

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**



**“OPTIMIZACIÓN SENSORIAL DE UNA MEZCLA SECA DE POLVO  
DE CACAO MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE  
RESPUESTA”**

**Presentado por:**

**ELENA GABRIELA CHAU LOO KUNG**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE  
MAGÍSTER SCIENTIAE EN TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

**Lima - Perú**

**2011**

# INDICE

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE ANEXOS

RESUMEN

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	3
2.1 EL CACAO	3
2.1.1 GENERALIDADES	3
2.1.2 TRANSFORMACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO	5
2.1.2.1 Selección	5
2.1.2.2 Limpieza	7
2.1.2.3 Tostado	7
2.1.2.4 Descascarillado	7
2.1.2.5 Molienda	8
2.1.2.6 Prensado	8
2.1.2.6 Pulverizado	8
2.1.3 PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS GRANOS DE CACAO	9
2.1.3.1 Polvo de cacao natural (Cocoa)	9
2.1.3.2 Polvo de cacao alcalinizado (Cocoa alcalinizada)	9
2.1.3.3 Manteca de cacao	11
2.1.4 USOS DE LA COCOA NATURAL Y COCOA ALCALINIZADA	11
2.1.5 MEZCLA SECA DE POLVO DE CACAO	11
2.1.6 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN POLVO DE CACAO	13
2.2 LECITINA	14
2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL	16
2.3.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA	16

2.3.2	MÉTODOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL	17
2.3.2.1	Pruebas Analíticas	17
2.3.2.2	Pruebas Afectivas	19
2.3.3	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS SENSORIALES	28
2.3.3.1	Datos de la forma rating	28
2.3.3.2	Datos groseros (Rank)	28
2.4	METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	30
2.4.1	DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA AJUSTAR SUPERFICIES DE RESPUESTA	32
2.4.1.1	Diseños para ajustar modelos de primer orden	32
2.4.1.2	Diseños para ajustar modelos de segundo orden	33
2.4.2	DISEÑO DE BOX-BEHNKEN	34
2.4.3	INVESTIGACIONES REALIZADAS CON METODOLOGÍA SUPERFICIE DE RESPUESTA EN OPTIMIZACIONES DE APLICACIONES SENSORIALES	35
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>37</b>
3.1	LUGAR DE EJECUCIÓN	37
3.2	MATERIA PRIMA	37
3.3	MATERIALES Y EQUIPOS	38
3.3.1	MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO	38
3.3.2	MATERIALES PARA LAS PRUEBAS SENSORIALES	38
3.3.3	MATERIALES PARA ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS	39
3.3.4	MATERIALES PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	39
3.4	MÉTODOS DE ANÁLISIS	39
3.4.1	MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	39
3.4.1.1	A la materia prima	39
3.4.1.2	A la mezcla seca de polvo de cacao	39
3.4.2	MÉTODOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS	40
3.4.3	EVALUACIÓN SENSORIAL	40

3.4.3.1	Planteamiento	40
3.4.3.2	Planificación	42
3.4.3.3	Ejecución de la prueba	44
3.4.3.4	Análisis de los datos	46
3.5	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	46
3.5.1	METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL POLVO DE CACAO	46
3.5.1.1	Recepción del grano de cacao	46
3.5.1.2	Secado	48
3.5.1.3	Almacenamiento del grano	48
3.5.1.4	Limpieza	48
3.5.1.5	Tostado	48
3.5.1.6	Enfriado	49
3.5.1.7	Descascarillado	49
3.5.1.8	Pre-molienda y refinado	49
3.5.1.9	Alcalinizado	49
3.5.1.10	Esterilizado	50
3.5.1.11	Batido	50
3.5.1.12	Prensado	50
3.5.1.13	Trozado	50
3.5.1.14	Pulverizado	50
3.5.1.15	Envasado	51
3.5.1.16	Almacenado	51
3.5.2	OBTENCIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA MEZCLA DE POLVO DE CACAO	51
3.5.3	OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA	54
3.6	DISEÑO EXPERIMENTAL	55
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1	OBTENCIÓN DEL POLVO DE CACAO	57
4.2	FORMULACIÓN DE MEZCLAS DE POLVO DE CACAO	58

4.2.1 PRUEBA DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LAS MEZCLAS DE POLVO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE LA ACEPTABILIDAD	59
4.3 OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE POLVO DE CACAO A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA	62
4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE LA MEZCLA OPTIMIZADA.	68
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>71</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>72</b>
<b>VII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>73</b>
<b>VIII. ANEXOS</b>	<b>80</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Nº CUADRO	TÍTULO	PAG.
Cuadro 1:	Composición química de los granos de cacao luego de su fermentación y secado	5
Cuadro 2:	Composición química del polvo de cacao natural y alcalinizado	10
Cuadro 3:	Categoría de productos a base de mezclas secas de polvo y manteca de cacao	12
Cuadro 4:	Usos de la lecitina	15
Cuadro 5:	Clasificación de los métodos y paneles de evaluación sensorial	18
Cuadro 6:	Características de los tipos de localización para las pruebas afectivas	23
Cuadro 7:	Matriz del Diseño de Box-Behnken para tres factores	35
Cuadro 8:	Códigos que identifican a los Tratamientos evaluados en la Prueba Sensoria	45
Cuadro 9:	Formulaciones de los tratamientos de mezclas de polvo de cacao reconstituidas (en porcentaje)	52
Cuadro 10:	Variables independientes, códigos y valores utilizados en la optimización	54
Cuadro 11:	Variables independientes y respuesta empleadas para el diseño Box-Behnken	55
Cuadro 12:	Diseño experimental de la investigación	56
Cuadro 13:	Resultados del control de calidad de las almendras de cacao.	57
Cuadro 14:	Análisis físico-químico y microbiológico de los tipos de polvo de cacao utilizados en las mezclas	58
Cuadro 15:	Promedio de los resultados de la prueba de aceptabilidad	60
Cuadro 16:	Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de las mezclas polvo de cacao según diseño Box-Behnken	63

