



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO  
AGRÍCOLA**

**MODALIDAD: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**INFLUENCIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SECADO, TEMPERATURA Y  
HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y  
ORGANOLÉPTICA DEL GRANO DE CACAO**

**AUTORAS:**

**CARMEN ALEJANDRINA PROAÑO LOOR  
TANYA MARÍA VÉLEZ ALCÍVAR**

**TUTOR:**

**Ing. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI, M. Sc.**

**CALCETA, NOVIEMBRE DE 2021**

## DERECHOS DE AUTORÍA

**CARMEN ALEJANDRINA PROAÑO LOOR Y TANYA MARÍA VÉLEZ ALCÍVAR**,  
declaran bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de propia autoriza que no ha sido  
previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, que se ha  
consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos las propiedades intelectuales  
a la Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según los  
establecido por la ley de la propiedad e Intelectual y su reglamento

*Carmen Proaño*

CARMEN. A PROAÑO LOOR

*Tanya Vélez*

TANYA M. VÉLEZ ALCÍVAR

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Ing. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI, Mg. Sc., **CERTIFICA** haber sido tutor el proyecto “INFLUENCIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SECADO, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y ORGANOLÉPTICA DEL GRANO DE CACAO” desarrollada por CARMEN ALEJANDRINA PROAÑO LOOR Y TANYA MARÍA VÉLEZ ALCÍVAR, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL**, de la Escuela Superior Politécnica de Manabí “Manuel Félix López”.

---

Ing. LUIS ALBERTO DUICELA GUAMBI, Mg. Sc.

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

**Los suscritos integrantes del tribunal correspondientes, declaramos que hemos APROBADO el trabajo de titulación “INFLUENCIA DE LAS ALTERNATIVAS DE SECADO, TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA SOBRE LA CALIDAD FÍSICA Y ORGANOLÉPTICA DEL GRANO DE CACAO”, que ha sido propuesta, desarrollada y sustentada por CARMEN ALEJANDRINA PROAÑO LOOR Y TANYA MARÍA VÉLEZ ALCÍVAR, previa a la obtención del título de ingeniero Agrícola, de acuerdo al REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Feliz López”.**

---

ING. SERGIO VELEZ ZAMBRANO, Mg. Sc.

**MIEMBRO**

---

ING. CRISTHIAN VALDIVIESO LÓPEZ, Mg. Sc

**MIEMBRO**

---

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA, Mg. Sc.

**PRESIDENTE**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, nuestro padre celestial, por bendecirnos todos los días, darnos el valor para superar cada obstáculo e iluminarnos con su sabiduría, para así poder cumplir con todo el plan de investigación y permitirnos culminar con esta etapa tan importante en nuestras vidas.

A nuestros padres y hermanos (as) quienes diariamente se esforzaban en proporcionar su apoyo moral y económico, para así seguir adelante y ser profesionales capaces e íntegros.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que nos da la oportunidad de una educación superior de calidad en la cual estamos forjando nuestros conocimientos profesionales y morales día a día.

A nuestro tutor, Ing. Luis Alberto Duicela Guambi, por brindarnos sus conocimientos, su apoyo y dedicación, en este paso fundamental para nuestra vida profesional.

Al Ing. Paul Cedeño que fue un pilar fundamental en todos los procesos de nuestra investigación por guiarnos con tanta paciencia y dedicación.

A los profesores de la carrera Ingeniería Agrícola por su excelente formación académica y brindarnos información importante para avanzar en el trabajo.

A cada uno de nuestros compañeros y amigos (as), por ser esa base que permitió el avance de nuestros estudios, por las alegrías y tristezas compartidas.

**LAS AUTORAS**

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, y guiarme por el camino más hermoso, sin Dios no hubiera sido posible todos los que he logrado, los sentí conmigo en cada momento.

A mis padres MANUEL GUSTAVO PROAÑO Y BETTYS MARILU LOOR que dieron lo mejor de su vida por seguir adelante estudiándome a pesar de todas las dificultades siempre estuvieron aquí apoyando en todo momento, con su consejo me hicieron una hija ejemplar y por siempre confiar en todas mis capacidades, y como no mencionar a DAMIAN CAMPOZANO una persona muy importante en mi vida que me ha ayudado mucho en todo este caminar, que me daba todo su apoyo en tiempo difícil y en general a toda mi familia.

Al ingeniero de la ESPAM MFL que me compartieron toda su enseñanza en este camino a la profesión y de manera especial al ingeniero Paul Cedeño que fue un pilar fundamental en todos los procesos de nuestra investigación por guiarlo con tanta paciencia. A nuestro tutor ingeniero LUIS ALBERTO DUICELA que con sus conocimientos nos ayudó muchos.

A mi compañera y amiga de tesis TANYA MARIA VÉLEZ ALCÍVAR que con nuestros esfuerzos y nuestra dedicación sacamos nuestra tesis adelante a pesar de esta pandemia seguimos progresando

A todos los compañeros y compañeras que hemos compartidos en estos cinco años de aprendizaje, que fueron convirtiéndose en unas familias.

CARMEN ALEJANDRINA PROAÑO LOOR

## DEDICATORIA

A dios por la vida, por su infinito amor, bondad y misericordia.

A mis padres José Vélez y Jacinta Alcívar, por guiarme y enseñarme lo bueno de la vida, los principios, el empeño, perseverancia, humildad y darme la fuerza para conseguir la meta deseada.

A mis Hermanas y hermano José Valentín Vélez Alcívar, por su apoyo incondicional durante el transcurso de la carrera.

A mi familia por sus solidaridad y apoyo brindado en momentos de dificultad.

A mis abuelos especialmente a Dioselina Mendoza y Isidro Alcívar, por ser mis segundos padres y compartir momentos más importantes de mi vida, y por su apoyo incondicional.

A mi amiga y compañera de tesis Carmen Alejandrina Proaño Loor, por compartir momentos de felicidad y tristeza que dios la guarde y la bendiga siempre.

A cada uno de mis amigos y compañeros (as) por compartir con ellos durante todo este largo trayecto de estudio y así conseguir nuestros objetivos.

Y a todas aquellas personas que en la vida son perseverantes y luchan día tras días por ser la mejor versión de sí mismo para así superarse siempre teniendo claro su misión.

TANYA MARÍA VÉLEZ ALCÍVAR

## CONTENIDO GENERAL

<b>DERECHOS DE AUTORÍA .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>III</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL .....</b>	<b>IV</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>V</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VI</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>VII</b>
<b>CONTENIDO GENERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>CONTENIDOS DE CUADROS .....</b>	<b>XI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>XIII</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
4.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
<b>1.4. HIPÓTESIS.....</b>	<b>3</b>
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACAO .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CACAO.....</b>	<b>4</b>
2.2.1. LUMINOSIDAD.....	4
2.2.2. PRECIPITACIÓN.....	5
2.2.3. TEMPERATURA.....	5
<b>2.3. PRODUCCIÓN DEL CACAO.....</b>	<b>5</b>

<b>2.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO DEL CACAO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.5. FERMENTACIÓN DEL CACAO .....</b>	<b>6</b>
<b>2.6. SECADO DEL CACAO.....</b>	<b>7</b>
2.6.1. SECADO NATURAL.....	7
2.6.2. SECADO EN MARQUESINA.....	8
<b>2.7. CURVA DEL SECADO DEL CACAO .....</b>	<b>8</b>
<b>2.8. CALIDAD DEL GRANO DE CACAO.....</b>	<b>9</b>
2.8.1. CALIDAD FÍSICA DEL GRANO DE CACAO .....	10
2.8.2. CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL GRANO DE CACAO .....	11
<b>2.9. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL GRANO .....</b>	<b>12</b>
<b>2.10. EQUIPO DATALOGGER .....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1. UBICACIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.3. FACTORES EN ESTUDIO.....</b>	<b>14</b>
<b>3.4. TRATAMIENTOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.5. MATERIAL EXPERIMENTAL .....</b>	<b>16</b>
<b>3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....</b>	<b>17</b>
3.6.1. ANÁLISIS REGULAR .....	17
3.6.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	17
<b>3.7. VARIABLES DE RESPUESTA.....</b>	<b>19</b>
3.7.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	19
3.7.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS .....	20

3.8. TIEMPO DE SECADO .....	22
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>23</b>
4.2. CONDICIONES AMBIENTALES DE CENTROS DE ACOPIO .....	23
4.3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE ALMENDRAS DE CACAO .....	24
4.3.1. PESO DE 100 ALMENDRAS.....	24
4.3.2. PORCENTAJE DE FERMENTACIÓN .....	25
4.3.3. ANÁLISIS DE FRECUENCIA RELATIVA DEL PESO DE 100 ALMENDRAS	26
4.1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.....	27
4.3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA NO PARAMÉTRICO EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES .....	27
4.2. ANÁLISIS REGULAR DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS .....	29
4.3. ANÁLISIS REGULAR DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICA .....	35
4.4. PERFIL SENSORIAL DEL CACAO.....	41
4.5. SIMILITUD ENTRE TRATAMIENTOS POSCOSECHA .....	41
<b>CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	43
5.2. RECOMENDACIONES .....	43
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>47</b>

## CONTENIDOS DE CUADROS

<b>Cuadro 3.1.</b> Descripción de factores y niveles.....	13
<b>Cuadro 3.2.</b> Descripción de los tratamientos según el diseño ortogonal $L_8(2)^7$ .....	14
<b>Cuadro 3.3.</b> Escala hedónica para la evaluación sensorial.....	19
<b>Cuadro 4.1.</b> Análisis de la varianza del peso de 100 almendras de cacao seco, al 7% de humedad.....	23
<b>Cuadro 4.2.</b> Análisis de varianza del porcentaje de almendras de cacao bien fermentadas.....	24
<b>Cuadro 4.3.</b> Valores máximos de los sabores básicos y defectos en la catación de licor de cacao.....	33
<b>Cuadro 4.4.</b> Potencial de sabores específicos en la evaluación sensorial del licor de cacao en relación a los tratamientos.....	34
<b>Cuadro 4.5.</b> Análisis de repuestas del porcentaje de las almendras de cacao fermentados.....	27
<b>Cuadro 4.6.</b> Análisis de la repuestas del peso de 100 almendras.....	29
<b>Cuadro 4.7.</b> Análisis de la repuestas del porcentaje de almendras violetas del cacao.....	30
<b>Cuadro 4.8.</b> Análisis de la repuestas de la calidad sensorial “Cacao”.....	32
<b>Cuadro 4.9.</b> Análisis de la repuestas de la calidad sensorial “Chocolate”.....	34
<b>Cuadro 4.10.</b> Análisis de la repuestas de la calidad sensorial “Frutal”.....	36

## CONTENIDOS DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Curva de secado del grano de cacao.....	8
<b>Figura 4.1.</b> Frecuencia relativa del peso de 100 almendras de cacao al 7% de humedad.....	24
<b>Figura 4.2.</b> Análisis de repuestas del porcentaje de las almendras de cacao.....	28
<b>Figura 4.3.</b> Análisis de repuesta del peso de 100 almendras.....	29
<b>Figura 4.4.</b> Análisis de repuestas del porcentaje de almendras violetas del cacao...31	
<b>Figura 4.5.</b> Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Cacao” .....	33
<b>Figura 4.6.</b> Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Chocolate” .....	35
<b>Figura 4.7.</b> Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Frutal” .....	36
<b>Figura 4.8.</b> Perfil sensorial de cacao.....	38
<b>Figura 4.9.</b> Similitud entre tratamientos en poscosecha en cacao.....	39

## RESUMEN

La calidad del grano y la calidad organoléptica del licor de cacao constituye preocupación de los productores y exportadores de este producto. Esta situación motivó realizar un ensayo con los objetivos de establecer el efecto de las alternativas de secado sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao y de relacionar las características físicas y sensoriales del cacao en función de las condiciones climáticas, temperatura máxima, mínima y humedad relativa. En el experimento se utilizó cacao “en baba” proveniente de plantaciones de cacao nacional del Cantón Bolívar y la Parroquia de Convento, procesadas en los centros de acopio de la corporación Fortaleza del Valle y la empresa Kaacao, analizando mediante el análisis de varianza de Fisher, como un diseño completo al azar de 8 tratamientos y dos repeticiones, y el análisis regular, de los métodos Taguchi, como un diseño  $L_8(2)^7$ , donde se evalúan 7 factores en dos niveles cada uno. De este modo se determinó que el espesor de la capa de secado influyó en el peso de 100 almendras observándose que en espesor de 6 cm favorece un mayor peso ( $p < 0,01$ ), con remociones 4 remociones diarias en el secamiento de las almendras de cacao ( $p < 0,01$ ),  $G_1 < G_2$ . En almendras bien fermentadas, en “Fortaleza del Valle” resultó mayor que en empresa Kaacao ( $p < 0,01$ ),  $A_1 > A_2$ . En la característica sabor a cacao, se destacó el tratamiento T1(A1B1C1D1E1F1G1), en “Fortalezas del valle”, con las practicas: sin escurrido, sin desagregación manual, sin lavado, tendal de cemento, espesor de 3 cm y con remoción 2 veces al día.

**PALABRAS CLAVE:** Calidad sensorial, cacao fino, licor de cacao, beneficio del grano.

## ABSTRACT

The quality of the bean and the organoleptic quality of the cocoa liquor is a concern of the producers and exporters of this product. This situation led to a trial to establish the effect of the drying alternatives on the physical and organoleptic quality of the cocoa bean and to relate the physical and sensory characteristics of the cocoa according to the maximum, minimum temperature and climatic conditions. RH. In the experiment, "slime" cocoa from national cacao plantations in Bolívar Canton and Convento Parroquia was used, processed in the collection centers of the Fortaleza del Valle corporation and the Kaacao company, analyzing by means of Fisher's analysis of variance, as a complete randomized design of 8 treatments and two repetitions, and the regular analysis, of the Taguchi methods, as an L8 (2) 7 design, where 7 factors are evaluated at two levels each. In this way, it was determined that the thickness of the drying layer influenced the weight of 100 almonds, observing that in a thickness of 6 cm it favors a greater weight (p A2. In the characteristic cocoa flavor, treatment T1 (A1B1C1D1E1F1G1) stood out, in "Strengths of the valley", with the practices: without draining, without manual disaggregation, without washing, cement line, thickness of 3 cm and with 2 times daily removal.

**KEY WORDS:** Sensory quality, fine cocoa, cocoa liquor, grain benefit.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La producción mundial de cacao fino de aroma en grano fue de 4.652.000 toneladas en el período 2017-2018 y el 18% (836.000 t) corresponde a América Latina, en lo que Ecuador es el principal proveedor de cacao fino en el mundo con una cantidad 286.600 t (ILAC, 2019).

Sánchez *et al.* (2008) mencionan que el principal problema del cacao es la deficiente calidad del grano, debido a la heterogeneidad en el grado de fermentación, ya que no hay estándares para los procesos y cada agricultor realiza las operaciones de manejo y acondicionamiento.

En el Ecuador se ha venido comercializando el cacao sin un secado adecuado, y las consecuencias repercuten en la baja calidad del grano, por excesiva humedad, por tener un secado heterogéneo, por la contaminación con impurezas, por estar expuesto directamente al sol y como consecuencia final la calidad es irregular, además se da la reducción del peso en las sacas debido a la calificación (porcentaje de disminución del peso por la calificación de la humedad y las impurezas contenidas) y el resultado es que obtienen una baja rentabilidad del producto de la venta (Gilces *et al.*, 2013).

En la actualidad, Manabí representa un volumen importante de exportación de cacao teniendo la zona centro norte el punto de mayor producción, dentro de esta zona la Corporación fortaleza del Valle ubicada en el Cantón Bolívar juega un rol muy importante ya que permite procesar una parte del cacao perteneciente a este sector. Este cacao que llega al centro de acopio se les realizan los procesos de fermentación y secado para su posterior exportación; el escaso conocimiento sobre el correcto manejo del secado hace que se exponga a condiciones climáticas inestables, ocasionan calidad desigual en el grano de cacao. Por lo antes expuesto se plantea la siguiente interrogante: ¿De qué manera se afecta la calidad del grano de cacao durante el secado?

