de la Escala de intensidad es detallar el **perfil** de la muestra, mientras la Escala de Calidad nos permite determinar el **potencial** de la muestra. Recuerda que no hay relación directa entre intensidad y calidad, excepto en casos de Amargor, Astringencia y Defectos. Se permiten intervalos de medio punto en ambas escalas.

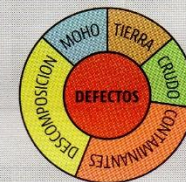
### ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

### ESCALA DE CALIDAD

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo		Malo		Regular		Bueno		Excelente		

## Ejemplos de Defectos



**MOHO**  
guardado, húmedo, sótano, abombado, almacén

**TIERRA**  
lodo, tierra mojada, polvo, arcilla

**CRUDO**  
verde, vegetal, corteza, césped

**CONTAMINANTES**  
plástico, químicos, humo, metal, combustible

**DESCOMPOSICION**  
jamón, carne seca, rancio, podrido, compost

*Nota: No reducir puntos en defectos para aroma, amargor, y astringencia. Estos son evaluados en sus categorías respectivas.*

**TIP**

Se recomienda un tiempo máximo de 10 minutos para la evaluación de la muestra.

## Anexo 5: Ficha técnica de bidón de plástico de grado alimentario.

### ESPORMAPO S.R.L.

ESPORMAPO S.R.L. Calidad y puntualidad.  
Compra y venta de cilindros de metal y plástico.

Teléfono: (01) 399 6026

Cel. (Entel): 994 279 536

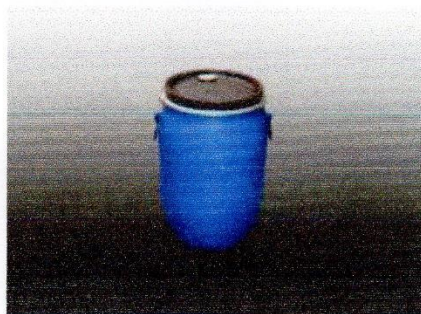
Dirección: Jirón Augusto Durand 2405 (Alt. Cdra. 1 de la Av. Rosa Toro) - San Luis  
- Lima

Correo electrónico: [espormapo@hotmail.com](mailto:espormapo@hotmail.com)

Solicitud: AUREA ALEGRIA GUEVARA

### FICHA TÉCNICA

#### BIDÓN PLÁSTICO DE 60 L DE CAPACIDAD CON ASA, TAPA Y ZUNCHO



- CAPACIDAD: 60 L (15 gal)
- MATERIAL: Polietileno de Ultra Peso Molecular
- DENSIDAD: 0.93 g/cm<sup>3</sup>
- ESPESOR: 3,5 mm
- DIÁMETRO: 285 mm
- ALTURA: 580 mm
- USOS: Industria de Químicos, Detergentes, Lubricantes, Productos Agro Industriales (USO DE GRADO ALIMENTARIO)
  - No modifican olores, colores y sabores
  - Resisten al desgaste, impacto, oxidación y corrosión
  - No transmiten sustancias tóxicas
- PROPIEDADES ADICIONALES:
  1. Alta resistencia química
  2. Resistente al desgaste
  3. Resistente a la corrosión
- ❖ Costo unitario : 45 soles + IGV
- ❖ Venta apartir de 20 unidades

**Anexo 6: Constancia del agricultor que es productor de cacao Chuncho.**



**GOBIERNO REGIONAL DEL CUSCO**  
DIRECCION REGIONAL DE AGRICULTURA CUSCO  
AGENCIA AGRARIA LA CONVENCION



"AÑO DEL DIALOGO Y DE LA RECONCILIACION NACIONAL"

**CONSTANCIA DE PRODUCTOR**

N°15-2018

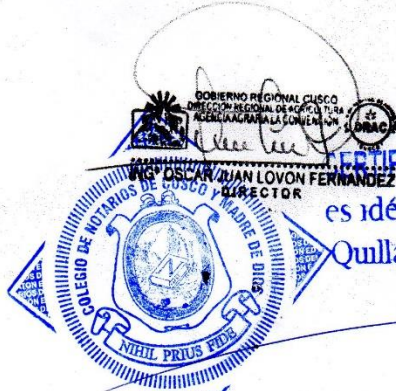
El que suscribe, Director de la Agencia Agraria La Convención, de la Dirección Regional de Agricultura Cusco, del Gobierno Regional Cusco.

HACE CONSTAR



Que don **ROQUE LOAIZA CANDIA**, identificado con DNI N° 24954858, es agricultor y PRODUCTOR AGROPECUARIO DEL CULTIVO CACAO CHUNCHO y se encuentra en conducción de su parcela denominada "BUENA VISTA", con área de 2.0938 HAS ubicado en el Sector de SAN JACINTO, del Distrito de SANTA ANA, Provincia de La Convención, Región Cusco.  
El presente se expide en base a informe Técnico de Campo N° 05-2018-OIA-ALG-DRAC.GRC. Y a petición escrita con Expediente de Registro N° 0114/2018, para los fines que requiere como Productor de las mejoras agrícolas antes mencionadas.

Quillabamba, 12 de Enero del 2018



**FERTIFICA: Que esta copia fotostática es idéntica a su original. Doy fe Quillabamba, 14 FEB. 2018**

Cc.Archivo.  
OJLF/aos.

**Alfredo Cuba Castro**  
ABOGADO - NOTARIO

Jr. Ricardo Palma s/n Ex Granja de Misiones Quillabamba-La Convención - Cusco  
Teléfono 084-311184  
e-mail: mnagcus@amauta.rcp.net.pe

**Anexo 7:** Foto cacao Chunchu (Agricultor y representante de gobierno).

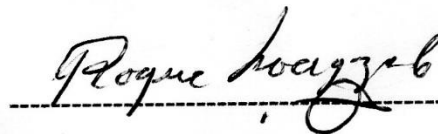


**Anexo 8:** Constancia de venta de producto.**CONSTANCIA DE VENTA DE PRODUCTO**

Yo, Roque Laiza Candia, con DNI número 24954858, propietario de la parcela ubicado en el sector de San Jacinto, del Distrito de Santa Ana, Provincia de La Convención, departamento de Cusco.

Por medio de la presente hago constar que se entregó CACAO CHUNCHO en calidad de venta a la Ing. Aurea Alegria Guevara, el proceso de acopio empezó a partir del día 06 de febrero del 2018, el cual fue utilizado para la ejecución del trabajo de investigación titulado: "Proceso de fermentación del cacao chuncho (*teobroma cacao L*), utilizando tres prototipos de fermentadores, en la Convención, Cusco". Siendo la cantidad total extraída de mi parcela 390.00 kilos de cacao Chuncho.

El presente se extiende a petición de la interesada a los 15 días del mes de febrero del 2018.



Roque Loaiza Candia – Productor

DNI: 24954858