Cuadro 17:	Análisis de varianza de la optimización de la aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao mediante superficie de respuesta	64
Cuadro 18:	Coefficientes de regresión para la aceptabilidad sensorial	66
Cuadro 19:	Respuesta optimizada de los factores para la máxima aceptabilidad	67
Cuadro 20:	Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la mezcla de polvo de cacao óptima	69

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Nº FIGURA</b>	<b>TÍTULO</b>	<b>PAG.</b>
Figura 1:	Flujo de transformación de granos de cacao	6
Figura 2:	Metodología general del análisis sensorial	41
Figura 3:	Diagrama de flujo en la obtención de polvo de cacao natural y alcalinizado	47
Figura 4:	Diagrama de flujo en la obtención de la mezcla de polvo de cacao	53
Figura 5:	Gráfico del efecto del tipo de polvo de cacao, concentración del polvo de cacao y concentración de lecitina en la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao	65
Figura 6:	Superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao	67
Figura 7:	Contornos de superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao	68

## INDICE DE ANEXOS

<b>Nº ANEXOS</b>	<b>TÍTULO</b>
Anexo 1:	Formato de evaluación de la prueba de grado de satisfacción
Anexo 2:	Construcción del diseño de bloques incompletos equilibrados para la prueba sensorial
Anexo 3:	Resultados de la prueba de grado de satisfacción en la evaluación de las mezclas de polvo de cacao
Anexo 4:	Resultados de los datos transformados (ln y) de la Prueba de grado de satisfacción en la evaluación de las mezclas de polvo de cacao
Anexo 5:	Resultados del Análisis de Varianza para la Prueba de grado de satisfacción
Anexo 6:	Resultados de la prueba de aceptabilidad en la evaluación de la mezcla de polvo de cacao optimizada

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal optimizar sensorialmente una mezcla seca de polvo de cacao mediante la metodología de superficie de respuesta

Se obtuvieron formulaciones de mezclas de polvo de cacao que incluyeron al polvo de cacao con diferente valor de pH, natural (pH 5) y alcalinizado (pH 6,5 y pH 8), y diferentes concentraciones 15, 17,5 y 20%, así mismo con concentraciones de lecitina de 0,1; 0,3; 0,5% manteniendo constante el contenido de azúcar (25%), vainillina (1%) y agua por diferencia del 100%, generándose un total de quince tratamientos a evaluar, según el diseño Box-Behnken para tres factores.

En la etapa de evaluación sensorial, los quince tratamientos de mezclas de polvo de cacao reconstituidas, fueron sometidos a pruebas de grado de satisfacción para establecer la aceptabilidad en general. En ésta prueba el tratamiento 9 que incluía polvo de cacao pH 6,5 en 17,5% de concentración y una concentración de lecitina de 0,3% obtuvo los mejores niveles de aceptabilidad.

Se realizó la optimización de la mezcla de polvo de cacao a través de la metodología de superficie de respuesta en el programa Statgraphics Plus 5.1 y se obtuvo que el tratamiento con máxima aceptabilidad corresponde a polvo de cacao pH 6,81 con una concentración 18,24% y lecitina de soya en un 0,28%, con tendencia a lo obtenido en las pruebas de grado de satisfacción.

Finalmente se caracterizó fisicoquímicamente y microbiológicamente a la formulación óptima así mismo se le evaluó sensorialmente obteniendo una aceptabilidad de 6,17.

## ABSTRACT

The present research work had as main objective optimizing sensory a dry mixture of cacao powder by means of the response surface methodology.

There were obtained formulations of cacao powder mixtures that included cacao powder with different pH values, natural (pH 5) and alkalized (pH 6,5 and pH 8), and different concentrations 15, 17,5 and 20%, as well as with lecithin concentrations of 0,1; 0,3; 0,5% maintaining constant the contents of sugar (25%), vanilla (1%) and water by difference of the 100%, generating a total of fifteen treatment to be evaluated, according to the Box-Behnken design for three factors.

In the sensory evaluation stage, the fifteen treatments of reconstituted cacao powder mixtures underwent satisfaction grade tests to establish the acceptability in general. In this test, the treatment 9 that included cacao powder pH 6.5 in 17,5% of concentration and a lecithin concentration of 0,3% obtained the best acceptability levels.

The cocoa powder mixture optimization was done through the response surface methodology in the software Statgraphics Plus 5.1 and it was obtained that the treatment with maximum acceptability corresponds to cacao powder pH 6,81 with concentration 18,24% and soy lecithin in a 0,28%, with tendency to what was obtained in the satisfaction level tests.

Finally, the optimum formulation was characterized in a physical-chemistry and microbiological way, as well as being evaluated sensory obtaining an acceptability of 6,17.

## I. INTRODUCCIÓN

Es un hecho que la exigencia del consumidor actual por nuevos y mejores productos alimenticios, junto con la rapidez con que se producen los cambios de gustos y preferencias, genera una permanente necesidad de innovar en el desarrollo de productos. Esta necesidad de innovación va más allá de la inocuidad de los alimentos y contempla también la calidad sensorial. La industria alimentaria, por lo tanto, debe responder a éstas exigencias optimizando la calidad sensorial de los productos, lo que se traduce en maximizar el valor de la aceptación del alimento obtenido a partir de unos ingredientes determinados, sin que ello suponga un coste excesivo de la producción (Witting de Pena y Villaroel, 2001).