## 1.2. JUSTIFICACIÓN

La importancia de homogenizar la calidad final del grano de cacao permitirá establecer mercados con compromisos comerciales a largo plazo, además de crear oportunidades para mejorar los precios del producto final, teniendo en cuenta el nombre que ha ganado el cacao fino de aroma en el mundo.

Para llevar a cabo el secado se lo realiza ya sea de forma natural o artificial, cuando se lo realiza por secado natural se aprovecha de la radiación solar, pero en época invernal es perjudicial ya que ocasiona daños en el producto y pérdidas en la producción. El tiempo de secado, de forma natural, demora de 6 a 7 días, según sean las condiciones ambientales, especialmente de radiación solar, temperatura y humedad relativa (Orna *et al.*, 2018).

La calidad del cacao es importante ya que incluye una adecuada práctica post cosecha (fermentación y secado), y el procesamiento de post cosecha ha sido considerada una etapa crítica para todos los tipos de cacao y es esencial para el desarrollo de un buen sabor y aroma a chocolate. Además, es la etapa donde ocurre con frecuencia el deterioro de la calidad del grano, por tanto, una correcta fermentación y secado del cacao es de suma importancia para la transformación industrial (Montesdeoca y Vidal, 2015).

La etapa óptima de secado del cacao permitirá establecer parámetros de calidad uniforme en el producto final, teniendo en cuenta la sensibilidad que tiene el cacao a temperaturas, que en muchas ocasiones permiten el deterioro de la calidad final. El alcance que tiene este trabajo es valorar alternativas de secado tomando en cuenta condiciones climáticas como las temperaturas y humedad relativa y que al final se establezca una metodología que permita tener una calidad equilibrada, necesaria para liderar la comercialización en los mercados internacionales especiales.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **4.1.1. OBJETIVO GENERAL**

Valorar la interacción entre las alternativas de secado y las variables temperatura y humedad relativa sobre la calidad física y organoléptica del cacao en grano

### **4.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer el efecto de las alternativas de secado sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao
- Relacionar las características físicas y sensoriales del cacao en función de las condiciones climáticas, temperatura máxima, mínima y humedad relativa

## **1.4. HIPÓTESIS**

Al menos una de las alternativas de poscosecha influirá significativamente en la calidad física y organoléptica del grano de cacao

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. GENERALIDADES DEL CULTIVO DE CACAO**

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un árbol frutal procedente de la selva tropical húmeda de Sudamérica, originándose en la región Amazónica del este ecuatorial y afluentes del río Napo, Putumayo y Caquetá (Ríos *et al.*, 2017).

Maldonado (2016) indica que el cacao tiene características específicas de aroma y sabor, buscadas por los fabricantes de chocolate. Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de cacao fino de aroma (63% de la producción mundial) proveniente de la variedad Nacional cuyo sabor ha estado reconocido durante siglos en el mercado internacional. Este tipo de grano es utilizado en todos los chocolates refinados.

### **2.2. REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CACAO**

El cacao es una planta estrictamente tropical, crece sobre todo en los 10°C de la línea del Ecuador (Latitud 20°N y 20°S), en la temperatura de 20°C (entre 22°C y 32°C), el límite de temperatura en frío es de 21°C, no inferior a 15°C en el mes más frío y un mínimo de 10°C, para los límites de calor, la temperatura oscila entre 38°C a 40°C; 21 el crecimiento es anormal a una temperatura constante por encima de 31°C, aunque un buen crecimiento se puede tener hasta 35°C con una temperatura fluctuante entre el día y la noche (FAO, 2015).

#### **2.2.1. LUMINOSIDAD**

El cacao requiere de un sombrero que permita el paso del 30 a 50% de la luminosidad recibida; una vez que las plantas avanzan en edad y se desarrollan, se beneficia de su propia sombra y de las plantas en asocio y en ese ambiente la intensidad lumínica

recibida en sus hojas disminuye, por consiguiente, a medida que crece el cacao se recomienda reducir el sombreado para permitir el paso del 70 a 75% de luminosidad (Steven, 2020).

### **2.2.2. PRECIPITACIÓN**

El cacao requiere anualmente entre 1500 a 2500 mm en zonas bajas y cálidas entre 1200 a 1500 mm en zonas frescas, bien distribuidas y con un mínimo de 100 mm por mes; en razón de ello se ha establecido para las plantaciones la cantidad de 1500 mm es necesario señalar que las huertas de cacao no soporta anegamiento ni estancamiento de agua por más de cinco días, ello causa asfixia y posteriormente muerte de las raíces y plantas; por otro lado, en los meses secos a medida que avanza el tiempo desde julio a noviembre se genera un desequilibrio hídrico que provoca síntomas de marchitez, secamiento, caída de hojas, muerte progresiva de las puntas de las ramas (INIAP, 2010).

### **2.2.3. TEMPERATURA**

El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de temperatura los 21°C ya que es difícil cultivar cacao satisfactoriamente con una temperatura más baja. Es un cultivo que debe estar bajo sombra para que los rayos solares no incidan directamente y se incrementa la temperatura. La temperatura determina la formación de flores a 25°C la floración es normal y abundante (Velásquez, 2019).

## **2.3. PRODUCCIÓN DEL CACAO**

En el año cacaotero 2015, la producción mundial de cacao en grano por continentes fue: África 3'068.000 t (72,5%), América 760.000 t (18%) y Asia y Oceanía 401.000 t (9,5%) (ICCO, 2016). La producción del grano de cacao en los últimos cinco años

ha ido incrementando como resultado de proyectos de nueva siembra y renovación de plantaciones. El registro de producción del año 2015 fue de 54.798 toneladas métricas, con un incremento de 7.066 toneladas (Rodríguez, 2019).

La producción de cacao es muy importante para el país porque ha logrado promover el desarrollo de la economía de los ecuatorianos, además este producto genera ingresos a las familias campesinas permitiéndoles subsistir. Ecuador produce un volumen de 260 mil toneladas métricas de cacao en grano y otros productos derivados, cuyas características agronómicas de sabor y aroma por las que se conoce al cacao ecuatoriano resultan ser inigualables, permitiéndole posicionarse en los primeros lugares de los mercados internacionales (Córdova, 2019).

## **2.4. COMPOSICIÓN DEL GRANO DEL CACAO**

La composición de los polifenoles en los granos de cacao se encuentra en los cotiledones y depende de muchos factores como: tipo de cacao, origen geográfico, condiciones de crecimiento y madurez de la fruta de cacao, así como la fermentación y el procesamiento de alimentos. Este grano está recubierto por una pulpa mucilaginoso de color blanco, sabor azucarado y ácido, la cual representa un rol clave en la formación del aroma y del sabor del cacao (Delgado *et al.*, 2018).

## **2.5. FERMENTACIÓN DEL CACAO**

La fermentación del cacao es una operación indispensable, en la cual la pulpa que envuelve las semillas es metabolizada por microorganismos que producen compuestos como el etanol y ácido acético los cuales promueven cambios fisicoquímicos importantes en las almendras (Pazmiño, 2012). El proceso de fermentación se inicia con la transformación del azúcar de la pulpa de los granos en

alcohol y dióxido de carbono; el pH y la temperatura se elevan. Estos cambios ocurren durante las primeras 24 o 36 horas (Vera *et al.*, 2018)

La fermentación es una etapa muy importante dentro del beneficiado del grano de cacao debido a que en el interior de las almendras se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor a chocolate, además en el proceso de fermentación, la temperatura juega un papel muy importante, ya que con los ácidos generados dentro de las almendras producen la muerte del embrión, el cual con lleva a la formación de compuestos aromáticos dentro de las almendras en el proceso de secado (Ruíz, 2019).

## **2.6. SECADO DEL CACAO**

El proceso de secado consiste en reducir el contenido de humedad del producto para reducir su deterioro en un periodo de tiempo, el secado es una etapa de beneficio del cacao en la que se eliminan el exceso de humedad de granos. Al finalizar la fermentación del cacao el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60% una vez finalizada la fermentación debe llevar a un contenido de humedad final máxima de 7% lo cual permite conservar la inocuidad del grano durante el almacenamiento y disminuye el riesgo de aparición de hongos (López y Chávez, 2018).

### **2.6.1. SECADO NATURAL**

El secado natural es el más utilizado en la zona norte costera por exposición al sol sobre las características física y químicas de granos de cacao para la obtención de una mayor eficiencia y rentabilidad de la humedad requerida. El secado al sol debe realizarse sobre una plataforma de madera, material que no les transmiten a las almendras sabores u olores extraños. Este método es el más recomendable porque

permite secar lentamente las almendras, estas desarrollan satisfactoriamente los cambios para lograr un buen sabor (Ortiz *et al.*, 2004).

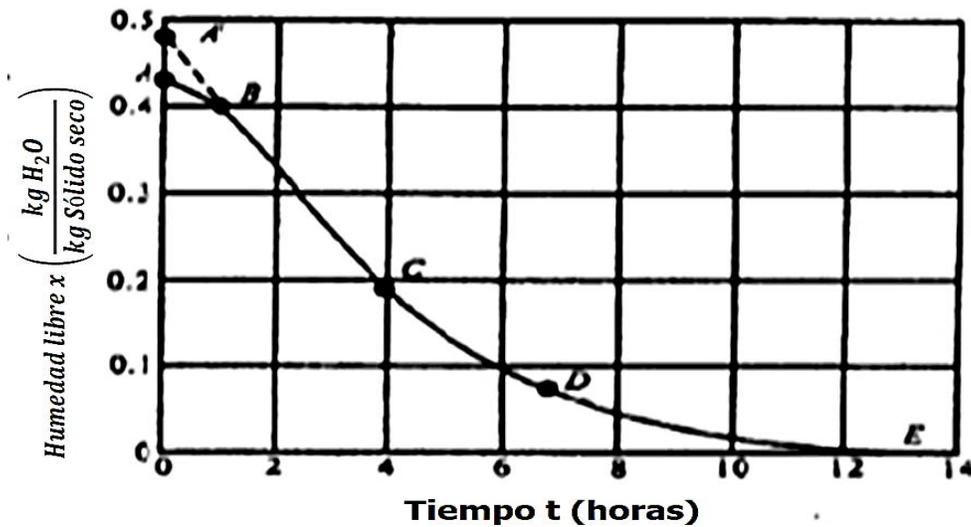
Cuando se exponen de forma radical los granos el secado no es uniforme, debido a que se ve afectada la hidrólisis enzimática provocando granos violetas con sabores astringentes, otra situación es que los granos se vuelven ácidos a razón de los ácidos volátiles no se eliminan de los granos, estos ácidos se pegan en la cascarilla y penetran el grano. Cuando el secado es muy lento se da origen a la colonización por mohos que pueden comprometer la calidad del grano (Córdova, 2019).

### **2.6.2. SECADO EN MARQUESINA**

Este secado se coloca el cacao fermentado en la marquesina en una capa gruesa, de 5 cm aproximadamente, por 4 horas. A partir del segundo día, se coloca las almendras abiertas y se pasa el rastrillo cada hora, de esta forma se garantiza que sequen uniformemente; si hay sol radiante, se retira las almendras al sitio más sombreado dentro de la marquesina. Del tercer día en adelante, se ponen las almendras al sol de corrido y pase el rastrillo cada hora (Párraga, 2015).

### **2.7. CURVA DEL SECADO DEL CACAO**

Restrepo y Burbano (2005) mencionan que este tipo de curvas sirven para comprobar el tiempo requerido para que un determinado producto sufra un descenso esperado en su contenido de humedad, por ende, poder establecer el gasto energético durante el tiempo de un lapso transcurrido. Estas curvas se consiguen experimentalmente y presentan un comportamiento especial a medida que avanza el proceso como se puede observar en la figura 2.1.



**Figura 2.1.** Curva de secado del grano de cacao

**Fuente:** Restrepo y Burbano (2005).

Según los autores mencionados, estas curvas varían en función del tipo de producto, velocidad, temperatura y humedad relativa del aire, dirección del flujo, y espesor de la capa de granos. Algunas ocasiones no se poseen datos experimentales del proceso, y por ello se hace necesario recurrir a modelos teóricos de predicción del secado.

## 2.8. CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Ríos *et al.* (2017) manifiestan que la calidad del grano de cacao está determinada principalmente por las propiedades físicas y organolépticas de los semielaborados; sin embargo, la distribución particular de una determinada calidad también depende directamente de los requerimientos particulares de cada cliente, y de las exigencias de cada mercado.

La calidad de la producción de cacao depende de elementos como tipo genético, condiciones naturales del sitio donde se encuentran las plantaciones y manejo integral del cultivo. De gran importancia para el producto final son las actividades de postcosecha, incluyendo la fermentación, secado y almacenamiento su

industrialización es relevante en los países desarrollados y los productores que son los países satélites que se han dedicado a producir granos para su exportación (ESPAE-ESPOL, 2016).

Según Vera (2019), cuando se habla de calidad del cacao se deben tomar como parámetros el aspecto físico de la almendra, aspectos químicos y las propiedades organolépticas intrínsecas del sabor y aroma. Las almendras de cacao pueden secarse de forma natural o de forma artificial, según hechos reales y estudios se han comprobado que la almendra secada al natural es decir sacada al sol hasta que alcance el nivel de humedad deseado presenta un resultado mucho más delicado, mientras que las secadas artificialmente pierden esta naturalidad. Existen dos categorías de calidad de cacao en grano reconocidas por el mercado mundial, cacao “fino o de aroma” y cacao “ordinario”; los primeros provenientes principalmente de las variedades criollo y trinitario, en cambio el forastero tiene características de cacao ordinario (Sánchez *et al.*, 2016).

### 2.8.1. CALIDAD FÍSICA DEL GRANO DE CACAO

La calidad física influye en la selección de un determinado tipo de cacao, tales como el tamaño del grano, el porcentaje de cáscara, contenido de grasa, contenido de testa, dureza de la manteca y la humedad (Sánchez *et al.*, 2016).

Las características de calidad físicas se rigen en función de la norma INEN 176, a continuación, se mencionan las características físicas:

- **Almendras bien fermentadas** son aquellas con apariencia hinchada y se separan fácilmente del cotiledón y su coloración es marrón.
- **Almendras medianamente fermentadas**, son testa medianamente suelta y color medianamente marrón.
- **Almendras violetas**, la apariencia interna es compacta, desarrollan un sabor astringente y ácido.
- **Almendras pizarras**, carecen de fermentación, apariencia compacta con sabores amargos y astringentes, el color gris pizarra negruzco.

- **Almendras mohosas**, contaminadas por mohos.

Los parámetros son frecuentemente monitoreados por los fabricantes en los granos de cacao después de la fermentación, secado y tostado para evitar sabores extraños ocasionados por mohos, el humo, la acidez y la astringencia, que afectan la calidad final del producto. En la práctica, los métodos de fermentación varían mucho de una zona productora a otra. El secado por lo general es al sol, y no se rigen por ningún protocolo sino por las costumbres de los agricultores y la disponibilidad de infraestructura para su ejecución (Sánchez *et al.*, 2017).

### **2.8.2. CALIDAD ORGANOLÉPTICA DEL GRANO DE CACAO**

Ruíz (2019), manifiesta que las características organolépticas (sabor y aroma) son requisitos fundamentales para la calificación del cacao para exportación; atributos como el amargor y la astringencia que son propios en los granos de cacao son esenciales para la elaboración de chocolates finos.

La calidad del cacao también se define según sus propiedades organolépticas, las cuales dependen del tipo, origen y clima del cacao, y de procesos como el beneficio y tostado. Dichas características organolépticas se describen según el gusto (“flavor”), cuyos elementos más importantes son: aroma y sabor. Para definir el perfil del aroma y el sabor se emplean las técnicas descriptivas, las cuales comprenden la identificación, descripción y cuantificación de las características sensoriales de un producto determinado (Noguera, 2014).

Además del efecto de la fermentación, el perfil sensorial del cacao puede variar en función de la genética de cada árbol y la variación genética de la población de las huertas tradicionales, así como de la interacción genotipo por ambiente. Antes que una desventaja, la variación del perfil sensorial de los granos de cacao de distintos árboles, poblaciones, orígenes, y zonas productoras, para el segmento de la industria de chocolates con alto contenido de cacao (Solórzano *et al.*, 2015).

Quintana y Gómez (2011), señalan que en un licor de cacao se pueden identificar tres tipos de sabores: básicos, específicos y adquiridos, los cuales se detallan a continuación.

### 2.8.2.1. SABORES BÁSICOS

- **Acido:** Describe licores con sabor ácido, debido a la presencia de ácidos volátiles y no volátiles, se percibe a los lados y centro de la lengua.
- **Amargo:** Se describe como un sabor fuerte y amargo, generalmente por la falta de fermentación, se percibe en la parte posterior de la lengua o en la garganta.
- **Dulce:** Se percibe en la punta de la lengua.
- **Astringente:** Este sabor fuerte es por la falta de fermentación, provoca sequedad en la boca, aumento de salivación, se percibe en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes.

### 2.8.2.2. SABORES ESPECÍFICOS

- **Cacao:** Describe el sabor típico a granos de cacao bien fermentados, secos, asados y libres de defectos.
- **Floral:** Presentan sabores a flores, casi perfumados posiblemente se perciba un olor como a químico.
- **Frutal:** Se caracteriza por licores con sabor a fruta madura. Esto describe una nota de aroma a dulce, agradable.
- **Nuez:** Se relaciona con el sabor de la almendra y nuez.

## 2.9. FACTORES QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL GRANO

Los factores que afectan al grano del cacao son las condiciones ambientales como la temperatura y la humedad afectan el contenido del grano de cacao, siendo la humedad un factor de mayor relevancia, ya que a valores mayores a 8% se produce

el deterioro del grano por la presencia de microorganismos, especialmente de hongos. Asimismo, la humedad menor al 6% también es perjudicial, pues el grano puede volverse quebradizo (Andrade *et al.*, 2019).

Si se carece de un apropiado tratamiento poscosecha, la calidad y uniformidad intrínseca del grano comercial se ve afectada negativamente y, en consecuencia, el precio y prestigio en los mercados, a pesar de que el cacao reúne genéticamente, las características necesarias para desarrollar un buen producto. La homogeneidad y selección de los granos fermentados y secos según su tamaño es de importancia para la industria procesadora, ya que afecta la proporción de testa o cascarilla, observándose una relación entre el peso del grano de cacao seco (Álvarez *et al.*, 2010).

## **2.10. EQUIPO DATALOGGER**

Los sistemas de medición y registro de datos (*dataloggers*) de tipo comercial, además la implementación de este sistema de registro de datos, utilizan una plataforma de hardware libre (tarjeta Arduino); lo cual lo convierte en un dispositivo de bajo costo, configurable a las necesidades específicas del usuario, y una alternativa al uso de equipos comerciales. El sistema utiliza un módulo de expansión para el manejo de una tarjeta de memoria microSD, donde se almacenan los datos en formato compatible con hojas de cálculo. También cuenta con un módulo reloj de tiempo real para almacenar cada dato con su marca de tiempo (Saucedo, 2018).

## **CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO**

### **3.1. UBICACIÓN**

La presente investigación se realizó en la Corporación “Fortaleza del Valle” ubicado en el km 1½ vía Calceta-Canuto de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar, provincia de Manabí y en la empresa KAACAO que se encuentra ubicada dentro de los previos de la universidad “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí” del cantón Bolívar. Posicionado geográficamente en las coordenadas 0°49'23° latitud sur y 80°11'01° latitud oeste, a una altitud de 15 msnm, Heliofanía de 91,4 horas sol y un promedio de precipitaciones de 994,9 mm anuales<sup>1</sup> (Datos del Área Meteorológica de la ESPAM MFL 2010 - 2019).

### **3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO**

El presente trabajo se realizó entre marzo y septiembre del 2020

### **3.3. FACTORES EN ESTUDIO**

Se estudió las alternativas de secado del cacao en grano que se indican a continuación:

---

<sup>1</sup>Datos meteorológicos del INAMHI de la ESPAM “M.F.L”

**Cuadro 3.1.** Descripción de factores y niveles

FACTORES EN ESTUDIO	NIVELES EN ESTUDIO	
	1	2
A. Centro de acopio	Fortaleza del valle	Kaacao
B. Escurrido de mucílago	Sin escurrido	Con escurrido
C. Desagregación manual	Sin	Con
D. Lavado del cacao fermentado	Sin lavar	Lavado
E. Métodos de secado	Tendal de cemento	Marquesinas
F. Espesor de la capa de secado	3 cm	6 cm
G. Remoción durante el secado	2 veces al día	4 veces al día

### 3.4. TRATAMIENTOS

Los tratamientos son las combinaciones de los factores y niveles en estudio, y se describen en el cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2.** Descripción de los tratamientos según el diseño ortogonal L<sub>8</sub> (2)<sup>7</sup>

Diseño	Centro de acopio	Escurreido	Desagregación manual	Lavado	Secado	Espesor de la capa	Remociones de la masa	Código	Descripción
Tratamientos	A	B	C	D	E	F	G		
1	1	1	1	1	1	1	1	A1B1C1D1E1F1G1	Corporación "Fortaleza del Valle", sin escurrido, sin desagregación manual, sin lavar, tendal de cemento, espesor de capa 3 cm, remoción 2 veces al día.
2	1	1	1	2	2	2	2	A1B1C1D2E2F2G2	Corporación "Fortaleza del Valle", sin escurrido, sin desagregación manual, lavado, secado en marquesina, espesor de capa 6 cm y remoción 4 veces al día
3	1	2	2	1	1	2	2	A1B2C2D1E1F2G2	Corporación "Fortaleza del Valle", escurrido, desagregación manual, sin lavado, tendal de cemento, espesor de capa 6 cm y remoción 4 veces al día
4	1	2	2	2	2	1	1	A1B2C2D2E2F1G1	Corporación "Fortaleza del Valle", escurrido, desagregación manual, lavado, secado en marquesina, espesor de capa 3 cm y remoción 2 veces al día
5	2	1	2	1	2	1	2	A2B1C2D1E2F1G2	Empresa "Kaacao S.A.", sin escurrido, desagregación manual, sin lavar, secado en marquesina, espesor de capa 3 cm y remoción 4 veces al día.
6	2	1	2	2	1	2	1	A2B1C2D2E1F2G1	Empresa "Kaacao S.A.", sin escurrido, desagregación manual, lavado, tendal de cemento, espesor de capa 6 cm y remoción 2 veces al día.
7	2	2	1	1	2	2	1	A2B2C1D1E2F2G1	Empresa "Kaacao S.A.", escurrido, sin desagregación manual, sin lavar, secado en marquesina, espesor de capa 6 cm y remoción 2 veces al día
8	2	2	1	2	1	1	2	A2B2C1D2E1F1G2	Empresa "Kaacao S.A.", escurrido, sin desagregación manual, lavado, tendal de cemento, espesor de capa 3 cm y remoción 4 veces al día.

### 3.5. MATERIAL EXPERIMENTAL

Para el experimento se utilizó cacao "en baba" proveniente de plantaciones de cacao nacional de Cantón Bolívar.

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se analizó mediante dos técnicas: el análisis de varianza de Fisher y el análisis regular, de acuerdo a los métodos Taguchi. El diseño experimental corresponde a un DCA (Diseño completamente al azar) de 8 tratamientos con dos repeticiones, que equivale a 16 unidades experimentales. La separación de medias se realizó mediante los contrastes ortogonales, usando el programa estadístico INFOSTAT.

#### 3.6.1. ANÁLISIS REGULAR

El análisis regular, según los métodos Taguchi, corresponde al diseño ortogonal  $L_8(2)^7$ , que se aplica a los experimentos de 7 factores por dos niveles cada uno, en 2 repeticiones.

El análisis regular comprende cuatro pasos:

- 1) Elaboración de la tabla de respuesta
- 2) Combinación de factores y niveles más apropiados
- 3) Construcción de las gráficas factoriales
- 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

#### 3.6.2. MANEJO DEL EXPERIMENTO

**Centro de acopio:** se realizó en la Corporación Fortalezas del Valle ubicado en el km 1½ vía Calceta-Canuto de la ciudad de Calceta del cantón Bolívar, provincia de Manabí y en la empresa KAACAO S.A. que se encuentra ubicada dentro de los previos de la universidad “Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí” del cantón Bolívar.

**Escurrido:** En esta etapa se dejó que el mucilago o baba salga de manera natural del cacao en fresco, el tiempo que se mantuvo escurriendo fue recomendado por la

organización 24 horas, sin escurrir simplemente se pasó directamente a la siguiente etapa.

**Desagregación manual:** El proceso de desagregación manual consistió en retirar los residuos que se encontraba en el cacao después de culminar la etapa de fermentación, y sin desagregación manual consistió en colocarlo directamente al secado sin haber realizado ningún proceso.

**Lavado:** Cuando el cacao terminó su proceso de fermentación se lavó con agua, retirando la parte mucilaginoso que aún se encontraba en el cacao, sin lavar pasó directamente al siguiente proceso.

### **Métodos de secado**

**secado en marquesina.** El cacao fermentado se colocó en las secadoras tipo marquesina.

**Tendal de cemento.** - se colocó directamente al piso de forma natural, en este método la temperatura juega un papel muy importante puesto que el cacao recibe la temperatura del piso y la temperatura directa del sol.

**Espesor:** se utilizó láminas de espesor de 3 cm y 6 cm.

**Remoción de la masa de cacao:** se realizaron las remociones de masa cuando se estaba secando el cacao, dos veces al día, una en la mañana y otra en la tarde y cuatro veces, dos en la mañana y dos en la tarde, esta acción se realizó manualmente, aunque también se podía utilizar utensilios de madera.

### **Instalación de los datalogger**

En este ensayo se utilizaron 3 equipos de datalogger en los centros de acopio, que permitieron tomar las temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa y estuvieron ubicados en las diferentes partes donde se realizó el proceso de la investigación.

### **Control de la temperatura y humedad del ambiente**

En los centros de acopio se instalaron 3 datalogger, lo cual estuvieron distribuidos dos en marquesinas y uno en el tendal de cemento, en marquesina estuvo el datalogger 01 con los tratamientos T2, T7 y el datalogger 02 con el T4 y T5, en el

tendal de cemento se colocó tan sólo el datalogger 03 con los tratamientos T1, T3, T6 y T8. En los fermentadores se colocó también dos datalogger para la fermentación del cacao, lo cual en el cacao sin escurrir estuvo el datalogger 01 y con el cacao escurrido el datalogger 02.

La muestra que se utilizaron para la investigación fue de 20 quintales de cacao fresco, que estuvieron distribuidos en dos tratamientos de diez quintales cada uno, en cada centro de acopio.

## **3.7. VARIABLES DE RESPUESTA**

### **3.7.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS**

#### **3.7.1.1. FERMENTACIÓN DE LOS GRANOS (%)**

Se determinó en las almendras secas, utilizando la prueba de corte, calificándolas de acuerdo a las características de la calidad física internas de las almendras de cacao mencionadas según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176, que se describen a continuación:

**Almendras bien fermentadas.** - Son aquellos cotiledones que presentaron una coloración marrón o marrón rojiza

**Almendras medianamente fermentadas.** - Se identificaron en aquellas testas medianamente suelta y que presentaron una coloración medianamente marrón

**Total de almendras fermentadas.** - Se obtuvo sumando los porcentajes de las almendras bien fermentadas y medianamente fermentadas.

**Almendras violetas.** - Estuvieron determinadas por el porcentaje de granos de cotiledones que obtuvieron una apariencia de violeta intensos

**Almendras pizarras.** - Se consideraron aquellas almendras cuyos cotiledones presentaron un color gris negruzcos y de aspecto compacto.

### **3.7.1.2. PESO DE 100 ALMENDRAS (g)**

Se determinaron en base al peso de las 100 almendras fermentadas y secas, tomadas al azar, con un contenido de humedad del 7%, expresada en gramos, usando una balanza de precisión.

### **3.7.1.3. PORCENTAJE DE TESTA**

Se obtuvieron en base al peso de un grupo de 25 almendras fermentadas y secadas, se obtuvo su porcentaje dividiendo el peso de la testa para la pesa de las 25 almendras, multiplicado por 100.

### **3.7.1.4. pH DE TESTA**

Se pesó 10 gramos de testa, a la cual se agregó 50 mL de agua destilada e inmediatamente se procedió al licuarla.

Cada muestra se colocó en un vaso de plástico identificando, en la cual se le tomó 3 lecturas de las cuales se sacaron un promedio, utilizando el potenciómetro.

### **3.7.1.5. pH DEL COTILEDÓN**

Se determinó pesando 10 gramos de cotiledón de las almendras de cacao, a esto se le agregó 100 mL de agua destilada y se procedió a licuarla. La medición se la hizo utilizando el potenciómetro.

Cada muestra se colocó en un vaso de plástico identificándolo, haciendo 3 lecturas de las cuales se calculó el promedio.

## **3.7.2. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS**

Para las características organoléptica se realizó la obtención de licor de cacao se pesaron 500 g fermentado de cada muestra, luego se inició con la torrefacción (tostado) en un horno tostador de marca “Teka” a una temperatura de 130°C por 30 minutos.

Una vez cumplido el grano con el tiempo de tostado, se procedió al enfriamiento por medio de un ventilador, en el cual el cacao debe estar entre los 30 a 35°C estos nos permiten que el grano no pierda la grasa en la tritadora.

Luego se procedió al proceso de descascarillado en lo que consistió en la separación de la cascara del cotiledón del cacao, donde las cascara son arrastradas por unas corrientes de aire, separando de esta manera el cacao de la cascara. Una vez ya extraído el “nibs” (pequeños trozos de grano de cacao fragmentados, que tienen un sabor amargo y a chocolate) se colocó en una licuadora se procedió a triturar, el material obtenido de la molienda se procedió a otro molino de refinador en el cual los nibs se transformaron en una pasta fluida llamada licor de cacao.

El análisis sensorial fue evaluado el 13 de noviembre del 2020, en el laboratorio calidad integral de cacao en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, por parte de un panel de catadores experimentados en este tipo de análisis, lo cual consistió en degustar cada una de las muestras en los diferentes perfiles de sabores (básico y específicos), se utilizó una escala hedónica de 0 a 10 puntos en lo cual muestra valores cualitativos y cuantitativos como se muestra en el cuadro 3.3.

**Cuadro 3.3.** Escala hedónica para la evaluación sensorial

Valores de la escala hedónica	
Cuantitativa	Cualitativa
0	Ausente
1 a 2	Bajo
3 a 5	Medio
6 a 8	Alto
9 a 10	Muy alto

### 3.7.2.1. SABORES BÁSICOS

**Acidez.** - Se consideró aquellas muestras que presentaron un sabor ácido persistente, que se percibieron a los lados y en el centro de la lengua

**Amargor.** - Son muestras que presentaron un sabor fuerte y amargo, se detectó en la parte posterior de la lengua y la garganta.

**Astringencia.** - Las muestras que dejaron una sensación fuerte de sequedad en la boca, se detectaron en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes.

**Dulce.** - Aquellas que obtuvieron un sabor agradable parecido al agua azucarada.

### 3.7.2.2. SABORES ESPECÍFICOS

**Cacao.** - Aquellas muestras que presentaron un sabor típico a chocolate

**Floral.** - Muestras que presentaron un sabor agradable, similar al olor de las flores.

**Frutal.** - Muestras identificadas por un sabor a fruta madura, muy agradable.

**Nuez.** - Consideradas aquellas muestras que presentaron un sabor a almendra o a nuez.

Para estos parámetros las evaluaciones sensoriales que se le hicieron al licor de cacao fueron realizados por un panel de catadores.