El mercado de los productos del cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los más importantes en el ámbito de la industria alimentaria local y mundial (PDA-MINAG, 2004). Tiene su base en las semillas de esta especie, de las que a su vez se obtienen productos de gran demanda como insumos industriales tales como el polvo de cacao o la manteca de cacao. Para citar un ejemplo, a partir de estos últimos se elabora el chocolate. En tal sentido una variedad siempre creciente de alimentos contiene o está hecho a base de polvo de cacao. La calidad de este insumo dependerá del cuidado y destreza con la que se procesan las almendras del cacao después de la recolección, fermentación, secado, tostado y desgrasado parcial por retiro de la manteca (Pezo, 1998). Este polvo fino presenta el problema de no tener una buena dispersabilidad en agua pues precipita o simplemente no se disuelve por completo. Una de las medidas efectivas para remediar dicha situación es la alcalinización que permite modificar la dispersabilidad, sabor y color del polvo de cacao provocando un color más oscuro (dependiente del grado de alcalinización) y un sabor más suave y menos mordiente que la cocoa natural.

Cuando el polvo de cacao es altamente alcalino (pH 8,5) produce un perfil de sabor más intenso y un aspecto más oscuro que el obtenido directamente por molienda de grano, el cual se ajusta a la percepción de consumidor para chocolate negro. El polvo de cacao ligeramente alcalino (pH alrededor de 7) produce un perfil de sabor más ligero, parecido al del chocolate con leche (Groot, 2004).

El polvo de cacao es parcialmente soluble en agua y lo mismo ocurre con la leche, pues tiene un alto contenido de agua. Para mejorar la solubilidad o humectabilidad, se suele hacer uso de emulsificantes como la lecitina o monodestilados y diglicéridos, que transforman el polvo hidrofóbico en hidrofílico. La capacidad dispersora del polvo de cacao puede también mejorarse si es usado en conjunción con ingredientes como el azúcar en mezclas secas, recubriendo las partículas de azúcar con polvo de cacao en un proceso llamado aglomeración. Esto evita que las partículas de azúcar y el polvo de cacao se dispersen por separado. El polvo de cacao en mezclas secas no actúa de forma aislada. Su efecto en el producto final está intrínsecamente relacionado con su interacción con los otros ingredientes de la mezcla (Groot, 2004).

En la formulación o proceso de producción de productos alimenticios es necesario analizar la influencia de más de una variable en su obtención. La formulación del producto mezcla a base de polvo de cacao requiere un enfoque multivariable, se recurre a la metodología de superficie respuesta como herramienta para la optimización de las variables anteriormente citadas (Choi *et al.*, 2002; Gonzales *et al.*, 2000; Kuehl, 2001).

En virtud a lo anteriormente tratado, el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal optimizar sensorialmente una mezcla seca de polvo de cacao mediante la metodología de superficie de respuesta y como objetivos específicos:

- Determinar sensorialmente la aceptabilidad de formulaciones de mezclas secas de polvo de cacao considerando el tipo de polvo de cacao, el contenido de polvo de cacao y contenido de lecitina de soya.
- Optimizar la mezcla seca de polvo de cacao mediante la metodología de superficie de respuesta maximizando su aceptabilidad.
- Determinar las características fisicoquímicas, microbiológicas y la aceptabilidad sensorial de la mezcla optimizada.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 EL CACAO

#### 2.1.1 GENERALIDADES

Los granos de cacao son las semillas del árbol *Theobroma cacao* L, es originario de América Central y del Sur, aunque hoy se cultiva comercialmente en aquellas áreas que tienen temperatura media elevada ( $\geq 27^{\circ}\text{C}$ ) a lo largo de todo el año y una alta y constante humedad relativa originada por las abundantes precipitaciones (1,500 – 25,000 mm). Los árboles son relativamente pequeños, entre 12 – 15 m de altura y crecen de modo natural en el nivel inferior de la selva tropical perenne. Los árboles comienzan a producir mazorcas de cacao tras 2 ó 3 años, pero el rendimiento pleno lo alcanzan hasta los 6 – 7 años (Beckett, 2000).

Existen tres tipos de cacao, el Criollo tiene habas con cotiledones blancos y un flavor intermedio, la mayoría de cacao es Forastero, que es el de mayor resistencia y a menudo se cultiva en África occidental y el tercer tipo, el Trinitario, se piensa que es un híbrido de los otros dos tipos (Hardy, 1970).

Los granos o habas de cacao se desarrollan en unas pequeñas mazorcas verdes llamadas *cherelles*, pero les lleva entre 5 y 6 meses desarrollarse en su estado maduro con una longitud de entre 100 y 350 mm. Su peso varía entre 200 g hasta más de 1 kg y se presentan en una amplia diversidad de formas y colores dependiendo de la variedad. Cada mazorca contiene entre 30 y 45 granos o habas de cacao. Las mazorcas se separan

cuidadosamente del árbol con un machete, allí donde se alcance. Normalmente se recolectan las mazorcas cada 2-4 semanas durante un periodo de varios meses ya que no todas ellas maduran a la vez. Las mazorcas se abren con el machete o bien se cascan con una maza de madera. Las habas son de forma ovalada y están recubiertas con una pulpa blanca (mucílago). Las habas se separan a mano de la mayor parte de la pulpa (Beckett, 2000).

Cada haba o semilla consta de una cáscara externa o testa que rodea los dos cotiledones (llamados granos o almendras) y del pequeño germen (embrión de la planta), todos cubiertos por la piel (cáscara). Los cotiledones almacenan el alimento para el desarrollo de la planta y dan lugar a las dos primeras hojas de la misma cuando la semilla germina. El almacén de alimentos consta de grasa, conocida como manteca de cacao, que conforma casi la mitad del peso seco de la semilla. La cantidad de grasa y sus propiedades, tales como su punto de fusión y dureza, dependen de la variedad de cacao y de las condiciones ambientales (Rodríguez, 2007). El contenido de humedad del haba en esta etapa es de cerca del 65% (Beckett, 2000).

Según Rodríguez *et al.* (2004), con el fin de utilizar los granos de cacao, las semillas son fermentadas, lo que causa diversos cambios químicos tanto en la pulpa que las rodea como dentro de ellas mismas. Estos cambios producen el desarrollo del sabor a chocolate así como el cambio de color de las semillas. A continuación, las semillas son secadas y enviadas a la planta de procesamiento para ser dispuestas como materia prima para la producción de la masa de cacao, del cacao en polvo y de la manteca. La primera etapa del proceso incluye el tostado de los granos para producir el cambio en el color y en el sabor, además de la remoción de la cáscara. Posterior a estas operaciones, se lleva a cabo un proceso de alcalinización con el fin de alterar el sabor y el color.

La composición física y química de los granos de cacao y de sus subproductos es muy compleja, cambiando a lo largo del crecimiento del grano, y dependiendo del proceso al cual éste es sometido. En el Cuadro 1 se presenta la composición química de los granos de cacao luego de su fermentación y secado, composición que variará dependiendo del tipo de grano, la calidad de la fermentación y secado y del posterior procesamiento del mismo (Minifie, 1989).

**Cuadro 1: Composición química de los granos de cacao luego de su fermentación y secado.**

Componentes	Cotiledón o grano sin cáscara (%)	Cáscara (%)
Agua	3,2	6,6
Grasa (manteca de cacao, grasa de la cáscara)	5,7	5,9
Cenizas	4,2	20,7
Nitrógeno total	2,5	3,2
Teobromina	1,3	0,9
Cafeína	0,7	0,3
Almidón	9	5,2
Fibra cruda	3,2	19,2

FUENTE: Minifie (1989)

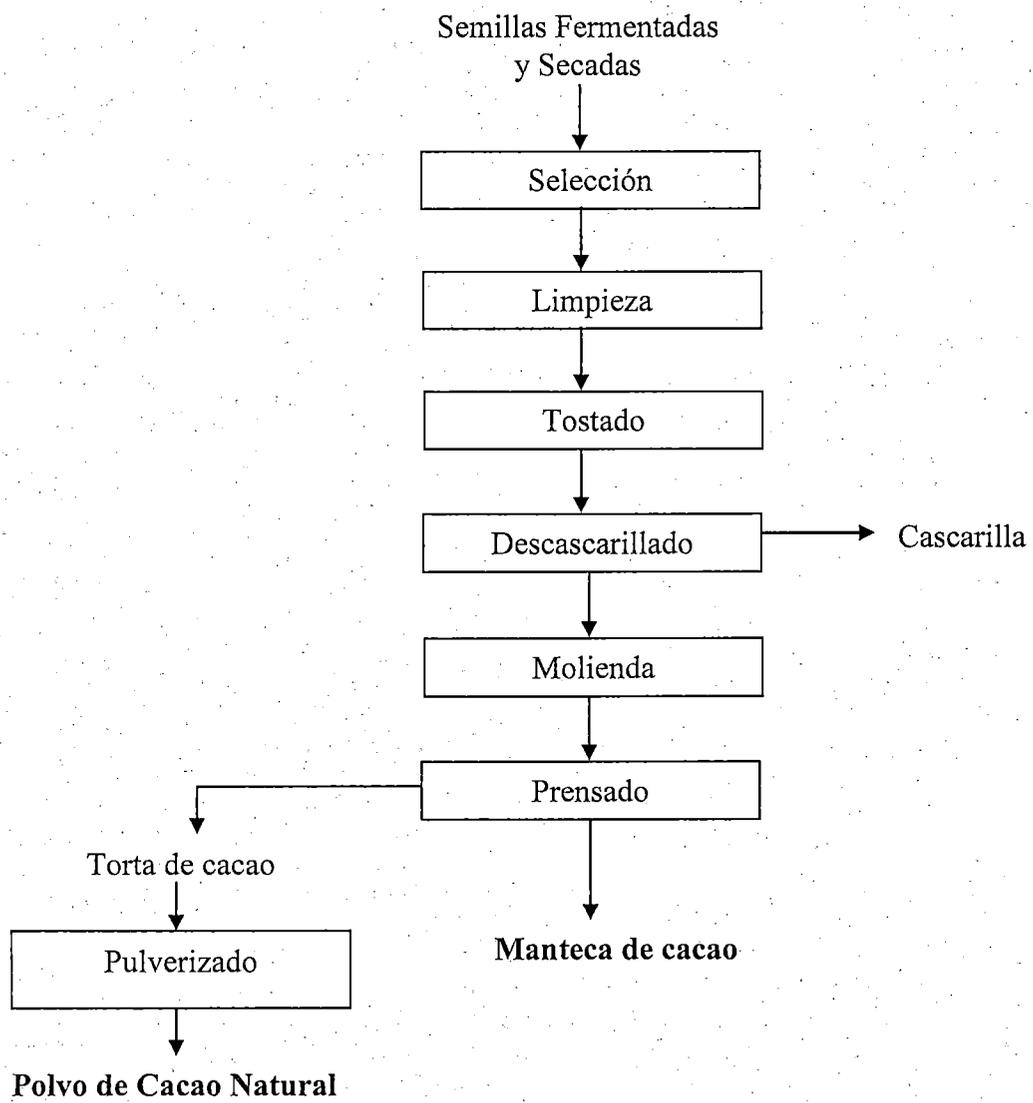
## 2.1.2 TRANSFORMACIÓN DE LOS GRANOS DE CACAO

En la Figura 1 se muestra el flujo de transformación de los granos de cacao para la obtención de subproductos a ser empleados en la industria alimentaria. A continuación se describe cada una de las operaciones a seguir.

### 2.1.2.1 SELECCIÓN

La selección de los granos se realiza con la finalidad de agruparlos en aquellos que presentan características similares y con ello poder regular los parámetros de las operaciones del proceso a seguir. La selección se realiza manualmente permitiendo hacer una clasificación por tipo de almendras (Ordoñez, 1994):

- Almendras totalmente fermentadas
- Almendras no fermentadas
- Almendras enmohecidas



FUENTE: Ordoñez (1994)

**Figura 1: Flujo de transformación de granos de cacao**

- Almendras apizarradas
- Almendras ahumadas y
- Almendras germinadas.