## 3.8. TIEMPO DE SECADO

Este proceso depende del método de secado (marquesina y tendal de cemento), lo cual el secado suele durar de 5 a 7 días para disminuir el contenido de humedad de los granos del 70% al 7%.

## **CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.2. CONDICIONES AMBIENTALES DE CENTROS DE ACOPIO**

#### **4.2.1. CONDICIONES CLIMÁTICAS REGISTRADAS POR LOS DATALOGGER**

En marquesinas los datos registrados indicaron temperaturas máximas a 47°C y mínima de 23°C, con una media de 28°C. La humedad relativa alcanzo un promedio del 78%.

En tendal de cemento se registraron temperatura máxima al 48°C y mínima de 22°C, con un promedio de 28°C. La humedad relativa registró un promedio de 78% durante el proceso de secado del grano de cacao.

#### **4.2.2. CONDICIONES CLIMÁTICAS REGISTRADAS POR LA ESTACION METEREOLÓGICA DE LA ESPAM**

El número de días requeridos para el secado en la corporación “Fortaleza del Valle” fue de 21 días mientras que en la empresa Kaacao S.A. fue 17 días. En la empresa Kaacao S.A: se evidenció una mayor temperatura máxima, equivalente a 0,4°C en promedio diario y temperaturas mínima y media menores que en Fortaleza del valle, sin embargo, la humedad relativa fue 2,62% menor, en promedio durante el período de secado, la evaporación fue mayor que en Fortaleza del Valle que en Kaacao S.A. en 1,5 mm diarios y prácticamente no hubo lluvia (0,30 mm) comparado con el período de secado en Fortaleza del valle que fue de 3,50 mm. La velocidad del viento registrado en la empresa Kaacao S.A. fue mayor que en Fortaleza del Valle con 3,2 km /h. La heliofanía fue más intensa en el Centro de Acopio “Fortaleza del Valle”

### **4.3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE ALMENDRAS DE CACAO**

#### **4.3.1. PESO DE 100 ALMENDRAS**

En el cuadro 4.1, se puede observar que hay diferencia significativa entre los distintos tratamientos ( $p < 0,01$ ). El coeficiente de variación del error fue 3,4%. En el peso de 100 almendras de cacao, no hubo diferencias significativas entre los centros de acopio, Fortaleza del Valle (A1) y empresa Kaacao S.A (A2) resultaron con promedios estadísticamente iguales ( $p > 0,05$ ).

Los niveles en estudio del escurrido del cacao fermentado y la desagregación manual no mostraron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ), esto se expresa como:  $B1 = B2$  y  $C1 = C1$ . En las normas INEN 176 indica que la categoría A.S.E (Arriba Superior Ecuador) es la menos exigente para la exportación de granos de cacao, con un porcentaje mínimo de 53% de total de fermentación para las almendras, violeta máximo el 24% y pizarra máxima el 18%, por lo tanto, todos los tratamientos cumplen con la norma establecida.

En el estudio del factor D, en el peso de 100 almendras, donde se compara: sin lavado del cacao fermentado ( $D1=111,1$  g) y lavado del cacao fermentado ( $D2=106,5$  g) las medias resultaron estadísticamente diferentes ( $p < 0,05$ ). Sin el lavado fue estadísticamente mayor que con lavado del cacao ( $D1 > D2$ ). En el estudio del factor E, en el peso de 100 almendras, donde se compara el secado en tendal de cemento y el secado en marquesina, se obtuvo promedios de  $E1=112$  g, teniendo valores máximos de 128 g y  $E2 = 106$  g, teniendo valores máximos de 112 g, que resultaron con alta significación estadística ( $p < 0,01$ ), por lo tanto:  $E1 > E2$ .

En el estudio del factor F, que trata del efecto del espesor de la capa de grano en el secado sobre en el peso de 100 almendras, se determinó que secando en capas de 6 cm de espesor ( $F2= 112,3$  g) se logró mayor peso que secando en capas de 3 cm de espesor ( $F1=105,5$  g), existiendo diferencia significativa

( $p < 0,01$ ), por tanto:  $F_2 > F_1$ . En el factor G, que trata del estudio del número de remociones diarias a la masa de cacao en secamiento, los promedios de peso de 100 almendras fueron:  $G_1 = 105,5$  g y  $G_2 = 112,2$  g, que resultaron estadísticamente diferentes ( $p < 0,01$ ); por lo tanto:  $G_2 > G_1$ .

Álvarez *et al.* (2010) encontraron pesos entre 146 y 157 g en estudio de tres remociones diferentes, con la diferencia que el material utilizado para el estudio fue trinitario generalmente esta variable obedece a factores de manejo del cultivo principalmente el material genético, el riego y la fertilización.

**Cuadro 4.1.** Análisis de la Varianza del peso de 100 almendras de cacao seco, al 7% de humedad.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación estadística	
	712,00	7	101,71	7,47	0,0055		
<b>Tratamiento</b>							
A1 vs A2	0,25	1	0,25	0,02	0,8956	A1 = A2	NS
B1 vs B2	64,00	1	64,00	4,70	0,0621	B1 = B2	NS
C1 vs C2	56,25	1	56,25	4,13	0,0766	C1 = C2	NS
D1 vs D2	81,00	1	81,00	5,94	0,0407	D1 > D2	*
E1 vs E2	132,25	1	132,25	9,71	0,0143	E1 > E2	*
F1 vs F2	196,00	1	196,00	14,39	0,0053	F1 < F2	**
G1 vs G2	182,25	1	182,25	13,38	0,0064	G1 < G2	**
<b>Error</b>	109,00	8	13,63				
<b>Total</b>	821,00	15					

*NS* No significativo al 5% de probabilidades

\* Significativa

\*\* Altamente significativa

Nota: F.V.= Fuentes de variación, SC= Suma de cuadrados, GL= Grado de libertad, CM= Cuadrado medio.

#### 4.3.2. PORCENTAJE DE FERMENTACIÓN

##### Almendras bien fermentadas

En el cuadro 4.2, se puede observar que hay diferencia estadística significativa entre los distintos tratamientos ( $p < 0,05$ ). En las almendras bien fermentadas de cacao, hubo diferencias significativas ( $p > 0,01$ ) entre los centros de acopio, Fortaleza del Valle (A1) y empresa Kaacao S.A. (A2).

Los niveles en estudio del escurrido del cacao fermentado y la desagregación manual no mostraron diferencias estadísticas ( $p > 0,05$ ), esto se expresa como:  $B1 = B2$  y  $C1 = C1$ . En el estudio del factor D, las almendras bien fermentadas, donde se compara: con lavado del cacao fermentado ( $D2=81,8\%$ ) y sin lavado del cacao fermentado ( $D1=74,0\%$ ) las medias no mostraron diferencias estadísticas ( $p < 0,05$ ). Rivera *et al.* (2012) lograron un 75% en el quinto día de fermentación con remociones diarias. En cambio, Graziani de Fariñas *et al.* (2003) obtuvieron 93,3%.

En el estudio del factor E, F, G las almendras bien fermentadas, donde se comparan el secado en tendal de cemento (E1) y el secado en marquesina (E2), secando en capas de 6 cm de espesor y de 3 cm, remoción 4 veces al día y 2 veces al día, no mostraron diferencia estadística ( $p < 0,05$ ).

**Cuadro 4.2.** Análisis de Varianza del porcentaje de almendras de cacao bien fermentadas

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor	Significación estadística	
<b>Tratamiento</b>	1418,44	7	202,63	8,25	0,0040		
A1 vs A2	1139,06	1	1139,06	46,37	0,0001	A1 > A2	**
B1 vs B2	45,56	1	45,56	1,85	0,2103	B1 = B2	NS
C1 vs C2	27,56	1	27,56	1,12	0,3204	C1 = C2	NS
D1 vs D2	14,06	1	14,06	0,57	0,4710	D1 = D2	NS
E1 vs E2	10,56	1	10,56	0,43	0,5304	E1 = E2	NS
F1 vs F2	76,56	1	76,56	3,12	0,1155	F1 = F2	NS
G1 vs G2	105,06	1	105,06	4,28	0,0724	G1 = G2	NS
<b>Error</b>	196,50	8	24,56				
<b>Total</b>	1614,94	15					

*NS* No significativo al 5% de probabilidades

\* Significativa

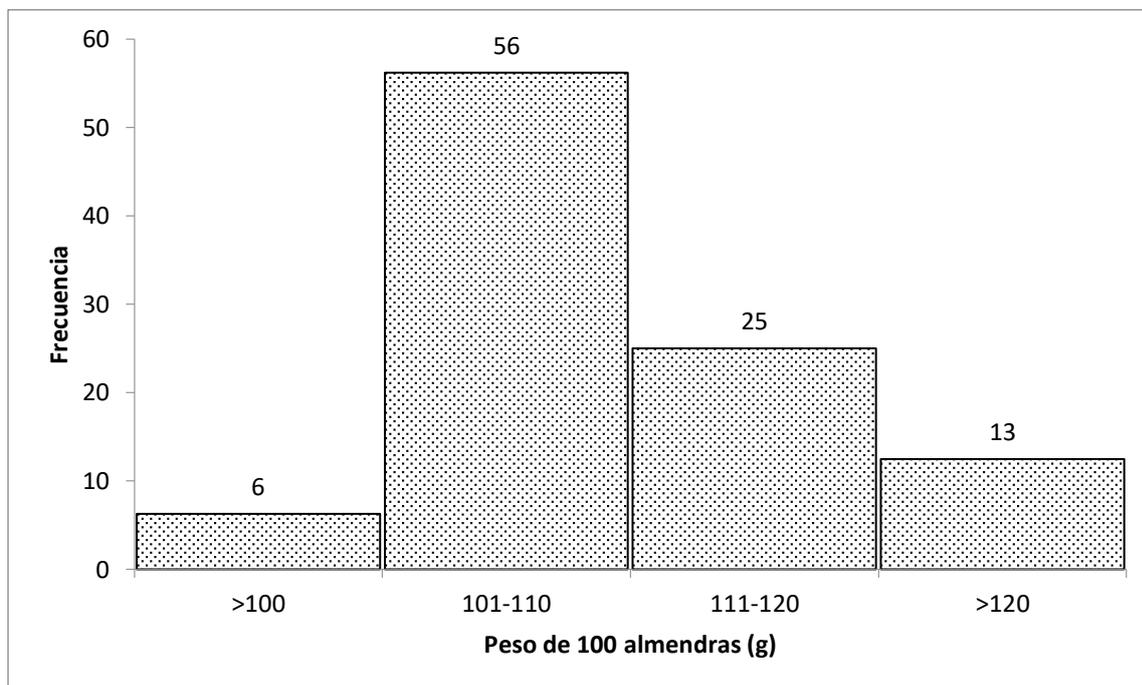
\*\* Altamente significativa

Nota: F.V.= Fuentes de variación, SC= Suma de cuadrados, GL= Grado de libertad, CM= Cuadrado medio.

#### 4.3.3. ANÁLISIS DE FRECUENCIA RELATIVA DEL PESO DE 100 ALMENDRAS

En la figura 4.1, se observa la distribución de frecuencias relativas (%) de los pesos de 100 almendras de cacao secas, al 7% de humedad. Un 13% de los

tratamientos tienen mayores que 120 g que equivale al índice de semilla >1,2 g y corresponde a la combinación A1B2C2D1E1F2G2.



**Figura 4.1.** Frecuencia relativa del peso de 100 almendras de cacao al 7% de humedad.

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

#### 4.3.4. ANÁLISIS DE VARIANZA NO PARAMÉTRICO EN LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES

Considerando que las características sensoriales se evaluaron con una escala ordinal de 1 a 10, donde se constató que había una alta variación entre observaciones y los grados de libertad fueron reducidos se procedió a realizar el análisis de varianza por rangos de Kruskal - Wallis, observando, en todos los casos, que no había diferencias estadísticas significativas ( $p > 0,05$ ). En este contexto, el análisis regular de los Métodos Taguchi, proporciona la información estadística más apropiada para interpretar los efectos de los factores y niveles en estudio.

### 2.3.2. ANÁLISIS DE LOS SABORES BÁSICOS

En el cuadro 4.3, se muestran los valores máximos encontrados en las muestras de cacao, evaluados en sus propiedades organolépticas, en el cual permiten visualizar los perfiles de los sabores básicos y posibles defectos, en función de los procesos poscosecha, teniendo valores en las combinaciones T5(A2B1C2D1E2F1G2), con valor de 4,5 en amargor, la combinación T1(A1B1C1D1E1F1G1), con valor de 4,8 de acidez y la combinación T6(A2B1C2D2E1F2G1), con valor de 5 en astringencia, que de acuerdo a la escala utilizada y recomendada por el INIAP, estos valores están dentro del rango medio.

**Cuadro 4.3.** Valores máximos de los sabores básicos y defectos en la catación de licor de cacao.

Tratamientos	Amargor (SB1)	Acidez (SB2)	Astringencia (SB3)	Verde (SB4)	Sabor a moho	Otros defectos
1	3,5	4,8	3,0	1,0	0,0	0,0
2	3,5	2,5	3,5	0,0	4,5	0,0
3	3,0	3,0	2,5	0,0	3,0	1,0
4	4,3	4,5	4,5	3,0	2,0	0,0
5	4,5	3,3	3,5	1,0	1,5	0,0
6	4,3	3,5	5,0	3,0	1,5	1,5
7	3,0	3,0	3,8	2,5	0,0	0,0
8	3,5	2,8	3,0	1,5	2,0	0,0
<b>Media</b>	<b>3,7</b>	<b>3,4</b>	<b>3,6</b>	<b>1,5</b>	<b>1,8</b>	<b>0,3</b>

### 4.1.1. ANÁLISIS DE LOS SABORES ESPECÍFICOS

En el cuadro 4.4, se determinan los valores máximos encontrados en las muestras de cacao evaluados en sus propiedades organolépticas, permiten visualizar los perfiles posibles, en función de los procesos poscosecha; En sabor a cacao se destacan las combinaciones T1 (A1B1C1D1E1F1G1), T3 (A1B2C2D1E1F2G2), T4 (A1B2C2D2E2F1G1), T5 (A2B1C2D1E2F1G2) y T7 (A2B2C1D1E2F2G1).

En sabor a chocolate solo T6 (A2B1C2D2E1F2G1). En el atributo floral se destaca la combinación T3 (A1B2C2D1E1F2G2). En el sabor frutal se destacan las combinaciones T1 (A1B1C1D1E1F1G1), T3 (A1B2C2D1E1F2G2), T7 (A2B2C1D1E2F2G1) y T8 (A2B2C1D2E1F1G2).

En el sabor a nuez, solo se destaca la combinación T7 (A2B2C1D1E2F2G1) tiene todos los atributos específicos de la escala, encontrando valores en la variable frutal de 5,5 esto permite considerarlo el tratamiento más equilibrado. En el sabor a frutos rojos solo se destaca las combinaciones T1 (A1B1C1D1E1F1G1) y T8 (A2B2C1D2E1F1G2). En el sabor a caramelo se destaca solo la combinación T3 (A1B2C2D1E1F2G2).

**Cuadro 4.4.** Potencial de sabores específicos en la evaluación sensorial del licor de cacao en relación a los tratamientos.

Tratamientos	Cacao	Chocolate	Floral	Frutal	Nuez	Frutos rojos	Caramelo
1	5,0	2,0	1,0	4,5	1,0	2,5	2,3
2	3,8	0,5	0,5	4,0	0,0	2,0	1,5
3	4,0	1,0	3,0	4,8	0,0	1,0	4,0
4	4,0	2,0	0,0	4,0	1,0	1,0	1,0
5	4,0	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0
6	2,5	4,5	0,0	4,3	1,0	0,0	1,0
7	4,0	3,0	2,5	5,5	2,0	1,5	1,5
8	3,0	1,0	2,5	5,5	1,0	2,5	0,0

## 4.2. ANÁLISIS REGULAR DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

**Análisis regular de la variable porcentaje de fermentación**

### 1) Elaboración de tabla de repuestas

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel

**Cuadro 4.5.** Análisis de repuestas del porcentaje de las almendras de cacao fermentados

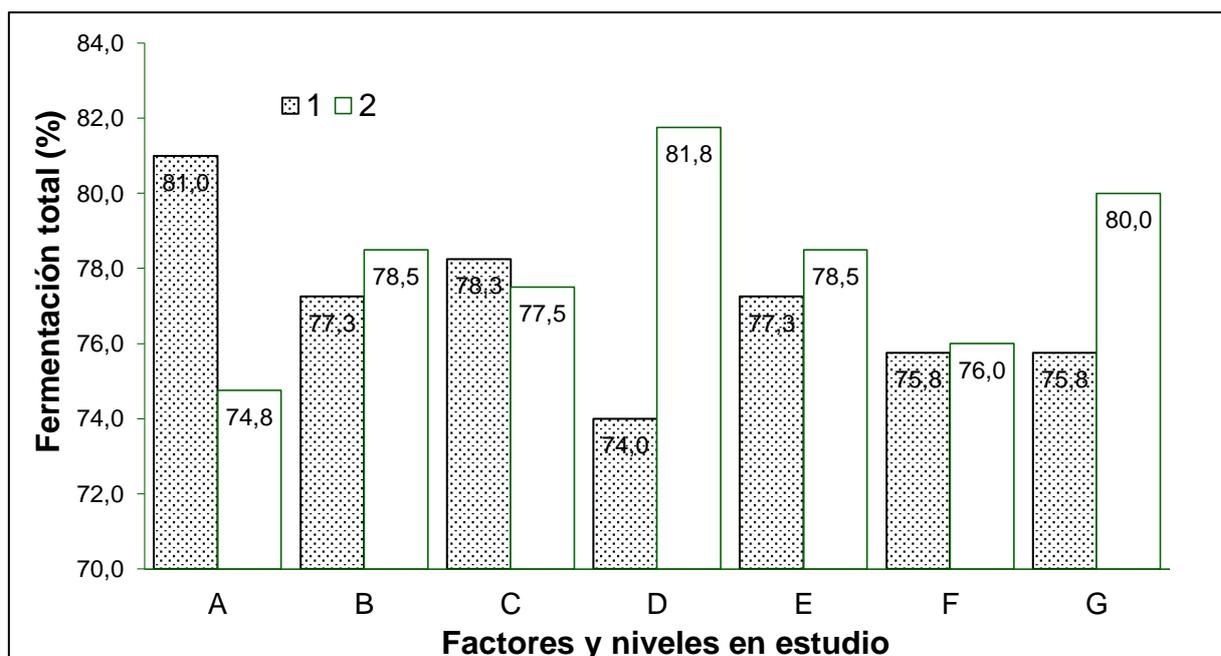
Niveles	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>81,0</b>	77,3	<b>78,3</b>	74,0	77,3	75,8	75,8
2	74,8	<b>78,5</b>	77,5	<b>81,8</b>	<b>78,5</b>	<b>76,0</b>	<b>80,0</b>
Diferencia	6,2	-1,2	0,7	-7,7	-1,2	-0,2	-4,2

## 2) Combinación de factores y niveles más apropiados

Como la respuesta esperada es del tipo “mayor es mejor”, en el cuadro 4.5, esos efectos se evidencian en la combinación: A1B2C1D2E2F2G2

Dónde: A1= Corporación “Fortaleza del Valle” B2= escurrido C1= sin desagregación manual D2= lavado E2= tipo de secado marquesina F2= espesor de la capa 6cm y G2= remoción 4 veces al día.

**3) Construcción de las gráficas factoriales** Como se puede observar en la figura 4.2, se verifica el resultado positivo de la combinación óptima: A1B2C1D2E2F2G2



**Figura 4.2.** Análisis de repuestas del porcentaje de las almendras de cacao

#### 4) Predicción de la repuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A1 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y}) + (E2 - \bar{Y}) + (F2 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 78 + (81,0 - 78) + (78,5 - 78) + (81,8 - 78) + (78,5 - 78) + (76,0 - 78) + (80,0 - 78) = 87\% \text{ de granos fermentados.}$$

Por lo tanto, la respuesta potencial de 87% de granos fermentados, se puede lograr combinando A1B2C1D2E2F2G2 corresponde al siguiente proceso: Centro de acopio "Fortaleza del Valle", método escurrido, sin desagregación manual, sin lavado del cacao fermentado, secado en marquesina, espesor de la capa de secado de 6 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

#### Análisis regular de la variable del peso de 100 almendra

##### 1) Elaboración de tabla de repuestas

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel

**Cuadro 4.6.** Análisis de la repuestas del peso de 100 almendras

Niveles	A	B	C	D	E	F	G
1	108,7	106,9	106,9	<b>11,1</b>	<b>111,7</b>	105,5	105,5
2	<b>109,0</b>	<b>110,7</b>	<b>110,7</b>	106,5	105,9	<b>112,3</b>	<b>112,2</b>
<b>Diferencia</b>	-0,2	-3,7	-3,7	4,5	5,8	-6,8	-6,7

##### 2) Combinación de factores y niveles más apropiados

Como la respuesta esperada es del tipo "mayor es mejor", en el cuadro 4.6, esos efectos se evidencian en la combinación: A2B2C2D1E1F2G2

Dónde: A2= Empresa Kaacao S.A. B2= con escurrido C2= Desagregación manual D1= sin lavado E1= tendal de cemento F2= espesor de 6cm y G2= remoción 4 veces al día

### 3) Construcción de las gráficas factoriales

Como se puede observar en la figura 4.3, se verifica el resultado positivo de la combinación óptima: A2B2C2D1E1F2G2

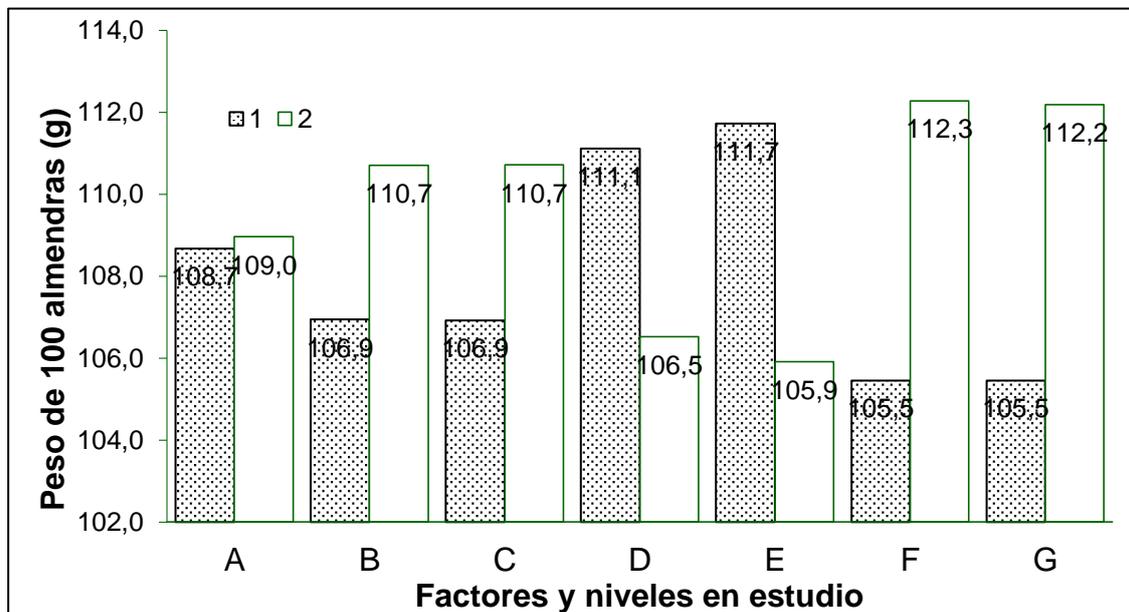


Figura 4.3. Análisis de repuesta del peso de 100 almendras

### 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A2 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C2 - \bar{Y}) + (D1 - \bar{Y}) + (E1 - \bar{Y}) + (F2 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 109 + (109,0 - 109) + (110,7 - 109) + (110,7 - 109) + (111,7 - 109) + (112,3 - 109) + (112,2 - 109) = 125 \text{ g en peso de 100 almendras.}$$

Por lo tanto, la respuesta potencial es 125 g, que es el mejor factor en la variable peso de 100 almendras que se logra mediante la combinación A2B2C2D1E1F2G2 corresponde al proceso siguiente: en la empresa Kaacao S.A., con el método escurrido, desagregación manual, sin lavado del cacao fermentado, secado en tendal de cemento, espesor de la capa de secado de 6 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

## **Análisis regular de la variable del porcentaje de almendras violetas**

### **1) Elaboración de tabla de respuesta**

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel.

**Cuadro 4.7.** Análisis de la repuestas del porcentaje de almendras violetas del cacao

<b>Niveles</b>	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>17,5</b>	22,0	<b>21,1</b>	25,3	21,9	23,8	23,8
2	25,1	<b>21,1</b>	21,5	<b>17,4</b>	<b>20,8</b>	<b>22,8</b>	<b>18,9</b>
<b>Diferencia</b>	-7,6	1,3	-0,3	7,8	1,1	1,0	4,8

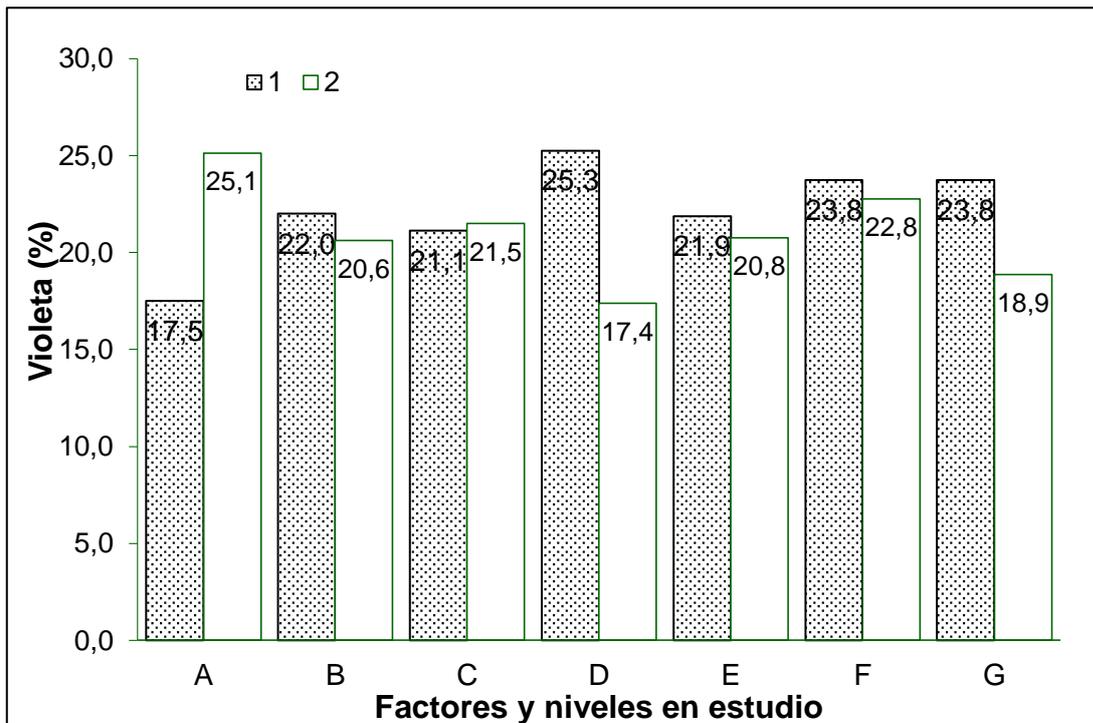
### **2) Combinación de factores y niveles más apropiados**

Como la respuesta esperada es del tipo “menor es mejor”, en el cuadro 4.7, esos efectos se evidencian en la combinación: A1B2C1D2E2F2G2

Dónde: A1= Corporación “Fortaleza del Valle” B2= escurrido C1= sin desagregación manual D2= lavado E2= tipo de secado marquesina F2= espesor de la capa 6 cm y G2= remoción 4 veces al día.

### **3) Construcción de las gráficas factoriales**

En la figura 4.4, la representación gráfica de los niveles y factor de estudio en el cual obtuvo menor porcentaje de almendras violetas fue la Corporación “Fortaleza del Valle” con la combinación A1B2C1D2E2F2G2



**Figura 4.4.** Análisis de repuestas del porcentaje de almendras violetas del cacao

#### 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A1 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D2 - \bar{Y}) + (E2 - \bar{Y}) + (F2 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 21 + (17,5 - 21) + (20,6 - 21) + (21,1 - 21) + (17,4 - 21) + (20,8 - 21) + (22,8 - 21) + (18,9 - 21) = 11\% \text{ de granos violeta.}$$

La respuesta potencial es 11% de granos violeta, el mejor factor en la variable es la combinación A1B2C1D2E2F2G2 corresponde al proceso siguiente: en la Corporación "Fortaleza del Valle", con el método escurrido, sin desagregación manual, lavado del cacao fermentado, secado en marquesina, espesor de la capa de secado de 6 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

### 4.3. ANÁLISIS REGULAR DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICA

#### Análisis regular de la variable sabor a “Cacao”

##### 1) Elaboración de tabla de repuestas

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel

**Cuadro 4.8.** Análisis de las repuestas de la calidad sensorial “Cacao”

Niveles	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>3,5</b>	3,2	<b>3,5</b>	<b>3,7</b>	3,0	<b>3,2</b>	3,2
2	3,0	<b>3,3</b>	3,0	2,8	<b>3,5</b>	2,9	<b>3,3</b>
<b>Diferencia</b>	0,6	-0,2	0,5	0,9	-0,4	0,3	-0,1

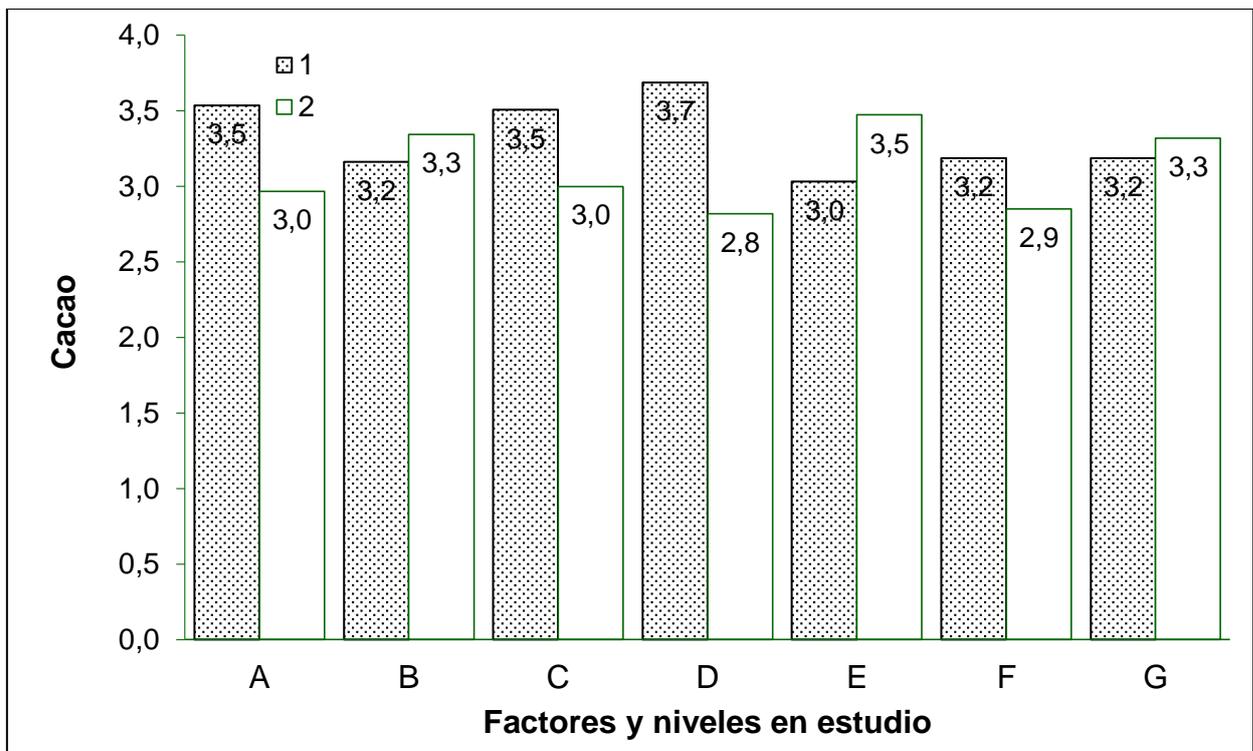
##### 2) Combinación de factores y niveles más apropiados

Como la respuesta esperada es del tipo “mayor es mejor”, en el cuadro 4.8, esos efectos se evidencian en la combinación: A1B2C1D1E2F1G2

Dónde: A1= Corporación “Fortaleza del Valle” B2= escurrido C1= sin desagregación manual D1= sin lavado E2= secado en marquesina F1= espesor de la capa 3 cm y G1= remoción 4 veces al día.