#### **2.1.2.2 LIMPIEZA**

La limpieza permite separar la suciedad y otros alimentos que no deban formar parte de las habas de cacao, en razón a que el secado, por lo general, se realiza directamente sobre el suelo, por lo tanto a menudo se puede encontrar arena, piedras, estructuras metálicas pequeñas, etc. Son diferentes los procedimientos a seguir en la limpieza, los que se combinan para eliminar eficazmente los diferentes tipos de contaminantes. La separación de la arena puede realizarse mediante un tamizado con sistema que haga vibrar la materia prima en una rejilla. Los metales son retirados con la presencia de imanes, mientras que el polvo se puede retirar por succión (Beckett, 2000).

#### **2.1.2.3 TOSTADO**

La finalidad de esta operación es la de modificar los precursores del flavor de los granos de cacao para dar origen a los productos químicos que realmente le confieren el conjunto de descriptores de sabor a chocolate. Según Bried (1991) para el desarrollo del flavor de cocoa es necesario una temperatura de tostado entre 110 y 140 °C. Esta temperatura óptima de tostado dependerá del tamaño de las almendras, tipo y origen geográfico del cacao.

#### **2.1.2.4 DESCASCARILLADO**

Es la operación a través de la cual se separa la cáscara y parte del germen del resto del haba de cacao. Es deseable mantener los cotiledones centrales (grano) en trozos lo más grande posibles de manera que se puedan separar con mayor facilidad de la cáscara. Los trozos pequeños que permanezcan con la cáscara serán descartados con ella, así que económicamente resulta muy importante realizar el descascarillado de modo correcto. Asimismo las habas rotas se separan al principio, y para prevenir que se rompan aún más y

van directamente al proceso de separación. El resto de las habas se rompen, a menudo lanzándolas una a una a gran velocidad sobre placas de impacto y de ahí pasan a tamices vibratorios (Beckett, 2000).

#### **2.1.2.5 MOLIENDA**

Con la molienda se logra obtener el primer producto del cacao denominado licor o pasta de cacao, mediante la ruptura de las paredes celulares de la almendra tostada y descascarillada y el calor de fricción que se desarrolla, haciendo un producto con características altamente viscosas. Esta operación se realiza en un molino de martillos Ordoñez (1994).

#### **2.1.2.6 PRENSADO**

Operación que consiste en separar la manteca del licor de cacao. Se realiza empleando una prensa hidráulica a una presión entre 400 a 500 atm y una temperatura de 100 a 120°C (Madrid y Madrid, 1990).

La manteca es extraída en forma líquida para ser pesada y finalmente se extrae las tortas de cacao en forma de discos. De la cantidad que ingresa al prensador se espera que el rendimiento de manteca llegue a un promedio de 41% y 39% de torta de cacao (Ordoñez, 1994).

#### **2.1.2.7 PULVERIZADO**

El pulverizado o trituración de la torta de cacao obtenida en forma de discos compactos procedentes del prensado, se realiza con el objetivo de obtener partículas finas denominadas polvo de cacao hasta un 98-99 % de fineza. Dicha operación se realiza en un sistema circulatorio de aire y martillos (Beckett, 2000).

### **2.1.3 PRODUCTOS DERIVADOS DE LOS GRANOS DE CACAO**

INDECOPI (2007) establece que dentro de los productos obtenidos a partir de la torta de cacao, se encuentran: “cacao en polvo”, “cacao en polvo rebajado en grasa” y el “cacao en polvo sumamente rebajado en grasa”.

Asimismo como parte del procesamiento del cacao se obtiene adicionalmente la manteca de cacao (Desrosier, 1996).

#### **2.1.3.1 POLVO DE CACAO NATURAL (COCOA)**

El polvo de cacao natural (cocoa), es el producto obtenido a partir de la pulverización con o sin desgrase previo, de la pasta de cacao, con la condición que contenga como mínimo 18% de manteca de cacao, calculado sobre la materia seca (Madrid y Madrid, 1990).

Asimismo el Codex Stan 105-1981 establece que el polvo de cacao debe contener como mínimo 20% m/m de manteca de cacao (calculado en función al extracto seco), así como una humedad de 7% m/m como máximo (Codex Alimentarius, 1981).

Beckett (1994) señala que el cacao en polvo se obtiene a partir de la pasta de cacao preparada con habas de cacao que únicamente han sido tostadas, es decir de cacao sin alcalinizar (sin solubilizar).

Minifie (1989) menciona que la cocoa natural debe tener un pH entre 5 a 5,7 y cenizas de 5 a 5,5%.

#### **2.1.3.2 POLVO DE CACAO ALCALINIZADO (COCOA ALCALINIZADA)**

El polvo de cacao alcalinizado, es aquel producto obtenido a partir del polvo de cacao natural, siguiendo un método de alcalinización sea Holandés o análogo, empleando

una cantidad de álcali suficiente para neutralizar la acidez natural, con la condición de que el producto resultante sea ligeramente alcalino (Minifie, 1989).

En el Cuadro 2, se muestra la composición química del polvo de cacao natural y alcalinizado.

Según Minifie (1989) la alcalinización puede ser especificada de muchas formas, por el tipo de álcali, el contenido de álcali a ser usado, pero básicamente se considera la determinación de pH y contenido de ceniza. Por lo que cocoas alcalinizadas deben tener pH ente 6,5 a 8 y un contenido de ceniza de 6,5 a 8,5%.

**Cuadro 2: Composición química del polvo de cacao natural y alcalinizado**

<b>Componentes</b>	<b>Polvo de Cacao Natural (%)</b>	<b>Polvo de Cacao Alcalinizado (%)</b>
Cenizas	6,30	10,30
Theobromina	2,90	2,80
Cafeína	0,50	0,50
Polihidroxifenoles	14,60	14,00
Proteínas	28,10	27,00
Azúcar	2,40	2,30
Celulosa	22,00	21,20
Pentosanas	3,70	3,40
Ácidos	3,70	3,40
Otras sustancias	1,20	

FUENTE: Desrosier (1996).