##### 3) Construcción de las gráficas factoriales

Como se puede observar en la figura 4.5, se verifica el resultado positivo de la combinación óptima: A1B2C1D1E2F1G2



**Figura 4.5.** Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Cacao”

#### 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A1 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D1 - \bar{Y}) + (E2 - \bar{Y}) + (F1 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 3,25 + (3,5 - 3,25) + (3,3 - 3,25) + (3,5 - 3,25) + (3,7 - 3,25) + (3,5 - 3,25) + 3,2 - 3,25 + (3,3 - 3,25) = 4,25 \text{ sabor a cacao.}$$

La respuesta potencial es 4,25, el mejor factor en la variable del perfil de sabor “Cacao” que en escala está en un valor medio y su combinación A1B2C1D1E2F1G2 corresponde al proceso siguiente: en la Corporación “Fortaleza del Valle”, con el método escurrido, sin desagregación manual, sin lavado del cacao fermentado, secado en marquesina, espesor de la capa de secado de 3 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

## **Análisis regular de la variable sabor a “Chocolate”**

### **1) Elaboración de tabla de repuestas**

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel

**Cuadro 4.9.** Análisis de la repuestas de la calidad sensorial “Chocolate”

<b>Niveles</b>	A	B	C	D	E	F	G
1	0,9	<b>1,4</b>	0,9	<b>1,3</b>	<b>1,7</b>	<b>1,1</b>	1,13
2	<b>1,5</b>	0,9	<b>1,4</b>	1,1	0,7	1,1	<b>1,3</b>
<b>Diferencia</b>	-0,6	0,5	-0,5	0,3	1,0	0,0	-0,1

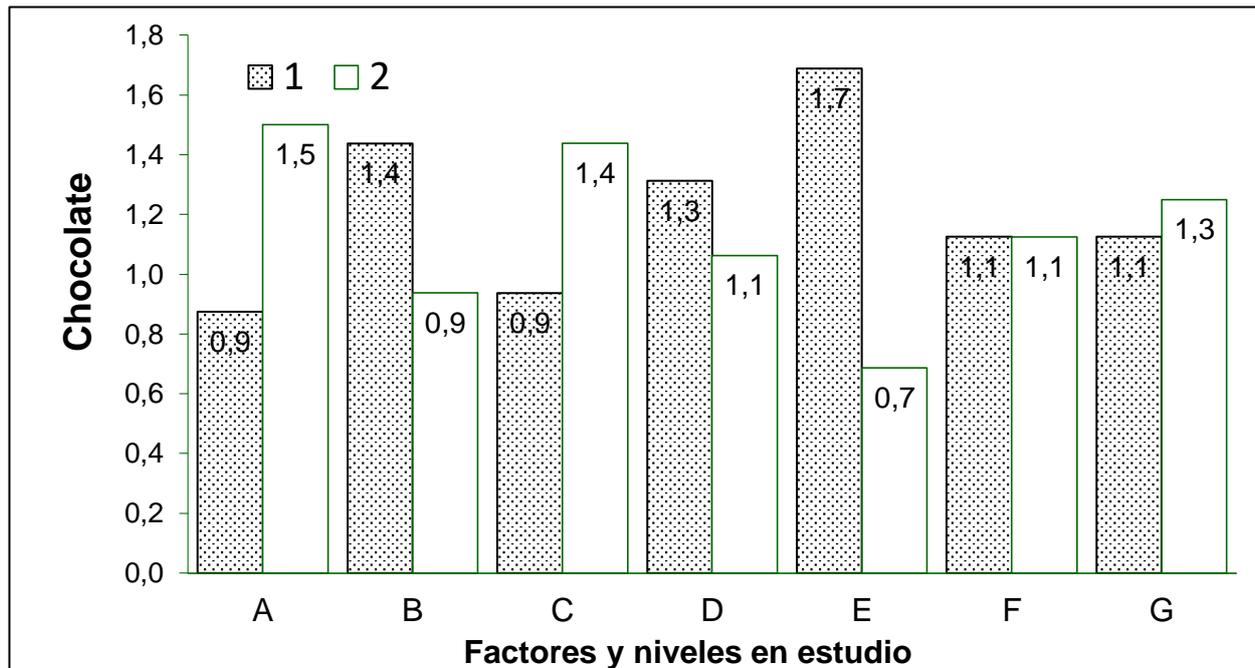
### **2) Combinación de factores y niveles más apropiados**

Como la respuesta esperada es del tipo “mayor es mejor”, en el cuadro 4.9, esos efectos se evidencian en la combinación: A2B1C2D1E1F1G2

Dónde: A2= Empresa Kaacao S.A. B1= sin escurrido C2= desagregación manual D1= sin lavado E1= tipo de secado tendal de cemento F1= espesor de la capa 3 cm y G2= remoción 4 veces al día.

### **3) Construcción de las gráficas factoriales**

Como se puede observar en la figura 4.6, se verifica el resultado positivo de la combinación óptima: A2B1C2D1E1F1G2



**Figura 4.6.** Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Chocolate”

#### 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A2 - \bar{Y}) + (B1 - \bar{Y}) + (C2 - \bar{Y}) + (D1 - \bar{Y}) + (E1 - \bar{Y}) + (F1 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 1 + (1,5 - 1) + (1,4 - 1) + (1,4 - 1) + (1,3 - 1) + (1,7 - 1) + (1 - 1) + (1,3 - 1) = 3 \text{ sabor "chocolate"}$$

Por lo tanto, la respuesta potencial es 3 que en escala representa un valor medio para el perfil de sabor “chocolate”, y se puede lograr combinando A2B1C2D1E1F1G2 corresponde al proceso siguiente: en la Empresa Kaacao S.A., con el método sin escurrido, desagregación manual, sin lavado del cacao fermentado, secado en tendal de cemento, espesor de la capa de secado de 3 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

## **Análisis regular de la variable calidad sensorial “Frutal”**

### **1) Elaboración de tabla de repuestas**

Se calcula a partir de la información de los promedios por tratamiento, separando los efectos por cada factor y nivel

**Cuadro 4.10.** Análisis de las repuestas de la calidad sensorial “Frutal”

<b>Niveles</b>	A	B	C	D	E	F	G
1	3,4	3,3	<b>3,9</b>	<b>4</b>	<b>3,9</b>	<b>3,5</b>	3,5
2	<b>3,9</b>	<b>4,0</b>	3,5	3,4	3,5	3,5	<b>3,9</b>
<b>Diferencia</b>	-0,5	-0,6	0,3	0,5	0,3	0,0	-0,3

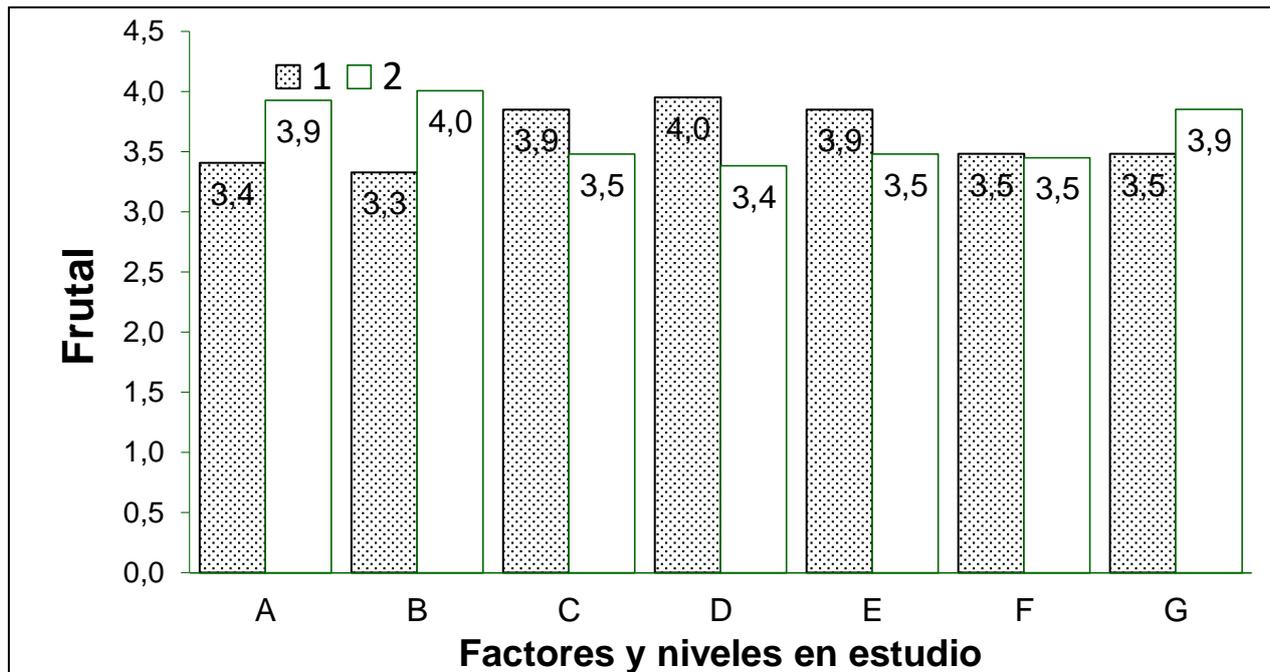
### **2) Combinación de factores y niveles más apropiados**

Como la respuesta esperada es del tipo “mayor es mejor”, en el cuadro 4.10, esos efectos se evidencian en la combinación: A2B2C1D1E1F1G2.

Dónde: A2= Empresa Kaacao S.A. B2= escurrido C1= sin desagregación manual D1= sin lavado E1= tipo de secado marquesina F1= espesor de la capa 3cm y G2= remoción 4 veces al día.

### **3) Construcción de las gráficas factoriales**

Como se puede observar en la figura 4.7, se verifica el resultado positivo de la combinación óptima: A2B2C1D1E1F1G2



**Figura 4.7.** Análisis de repuestas de la calidad sensorial sabor “Frutal”

#### 4) Predicción de la respuesta máxima esperada

De acuerdo a la predicción de respuesta máxima de Taguchi esta se calculó en base a la suma de los efectos aditivos de los niveles óptimos y factor lo cual resulto la siguiente formula:

$$P_{ro} = \bar{Y} + (A1 - \bar{Y}) + (B2 - \bar{Y}) + (C1 - \bar{Y}) + (D1 - \bar{Y}) + (E1 - \bar{Y}) + (F1 - \bar{Y}) + (G2 - \bar{Y})$$

$$P_{ro} = 4 + (3,9 - 4) + (4,0 - 4) + (3,9 - 4) + (4 - 4) + (3,9 - 4) + (3,5 - 4) + (3,9 - 4) = 5 \text{ sabor "Frutal"}$$

Por lo tanto, la respuesta potencial es 5, el mejor factor en la variable del perfil de sabor “Frutal” que en escala está en un valor medio y su combinación A2B2C1D1E1F1G2 corresponde al proceso siguiente: en la Empresa Kaacao S.A., con el método sin escurrido, sin desagregación manual, sin lavado del cacao fermentado, secado en tendal de cemento, espesor de la capa de secado de 3 cm y la remoción durante el secado de 4 veces al día.

#### 4.4. PERFIL SENSORIAL DEL CACAO

En la figura 4.8, se observa que en la combinación A1B1C1D1E1F1G1 tiene un nítido sabor a cacao y A2B1C2D2E1F2G1 a chocolate. La combinación A2B2C1D2E1F1G2 tiende a mostrar una saborizado a frutos rojos, La tendencia dominante de las muestras es presentar un saborizado frutal notable.

Como la respuesta esperada es del tipo “mayor es mejor”, en el cuadro 4.8, esos efectos se evidencian en la combinación: A2B1C2D1E1F1G2; dónde A2= Empresa Kaacao S.A. B1= sin escurrido C2= desagregación manual D1= sin lavado E1= tipo de secado tendal de cemento F1= espesor de la capa 3 cm y G2= remoción 4 veces al día.

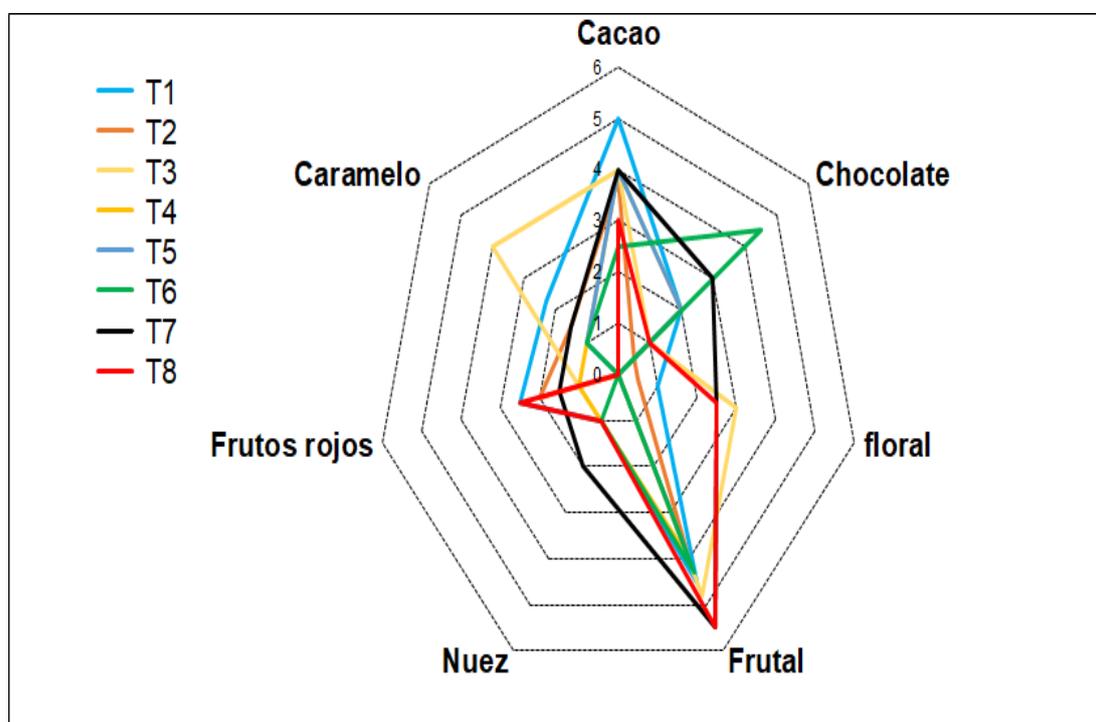


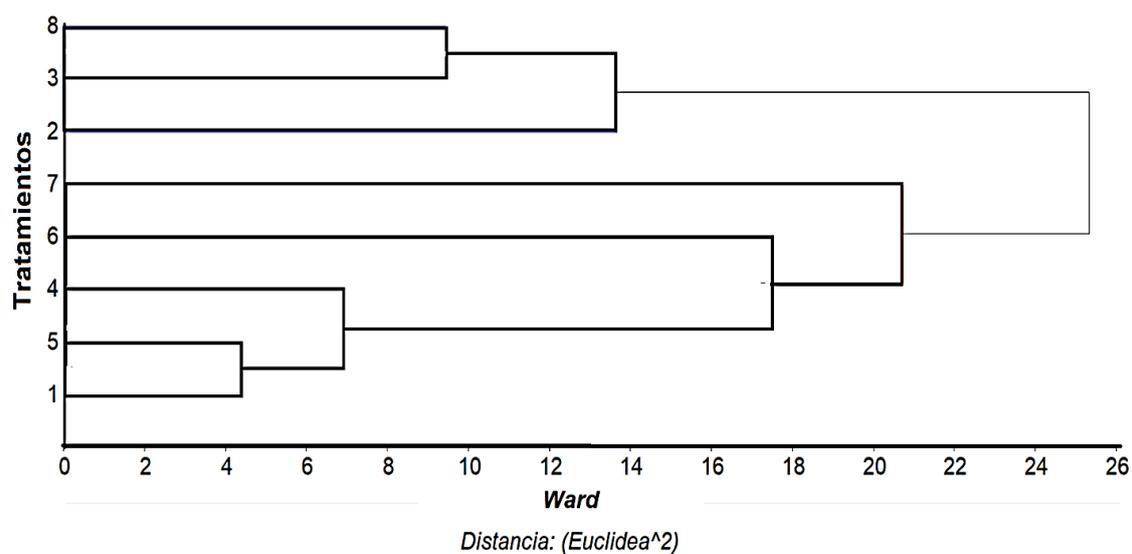
Figura 4.8. Perfil sensorial de cacao

#### 4.5. SIMILITUD ENTRE TRATAMIENTOS POSCOSECHA

En la figura 4.9, se expone la similitud entre los distintos tratamientos en estudio en los relacionado a las características físicas: índice de semilla y porcentaje de almendras bien fermentadas, así como, de los atributos sensoriales deseables

en el licor de cacao: sabor a cacao, gusto a chocolate y sensaciones a floral, frutal, nuez, frutos rojos y caramelo.

Los tratamientos T3 (A1B2C2D1E1F2G2) y T8 (A2B2C1D2E1F1G2) tienen un impacto similar en las características físicas y sensoriales del cacao, siendo muy próximo a estos el tratamiento T2 (A1B1C1D2E2F2G2). Los tratamientos T1 (A1B1C1D1E1F1G1) y T5 (A2B1C2D1E2F1G2) también tienen efectos similares entre sí, siendo el tratamiento T4 (A1B2C2D2E2F1G1) el más próximo. Los tratamientos T6 (A2B1C2D2E1F2G1) y T7 (A2B2C1D1E2F2G1) tienen un comportamiento diferenciado del resto de los tratamientos.



**Figura 4.9.** Similitud entre tratamientos en poscosecha en cacao

# **CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **5.1. CONCLUSIONES**

En base a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- El espesor de la capa de secado de 6 cm y 4 remociones diarias sobre pista de cemento influyó positivamente en el peso de 100 almendras de cacao.
- En la fermentación del cacao ambas empresas cumplieron con la norma INEN 176.
- Dentro de los perfiles sensoriales la variable cacao destaca la combinación T1.
- En relación a las características físicas y sensoriales del cacao en función de las condiciones climáticas la combinación T4, fue la muestra que se secó en menos tiempo alcanzando temperaturas máximas de 47 °C.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Hacer referencia a los factores en estudio principalmente espesor de la capa 6 cm y con el método de escurrido.
- Establecer protocolo de beneficio de secado de cacao por localidad
- Validar la información obtenida con diferentes genotipos de cacao

## BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., Girón, C. y Farias, A. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. *Revista científica UDO agrícola*, 10 (1), 76-87.
- Andrade, J., Rivera G, J., Chire, C., Ureña, M. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao *Theobroma cacao* L. de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10 (4), 1-12.
- Córdova, R. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores de El Oro.
- Delgado, D., Mandujano, I., Reátegui, D. y Ordoñez, E. (2018). Desarrollo de chocolate oscuro con nibs de cacao fermentado y no fermentado: polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 543-550.
- ESPAE-ESPOL (Escuela de Negocios de la Escuela Superior Politécnica del Litoral). (2016). Estudios Industriales: Orientación Estratégica para la toma de decisiones, industria de cacao. ESPOL. EC. p 37.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Calidad de temperatura del cultivo de cacao. Recuperado de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/03/a-au995s.pdf>
- Gilces, H. y Sanmarti, F. (2013). Análisis y selección de proceso de secado de cacao y diseño de prototipo de una unidad secadora tipo plataforma. Tesis. Ing. Agroindustrial. Universidad Estatal de Milagro. Milagro-Ecuador, EC. p 4-p 97.
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, J., Álvarez N. y Trujillo de Leal, A. (2003). Fermentación del cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agron. Trop.* 53(2): 175-187.
- ICCO (Organización Internacional del Cacao). (2016). Boletín trimestral de estadísticas de cacao, Vol. XLII, N ° 1, Cacao año 2015/16. Recuperado de: [https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/16221/ANALISIS%20DE%20RENTABILIDAD\\_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/16221/ANALISIS%20DE%20RENTABILIDAD_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- ILAC (Iniciativa Latinoamericana del Cacao). (2019). Cacao fino y de aroma para américa latina Cacao fino de aroma, un producto latinoamericano de exportación. Banco de Desarrollo de América Latina, 6, 1–15. [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1452/Iniciativa Latinoamericana del Cacao Boletín No. 6.pdf?sequence=1](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1452/Iniciativa%20Latinoamericana%20del%20Cacao%20Bolet%C3%ADn%20No.%206.pdf?sequence=1)
- INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). (2010). Precipitación del cultivo de cacao en el Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1292/4/iniappom75%20p1-9.pdf>
- López, I. y Chávez, E. (2018). Eficacia de secador solar tipo túnel con cacao (*Theobroma Cacao* L.) en Tabasco. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(SPE21), 4395-4405.

- Maldonado, J. (2016). Perspectivas Económicas y Financieras en el cultivo de cacao CCN51 vs cacao fino de Aroma para la decisión de inversión de la empresa Famisa: Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas; Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. EC. p 79.
- Montesdeoca, M. y Vidal, A. (2015). Estudio el proceso de la técnica del secado de cacao y su impacto en la economía de los productores de la parroquia Bella María del cantón Santa Rosa (tesis de licenciatura, Machala: Universidad Técnica de Machala).
- Noguera, L. (2014). Caracterización De Materiales Regionales Promisorios De Cacao colombiano: Física, Química; Funcional Y Organoléptica (Doctoral dissertation, Universidad Industrial de Santander, Escuela De Química).
- Orna, J., Chuquín, N., Saquina, L. y Cueva, O. (2018). Design and construction of an automatic dryer for cacao a rotating type of hot air base for a capacity of 500 kg. *Enfoque UTE*, 9(2), 159-174.
- Ortiz, L., Camacho, G. y Graziani, L. (2004). Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. "*Agronomía Trop.*," 54(1), 31-43
- Párraga C. (2015). "Calidad física y organoléptica de almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.) mediante métodos de fermentación y estaciones climáticas, Fortaleza del Valle" (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM).
- Quintana, F., y Gómez, S. (2011). Perfil del Sabor del Clon CCN51 del Cacao (*Theobroma cacao* L.) Producido en Tres Fincas del Municipio de San Vicente de Chucurí. *Publicaciones e Investigación*, 5(1), 45-58.
- Restrepo, A. y Burbano, J. (2005). Disponibilidad térmica solar y su aplicación en el secado de granos. *Scientia et Technica*, 1(27), 127-132.
- Ríos, F., Ruiz, A., Lecaro, J., y Rehpani, C. (2017). Estrategias país para la oferta de cacao especiales: Políticas e iniciativas privadas exitosas en el Perú, Ecuador, Colombia y República Dominicana. Fundación Swisscontact Colombia. Bogotá DC.
- Rivera, R; Mecías F; Guzmán A. Peña M; Medina H; Casanova L; Barrera A; Nivelá P. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. *Ciencia y Tecnología* 5(1), 7-12.
- Rodríguez Cortés, H. A., y Vargas Cristancho, D. A. (2019) Análisis de rentabilidad del cultivo de cacao caso de estudio: Vereda: Cualamaná Melgar (Tolima) y Vereda: Llana Fría San Vicente de Chucuri (Santander).
- Ruíz, S. (2019). Efecto de la temperatura de fermentación sobre la calidad física y organoléptica del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.). Recuperado de:  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3555/FIAI%20-%20Silvia%20Rossana%20Ru%20C3%ADz%20Mu%20C3%B1oz.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, A., Castellanos, O., Domínguez, K. (2008). Mejoramiento de la poscosecha del cacao a partir del roadmapping. *Ingeniería e Investigación*, 28(3), 150-158.

- Sánchez, Á., Naranjo, A., Córdova, V., Ávalos de la Cruz, A. y Zaldívar, J. (2016). Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 7(SPE14), 2817-2830.
- Sánchez, E., García, P., Dugarte, S., Mendoza, D. y Rivas, C. (2017). Características físico-químicas de granos de cacao de los estados Aragua, Mérida, Miranda y Zulia de la República Bolivariana de Venezuela. *Conocimiento Libre y Licenciamiento*, 15 (8), 22-74.
- Saucedo, Á. (2018). Implementación de un sistema de medición y registro de datos con reloj de tiempo real y almacenamiento en tarjeta microsd (implementation of a datalogger system with real-time clock and storage in a microsd card). *Pistas Educativas*, 40(130), 330-346
- Solórzano, E., Amores, F., Jiménez, J., Nicklin, C. y Barzola, S. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Revista Ciencia y Tecnología*, 8 (1), 37-47.
- Steven, M. (2020). Incidencia de inoculantes microbianos en el control de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao* L.) (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Velásquez, A. (2019). Análisis de la cadena de cacao en la provincia de los Ríos, Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. 1696-8352 Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/11/cadena-cacao-ecuador.html>
- Vera, A. (2019). Estudio del cacao fino de aroma (Doctoral dissertation, Quito: Universidad de Los Hemisferios, 2019).
- Vera, J., Arrieta, A., Quintana, L. y García, A. (2018). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas como parámetros de calidad en la fermentación de clones de cacao CCN51, TSC01. @ limentech, *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2), 76-86.

## **ANEXOS**

### Anexos 1. Experimentación en los centros de acopio



### Anexos 2. Instalación de los tratamientos



### Anexo 3. Método de secado



**Anexos 4. Porcentaje de humedad****Anexos 5. Peso de 100 almendras de cacao****Anexos 6. Prueba de corte**

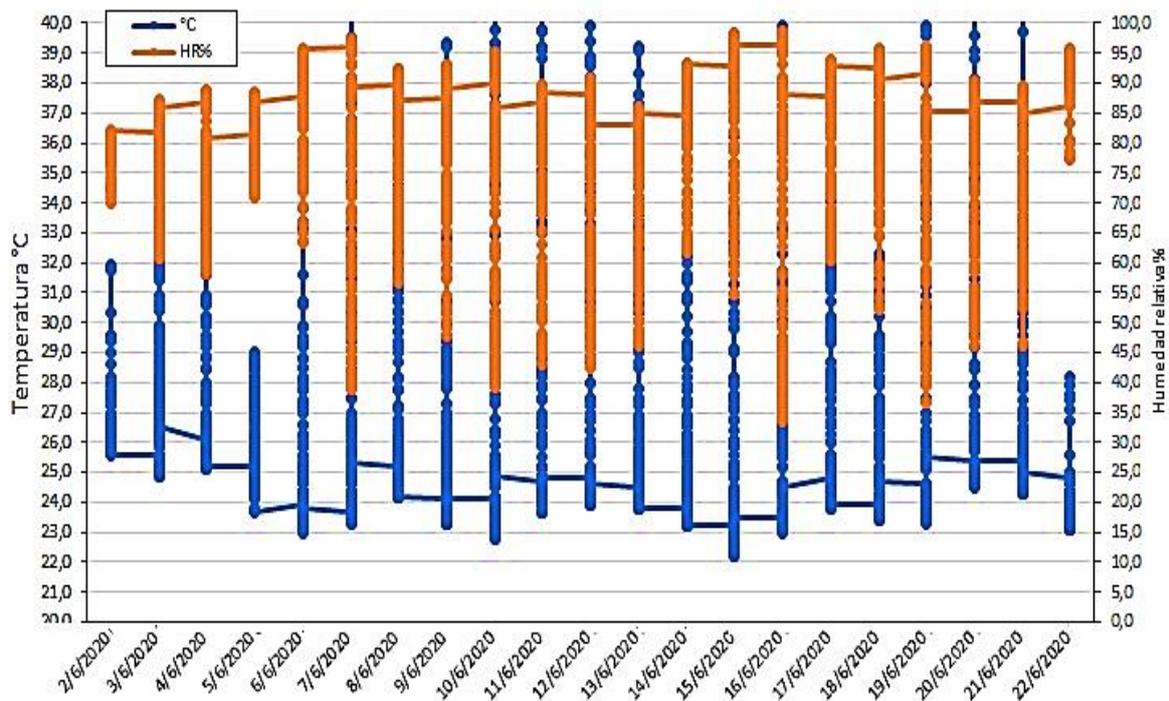
## Anexos 7. Elaboración del licor de cacao



## DATOS PROMEDIOS DE LOS ENSAYO

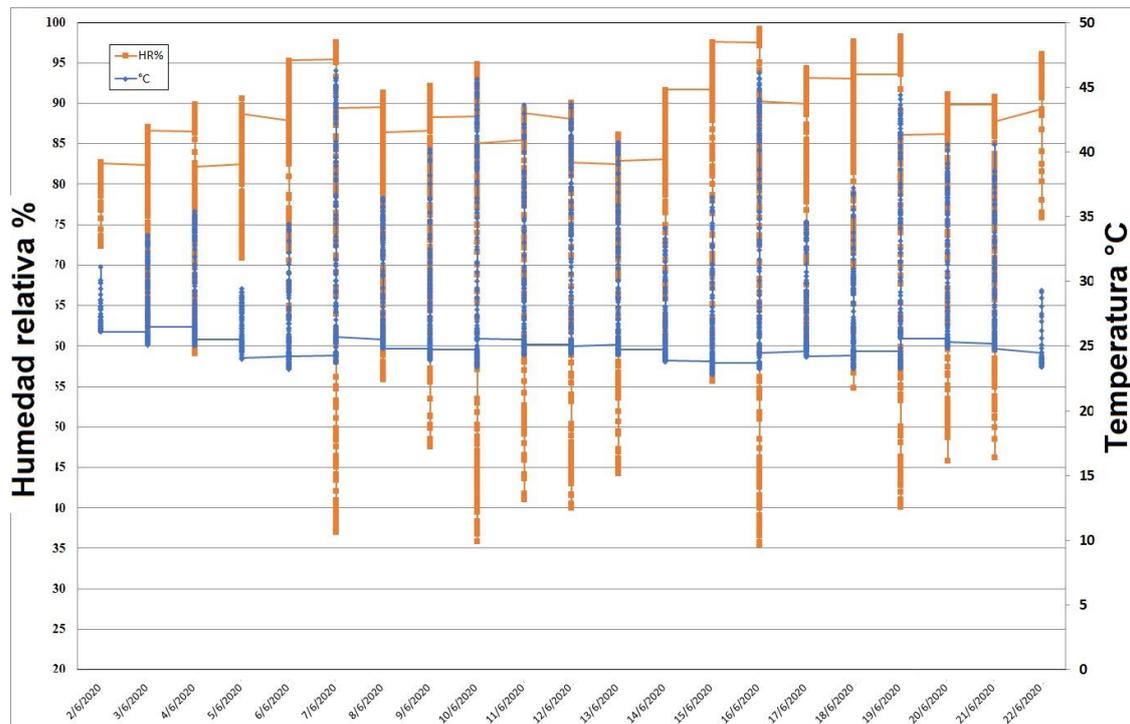
### Anexo 8. Variaciones de temperatura y humedad relativa en junio del 2020.