La alcalinización se lleva a cabo para modificar el sabor y el color de la cocoa. El color se hace más oscuro dependiendo del grado de alcalinización y el sabor se hace más suave y menos mordiente que la cocoa natural. No hay aumento de solubilidad, pero la miscibilidad y la dispersabilidad de la cocoa alcalinizada se mejora (Desrosier, 1996).

Según Beckett (2000) la razón de realizar el proceso de alcalinización es la de hacer que el polvo se aglomere menos o evitar que precipite en el fondo, cuando se añade a la leche o a una bebida con base acuosa.

### **2.1.3.3 MANTECA DE CACAO**

Según Madrid y Madrid (1990), la manteca de cacao es la materia grasa obtenida de las semillas del cacao. Es una masa sólida que se funde a unos 29°C, el color es blanco o amarillento y con olor y sabor a cacao. Una manteca de buena calidad debe tener una acidez inferior al 2% expresado en ácido oleico. Por su forma de extracción puede distinguirse como manteca de cacao de presión, manteca de cacao de torsión y manteca de cacao refinada.

### **2.1.4 USOS DE LA COCOA NATURAL Y COCOA ALCALINIZADA**

Desrosier (1996) señala que durante el proceso de alcalinización, en general el pH se eleva sobre 7,0, siendo esta cocoa utilizada en alimentos más dulces como bebidas de chocolate, repostería y helados, la cocoa sometida al proceso natural se prefiere en alimentos muy dulces y glaseados; mientras que para jarabes y aderezos con frecuencia se utiliza mezclas de cocoa natural y alcalinizada.

Con su amplia gama de coloraciones, el cacao en polvo es un ingrediente muy codiciado, que se puede utilizar en formas muy variadas en la industria de la alimentación, por ejemplo para la producción de materiales de recubrimiento, de relleno de preparaciones prefabricadas de pastelería, polvos para bebidas, galletas, etc. (Beckett, 1994).

### **2.1.5 MEZCLA SECA DE POLVO DE CACAO**

Se define como mezcla seca de polvo de cacao azucarado a la mezcla que contiene como máximo 20% m/m de cacao en polvo calculado referido al extracto seco (INDECOPI, 2007).

Beckett (2000) menciona que una cantidad muy importante de cacao en polvo se emplea para fabricar bebidas a base de mezclas secas de cacao que contienen: azúcar, cacao en polvo y lecitina.

En el Cuadro 3 se muestra la categoría de productos que se pueden obtener en función al contenido de mezclas secas de polvo de cacao y al contenido de manteca de cacao.

**Cuadro 3: Categoría de productos a base de mezclas secas de polvo y manteca de cacao**

		Contenido de Manteca de Cacao (Expresado en contenido mínimo de cacao en polvo, referido al extracto)		
		= 20 % m/m	= 10% m/m, pero < 20% m/m	< 10 % m/m
Cacao en Polvo Únicamente		Cacao en polvo	Cacao en polvo reducido en grasa	Cacao en polvo sumamente reducido en grasa
Contenido del cacao en Polvo de las Mezclas Secas	No menor de 25% m/m	Cacao edulcorado	Cacao edulcorado reducido en grasa	Cacao edulcorado sumamente reducido en grasa
		Cacao edulcorado en polvo	Cacao edulcorado en polvo reducido en grasa	Cacao edulcorado en polvo, sumamente reducido en grasa
		Chocolate para beber	Chocolate para beber reducido en grasa	Chocolate para beber sumamente reducido en grasa
	No menor de 20% m/m	Mezcla de cacao edulcorado	Mezcla edulcorada de cacao, reducida en grasa	Mezcla edulcorada de cacao, sumamente reducida en grasa
		Mezcla edulcorada con sabor a cacao	Mezcla edulcorada con cacao, reducida en grasa	Mezcla edulcorada de cacao, sumamente reducida en grasa
	Menor a 20% m/m	Mezcla edulcorada con sabor a cacao	Mezcla edulcorada con sabor a cacao, reducida en grasa	Mezcla edulcorada con sabor a cacao, sumamente reducida en grasa

FUENTE: INDECOPI (2007)

## 2.1.6 INVESTIGACIONES REALIZADAS EN POLVO DE CACAO

Shittu y Lawal (2006) determinaron los factores físicos y químicos que afectan las propiedades de una bebida de polvo de cacao, encontrando los niveles de componentes químicos, como humedad, grasas y azúcar los cuales variaron de 0,8 a 3,6%; de 2 a 10,4% y de 52,4 a 90,5% respectivamente. Las propiedades físicas variaron: la densidad aparente de 0,49 a 0,81 g/cm<sup>3</sup>, el ángulo de reposo de 25 a 37,7°, el tamaño promedio de las partículas de 0,031 a 0,796 mm y el índice de uniformidad de los productos de 6,25 a 7,44 respectivamente. Las propiedades instantáneas, tales como humedad, dispersión y solubilidad oscilaron entre 10,7 a 21,7 s. 50 a 94,5% y 44,2 a 76,6% respectivamente. Estas propiedades difirieron significativamente ( $p < 0,05$ ) entre las 10 muestras comerciales de bebida de polvo de cacao estudiadas.

Bispo *et al.* (2005) utilizaron un Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA) para la caracterización de las muestras de cacao en polvo del proceso de alcalinización de las semillas de cacao. Las variables independientes fueron los rangos de temperatura desde 60 hasta 120 ° C, de 30 a 150 min y la concentración de K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> de 1,22 a 4,78%. Probaron ocho muestras de cacao en polvo obtenidas experimentalmente y dos muestras de las marcas comerciales. El análisis del aroma se realizó directamente en los polvos de cacao alcalinizada y los otros atributos en forma de bebida de chocolate. Este estudio se realizó con doce panelistas entrenados, los mismos que describieron tres términos para el aroma (alcalinas, chocolate y quemados) y doce para las bebidas de chocolate (solubilidad, marrón, chocolate rojizo marrón, caramelo quemado, dulce, astringente, salado alcalino, amargo, y el cuerpo). Las evaluaciones de las muestras se realizaron con tres repeticiones y monádica en cabinas. Las evaluaciones de los aromas de cacao en polvo mostraron una relación directa entre el aroma y el contenido de álcali, temperatura y tiempo de proceso.

Rodríguez *et al.* (2004) determinaron el tipo de polvo de cacao (cocoa) a utilizar en la elaboración de la leche saborizada, evaluando las características físicas, químicas y sensoriales del producto, encontrando que el tipo de cocoa alcalino con un 0,07% de carragenano es la mejor para la elaboración de leche saborizada con excelentes características sensoriales.

Según Groot (2004), los criterios de selección más importantes para el polvo de cacao son el sabor, el color, la alcalinidad, la finura, el contenido de grasa y la capacidad humidificadora. El sabor a cacao de la mezcla en polvo se desarrolla durante la fermentación y el proceso de los granos de cacao, particularmente el tostado y la alcalinización. Los polvos no alcalinizados tienen un sabor a cacao frutoso con notas ácidas, los polvos ligeramente alcalinizados tienen un sabor suave mientras que los polvos altamente alcalinizados tienen un sabor a cacao y una amargura más pronunciados. Una forma básica de alterar la percepción del sabor de un producto final es mediante la variación de las dosis de cacao en polvo en la mezcla.

Rodríguez (2007), señala que el polvo de cacao bajo en grasas no se mezcla bien por sí misma con agua o con leche; de modo que se requiere un agente humectante que suele ser lecitina, grasa vegetal de la que se ha dicho que es el supremo emulsificador y un agente de acción superficial de la naturaleza. La lecitina se puede usar como sustituto barato de la costosa manteca de cacao que se prefiere vender por separado antes que añadirse a su producto.

## 2.2 LECITINA

La lecitina es el único emulsionante totalmente natural de uso comercial. La estructura de la molécula es un fosfátido formado por un diglicérido (que puede contener los ácidos grasos esteárico, palmítico y oleico) y la base nitrogenada colina unida al glicerol por un grupo fosfato (Cubero *et al.*, 2002).

Multon (2000) señala que son mezclas complejas en las que la fosfatidilcolina (PC), la fosfatidiletanolamina (PE) y el fosfatidilinositol (PI) son los principales fosfolípidos presentes en proporciones aproximadamente iguales.

La lecitina es comercialmente aislada principalmente a partir de los granos de soja o de la yema de huevo. La composición química de estos dos productos depende de las fuentes, lo cual determina sus posteriores aplicaciones (Belitz y Grosch, 1992).

La lecitina desempeña un papel importante en las propiedades de textura de los alimentos; actúan como emulsionantes debido a que su molécula contiene una parte hidrófoba y otra hidrófila. Actúa como emulsificante y estabilizante de mezclas agua-aceite/grasa (Badui, 1993). Además, es utilizada como emulsionante en la industria del chocolate, en repostería, pastelería, fabricación de galletas, etc. También se utiliza en algunos tipos de pan, y en margarinas, caramelos, grasas comestibles y sopas, entre otros. Es también el agente instantaneizador más utilizado en productos tales como el cacao en polvo para desayuno.

Los usos alimentarios de la lecitina son diversos, en el Cuadro 4 se muestra los usos comunes.

**Cuadro 4: Usos de la lecitina**

Usos	Acciones	Concentración	Propiedades
Margarina	Emulgentes agua en aceite Agente antisalpicante Agente antipardeante	0,12 a 0,5%	La concentración depende de las exigencias desde el punto de la estabilidad de la emulsión y del tipo de lecitina utilizada.
Chocolatería	Reducir la viscosidad por mezclado y dispersión	0,3 – 0,5 %	Más eficaz y más barato que la manteca de cacao
Productos de panadería y pastelería.	Modifica las características del gluten de la harina Agente mezclante Emulgente y antioxidante	0,1 -0,3% En relación con la harina	Existen harinas con lecitina. La lecitina estabiliza el pan.
Productos de confitería	Agente mezclante y antioxidante	Variable	Utilizado en la industria de caramelos y gomas de mascar. Facilita la mezcla de azúcar, grasas y agua.

FUENTE: Mordret y Helmet 1975 citado por Multon (2000).

## 2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL

### 2.3.1 DEFINICIÓN E IMPORTANCIA

Es una disciplina científica usada para evocar, medir, analizar e interpretar reacciones a las características de los alimentos y materiales los cuales son percibidos por los sentidos del olfato, gusto, tacto, vista y oído (IFT, 1981).

Según Liria (2007) la evaluación sensorial también proporciona información sobre la calidad de los alimentos evaluados y las expectativas de aceptabilidad de parte del consumidor. La calidad de un alimento está determinada por diferentes aspectos: cantidad y calidad de los nutrientes que lo contienen y la calidad y seguridad sanitaria. Sin embargo lo que determinará la aceptación o rechazo del mismo está relacionado con la percepción subjetiva del consumidor, es decir aspectos ligados a la preferencia del color, sabor, textura, consistencia, presentación, etc. del producto. Por ello es importante que al introducir un alimento al mercado o cambiar algún aspecto del mismo, se deban realizar pruebas sensoriales al grupo al cual va dirigido el alimento, es decir al grupo objetivo de consumidores.

Según Sancho *et al.* (2002), la evaluación sensorial se puede utilizar con distintos objetivos.

- Caracterización de los cambios sensoriales en los alimentos o materias primas atribuibles a procesados o a variaciones naturales.
- Distinción entre lotes o proveedores de un mismo producto.
- Decidir si la calidad de un producto determinado puede representarse por sencillo índice numérico o es multidimensional.
- Clasificar a los productos de acuerdo con la calidad establecida.
- Obtener información sobre la capacidad de discriminación o aceptación de diferentes grupos sociales de consumidores frente a variaciones o nuevos tipos de productos acabados.