Datalogger 01. Instalado en marquesina



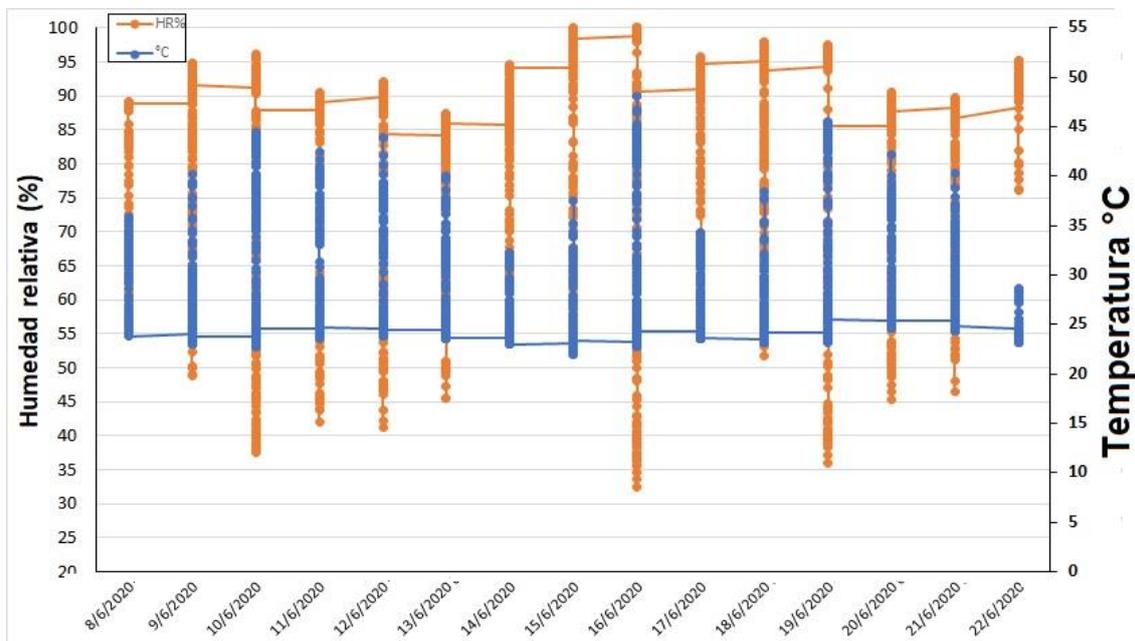
**Anexo 9.** Variaciones de temperatura y humedad relativa en junio del 2020.

Datalogger 02. Instalado en marquesina.



**Anexo 10.** Variaciones de temperatura y humedad relativa en junio del 2020.

Datalogger 03. instalado en el tendal de cemento



**Anexo 11.** Comportamiento de la temperatura (T °C), Humedad relativa (HR%), Evaporación (EV mm), Precipitación (PP mm), Velocidad del viento (VV km/h) y Heliofanía (He horas luz) en Calceta, Manabí, durante el secado del cacao.

T °C máxima/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	T °C Máxima
Fortaleza del Valle	28,8	29,4	30,4	26,6	27,0	33,0	29,4	29,6	32,6	30,6	31,0	29,4	26,4	28,0	33,6	28,0	28,4	33,0	31,2	29,6	27,8	29,7
Empresa Kaacao	32,2	27,8	30,2	32,0	29,8	33,2	32,2	32,0	28,4	29,2	27,8	29,8	27,4	27,4	29,8	30,4	32,8					30,1
Diferencia °C	-3,4	1,6	0,2	-5,4	-2,8	-0,2	-2,8	-2,4	4,2	1,4	3,2	-0,4	-1,0	0,6	3,8	-2,4	-4,4					-0,4
T °C Mínima/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	T °C Mínima
Fortaleza del Valle	20,6	21,0	20,8	21,4	20,2	21,0	21,2	21,2	20,8	21,4	21,2	21,2	20,8	20,9	21,2	21,0	21,0	20,8	21,8	21,8	20,8	21,05
Empresa Kaacao	23,6	20,2	19,4	19,2	20,0	19,0	20,2	19,6	19,2	18,8	20,6	20,0	20,4	19,4	20,4	19,2	19,2					19,91
Diferencia °C	-3,0	0,8	1,4	2,2	0,2	2,0	1,0	1,6	1,6	2,6	0,6	1,2	0,4	1,5	0,8	1,8	1,8					1,14
T °C Media/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	T °C Media
Fortaleza del Valle	25,4	25,6	26,2	24,4	24,0	26,0	25,6	25,6	26,8	25,8	26,0	25,6	23,8	24,0	27,1	24,8	25,0	26,6	26,8	25,5	24,7	25,5
Empresa Kaacao	27,2	24,3	24,8	25,0	25,2	25,7	25,6	24,0	23,8	24,7	24,6	25,3	24,4	23,9	25,5	25,5	25,6					25,0
Diferencia °C	-1,8	1,3	1,4	-0,6	-1,2	0,3	0,0	1,6	3,0	1,1	1,4	0,3	-0,6	0,1	1,6	-0,7	-0,6					0,5
Oscilación térmica °C/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Oscilación °C
Fortaleza del Valle	8,2	8,4	9,6	5,2	6,8	12,0	8,2	8,4	11,8	9,2	9,8	8,2	5,6	7,1	12,4	7,0	7,4	12,2	9,4	7,8	7,0	8,7
Empresa Kaacao	8,6	7,6	10,8	12,8	9,8	14,2	12,0	12,4	9,2	10,4	7,2	9,8	7,0	8,0	9,4	11,2	13,6					10,2
Diferencia °C	-0,4	0,8	-1,2	-7,6	-3,0	-2,2	-3,8	-4,0	2,6	-1,2	2,6	-1,6	-1,4	-0,9	3,0	-4,2	-6,2					-1,6
Humedad relativa/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	HR (%)
Fortaleza del Valle	86,0	84,0	81,0	92,0	92,0	85,0	84,0	82,0	79,0	81,0	82,0	79,0	89,0	90,0	77,0	91,0	89,0	81,0	82,0	83,0	88,0	84,62
Empresa Kaacao	75,0	85,0	81,0	81,0	81,0	81,0	79,0	81,0	85,0	82,0	84,0	80,0	85,0	87,0	85,0	82,0	80,0					82,00
Diferencia (%)	11,0	-1,0	0,0	11,0	11,0	4,0	5,0	1,0	-6,0	-1,0	-2,0	-1,0	4,0	3,0	-8,0	9,0	9,0					2,62
Evaporación/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	EV (mm)
Fortaleza del Valle	3,10	2,80	3,80	1,90	1,30	4,50	2,50	2,40	5,60	3,00	3,80	3,70	1,50	0,20	4,20	2,50	1,70	4,90	3,60	2,20	1,50	2,89
Empresa Kaacao	4,60	2,10	3,30	4,40	2,90	5,60	5,30	5,40	2,70	2,80	2,10	3,10	1,40	1,60	3,10	3,10	4,80					3,43
Diferencia (mm)	-1,50	0,70	0,50	-2,50	-1,60	-1,10	-2,80	-3,00	2,90	0,20	1,70	0,60	0,10	-1,40	1,10	-0,60	-3,10					-1,50
Precipitación/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	PP (mm)
Fortaleza del Valle					0,60									2,30						0,40	0,20	3,50
Empresa Kaacao												0,10	0,20									0,30
Diferencia (mm)					0,60							-0,10	-0,20	2,30						0,40	0,20	3,20
Velocidad del viento/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	VV (km/h)
Fortaleza del Valle	18,2	12,0	23,9	9,6	8,1	16,7	22,2	13,5	22,5	14,8	19,4	13,2	9,9	6,4	18,7	11,8	11,2	18,0	13,1	18,1	8,3	14,7
Empresa Kaacao	19,1	16,5	20,7	19,9	14,8	25,8	24,6	29,5	19,3	15,3	9,6	14,0	13,1	11,6	14,4	14,8	19,7					17,8
Diferencia (km/h)	-0,9	-4,5	3,2	-10,3	-6,7	-9,1	-2,4	-16,0	3,2	-0,5	9,8	-0,8	-3,2	-5,2	4,3	-3,0	-8,5					-3,1
Heliofanía/Días de secado	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	Heliofanía (horas luz)
Fortaleza del Valle	0,2		1,7			5,6	0,5	0,8	5,8	1,9	0,8	0,8			8,5		5,8	1,1	0,1	0,1	0,1	33,7
Empresa Kaacao	4,6	1,0	0,7	2,8	0,1	7,1	3,8	2,8		0,5		0,7			0,3	0,1	5,4					29,9
Diferencia (horas luz)	-4,4	-1,0	1,0	-2,8	-0,1	-1,5	-3,3	-2,0	5,8	1,4	0,8	0,1	0,0	0,0	8,2	-0,1	-5,4	5,8	1,1	0,1	0,1	3,8

## REQUISITOS DE CALIDAD DEL CACAO EN GRANO BENEFICIADO PARA LA EXPORTACIÓN

NTE INEN 176

2006-10

**TABLA 1. Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado**

REQUISITOS	UNIDAD	ARRIBA					CCN51
		A.S.S.P.S	A.S.S.S	A.S.S	A.S.N.	A.S.E.	
Cien granos pesan	g	135-140	130-135	120-125	110-115	105-110	135-140
Buena fermentación (mín.)	%	75	65	60	44	26	***65
Ligera fermentación* (mín.)	%	10	10	5	10	27	11
Violeta (máx.)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso (pastoso) (máx)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máx.)	%	1	1	2	3	4	1
TOTALES ( análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos ( análisis sobre 500 gramos) (máx).	%	0	0	1	3	**4	1
TOTAL FERMENTADO (mín.)	%	85	75	65	54	53	76

A.S.S.P.S                    Arriba Superior Summer Plantación selecta

A.S.S.S                      Arriba Superior Summer Selecto

A.S.S.                        Arriba Superior Selecto

A.S.N.                        Arriba Superior Navidad

A.S.E.                        Arriba superior Época

\* Coloración marrón violeta

\*\* Se permite la presencia de granza solamente para el tipo A.S.E.

\*\*\* La coloración varía de marrón a violeta

## FORMULARIO PARA LA EVALUACIÓN SENSORIAL DE LICOR DE CACAO

Nombre..... Fecha.....

Estas muestras están identificadas por medio de un código de tres dígitos. La escala que se utiliza es de 0 a 10 puntos para medir el contenido o intensidad del sabor que encuentre en cada una de ellas.

0 = ausente

1 a 2 bajo

3 a 5 medio

6 a 8 alto

9 a 10 Muy alto, fuerte

Repita cuantas veces sea necesario para detectar los sabores básicos y específicos que existen en las muestras que realizó las degustaciones. Escriba los resultados de acuerdo a la escala indicada. Después de degustar una muestra lávese la boca, descanse un minuto para iniciar con la siguiente muestra.

Código	Cacao	Acidez	Astrin- gencia	Amargo r	Frutal	Floral	Nuez	Dulce	Otros

*Nota:* Formato para análisis sensorial utilizado por el Laboratorio de Calidad de Cacao

Comentarios.....

.....

.....

## REPORTE DE RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE CACAO

El presente documento es portador del reporte del análisis de 16 muestras de licor de cacao, que describe los promedios de dos repeticiones por cada muestra.

De manera general el análisis sensorial de las muestras arroja un perfil aceptable destacándose el sabor a cacao, chocolate y frutal, combinado con notas, florales, frutos secos, frutos rojos y caramelo.

### Resultados del perfil sensorial de 16 muestras de licor de cacao: 13/11/2020

Código	Sabores específicos							Sabores básicos				Defectos		Observaciones
	Cacao	Chocolate	Floral	Frutal	Nuez	F. rojos	Caramelo	Amargor	Acidez	Astringencia	Verde	Moho	Otros	
KAA3	4,0	3,0	2,5	5,5	2,0	1,5	1,5	2,0	3,0	3,8	2,5	0,0	0,0	Ligero aroma floral, sabor a cacao, leve sensación a chocolate, frutal (frutos secos), sensación habas verdes moderado, presencia de dulzor
KAA6	1,5	4,5	0,0	4,3	1,0	0,0	1,0	2,5	1,5	3,0	1,0	1,5	0,0	Aroma a especies moderado, sabor a chocolate con presencia de astringencia y amargor que oculta las notas frutales, presencia de humedad
KAA1	3,5	2,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	4,5	3,3	3,5	1,0	0,0	0,0	Aroma a polvo de cacao, sabor cacao, con amargor pronunciado, escasa notas frutal
FV4	4,0	0,0	0,0	2,8	0,0	0,0	0,0	4,3	4,5	4,5	3,0	2,0	0,0	Aroma a especies con intensidad baja, sabor

														cacao, presencia de acidez láctica, amargor y astringencia pronunciados, al final se percibe humedad.
FV1	5,0	1,0	1,0	4,5	1,0	2,5	2,0	2,5	4,8	2,8	1,0	0,0	0,0	Aroma a polvo de cacao, sabor cacao con notas frutales frutos rojos dulzor suave ,acidez moderada.
FV2	3,8	2,5	0,5	4,0	0,0	2,0	1,5	3,5	2,5	3,5	0,0	0,0	0,0	Ligero aroma a chocolate, sabor cacao, con la presencia de amargor y astringencia lo que provoca resequedad en la boca y al final se percibe notas florales.
KAA4	3,0	0,5	0,5	3,5	1,0	1,5	0,0	2,8	2,0	2,5	0,5	2,0	0,0	Aroma floral pronunciado, sabor a cacao con floral intenso al inicio y luego se pierde y aparecen las notas frutales, amargor moderado,
KAA8	2,8	1,0	2,5	5,5	0,0	2,5	0,0	3,5	2,8	3,0	1,5	0,0	0,0	Aroma frutal agradable, Sabor cacao con intensidad aceptable, notas frutales agradables, dulzor moderado, frutos rojos, la textura estuvo gruesa en comparación a las demás muestras,
FV6	1,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	2,5	2,0	2,5	0,0	4,5	0,0	Olor a moho, sabor a cacao la presencia del moho es

														pronunciada, hay presencia de notas afrutadas
KAA2	2,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	4,3	3,5	5,0	3,0	0,0	1,5	Aroma plano, sabor cacao, con astringencia y amargor pronunciado, sensación a químico
FV8	3,5	2,0	0,0	4,0	1,0	1,0	1,0	3,0	3,0	3,5	1,0	0,0	0,0	aroma plano, sabor a cacao, con notas afrutadas,
FV7	4,0	1,0	3,0	4,8	0,0	1,0	4,0	2,0	3,0	2,5	0,0	0,0	1,0	Aroma a panela, sabor a cacao con especies pronunciado, sabores básicos moderados
FV3	2,5	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	0,0	3,0	2,0	2,5	0,0	3,0	0,0	Aroma a humedad, sabor a cacao con presencia de humedad,
FV5	3,5	2,0	0,0	3,8	0,0	1,5	2,3	3,5	2,5	3,0	0,0	0,0	0,0	Aroma a panela, sabor a cacao con especies, aceptables (canela)
KAA7	3,0	0,0	1,5	3,5	0,0	0,5	0,5	3,0	2,5	2,8	0,5	0,0	0,0	olor a humedad, sabor a cacao, con presencia de humedad, notas florales,
KAA5	4,0	1,5	0,0	4,0	0,0	0,0	1,0	2,5	2,0	2,0	0,0	1,5	0,0	Aroma plano, sabor cacao, con notas afrutadas, hay presencia de humedad

**Escala de calificación de cero a 10 puntos**

**Clasificación por color; Azul = Bueno;**

**Negro = Aceptable;**

**Rojo = Efecto Negativo**

**Responsable: Juan Jiménez**