## **2.3.2 MÉTODOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

Según Watts *et al.* (1992), las pruebas sensoriales pueden describirse o clasificarse de diferentes formas. Los expertos en estadística las clasifican en pruebas paramétricas y no-paramétricas, de acuerdo al tipo de datos obtenidos con la prueba. Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos las clasifican en pruebas afectivas (orientadas al consumidor) y analíticas (orientadas al producto), en base al objetivo de la prueba.

Como se aprecia en el Cuadro 5 la IFT (1981) considera 2 grandes grupos: pruebas analíticas y pruebas afectivas.

### **2.3.2.1 PRUEBAS ANALÍTICAS**

Se aplican a productos en laboratorios de evaluación sensorial en términos de diferencia o similitudes, identificación y cuantificación de características sensoriales. En este tipo de pruebas se usan panelistas entrenados y/o experimentados. El entrenamiento familiariza a panelistas con procedimientos de pruebas e incrementa su capacidad para reconocer, identificar y evocar características sensoriales (IFT, 1981).

Las pruebas analíticas se pueden clasificar en:

#### **a. PRUEBAS DISCRIMINATIVAS**

Las pruebas discriminativas son aquellas en las que no se requiere conocer la sensación subjetiva que produce un alimento a una persona, sino que se desea establecer si hay diferencias o no entre dos o más muestras y, en algunos casos, la magnitud o importancia de esta diferencia (Anzaldúa-Morales, 1994).

**Cuadro 5: Clasificación de los métodos y paneles de evaluación sensorial**

Clasificación de los Métodos por su Función		Métodos Apropriados	Tipo y Número de Panelista
<b>ANALÍTICOS</b> Evalúa diferencia o similitud calidad y/o cantidad de características sensoriales de un producto.	1. Discriminativos a. Diferencia: Medir simplemente si las muestras son diferentes	Comparación pareada Dúo Trío Triángulo Ordenación Diferencias de clasificación Diferencia escalar de control	Seleccionado por su interés, habilidad para discriminar diferencias y resultados reproducibles. Entrenados para funcionar como un instrumento analítico humano. Recalificación periódica. El tamaño del panel depende de la variabilidad del producto y reproducibilidad de los jueces. No se recomienda un número mágico. A menudo se usa 10, el mínimo recomendado es 5, menos indicaría mucha dependencia sobre cada respuesta de los panelistas.
	b. Sensibilidad: Medir la habilidad de los panelistas para detectar características sensoriales	Umbral Dilución	
	2. Descriptivos: Medición de las características cualitativas y/o cuantitativas	Clasificación por atributos. Escala de categorías Escala de proporciones (Estimación de magnitud) Análisis descriptivo: - Perfil de sabor - Perfil de textura - Análisis Descriptivo Cuantitativo	
<b>AFFECTIVOS</b> Evalúan la preferencia y/o aceptación y/o opinión de un producto.		Preferencia pareada Puntuación Clasificación: - Escala hedónica (verbal o facial). - Escala de acción hacia el alimento.	Seleccionados randomizadamente. No entrenados. Grupo representativo de una población. Consumidores del producto a evaluar. No se recomienda un número mágico, mínimo 24 panelistas; 50 a 100 panelistas.

FUENTE: IFT (1981)

### b. PRUEBAS DESCRIPTIVAS

En las pruebas descriptivas se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible. Aquí no son importantes las preferencias o

aversiones de los jueces, y no es tan importante saber si las diferencias entre las muestras son detectadas, sino cual es la magnitud o intensidad de los atributos del alimento (Pedrero y Pangborn, 1996).

Las pruebas descriptivas, por lo tanto, proporcionan mucha más información acerca del producto que las otras pruebas; sin embargo, son más difíciles de realizar, el entrenamiento de los jueces debe ser más intenso monitorizado, y la interpretación de los resultados es ligeramente más laboriosa que en los otros tipos de pruebas (Anzaldúa-Morales, 1994).

### **2.3.2.2 PRUEBAS AFECTIVAS**

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o disgusta, si lo acepta o rechaza (Anzaldúa-Morales, 1994).

Las pruebas afectivas o pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados (Watts *et al.*, 1992).

Por la naturaleza de la información que proporcionan, las pruebas de consumidores son una herramienta muy efectiva en el diseño de productos, por lo que cada vez se utilizan con mayor frecuencia. En efecto, son los consumidores los que en última instancia convierten un producto en éxito o fracaso en el mercado. Por lo tanto, para poder desarrollar nuevos productos con éxito, las empresas deben conseguir un conocimiento profundo de “la voz de los consumidores” (Van Kleef *et al.*, 2005). Las empresas han ido tomando conciencia de este concepto, y cada vez son más las que emplean pruebas de consumidores en diferentes fases del proceso de desarrollo de productos.

Las razones por las cuales se realizan pruebas a los consumidores son:

- Investigación de un mercado potencial

Constituye un trabajo más concerniente al departamento de Marketing; donde se tendrá en cuenta aspectos del diseño experimental, elaboración de un cuestionario; aspectos de la metodología de pruebas y la recolección de datos. Respecto al cuestionario, deberá obtener información sobre los hábitos de compra, la alimentación y los efectos que tiene la publicidad y empaque; aspectos que son críticos para la aceptabilidad de los productos de marca (Meilgaard *et al.*, 1991).

- Desarrollo de un nuevo producto

Amerine *et al.* (1965) establecen que el desarrollo de nuevos productos se refiere a innovaciones en el sabor, color, empaçado y distribución; que conseguirán la aprobación del consumidor en el futuro.

Según Meilgaard *et al.* (1991) durante el ciclo de desarrollo de un nuevo producto, se requieren pruebas afectivas en varias etapas críticas:

- Al evaluar un prototipo, se usa la metodología del Focus Group, donde el producto es presentado para que lo vean y lo toquen.
- Pruebas de localización central, con el fin de comparar con la competencia y confirmar características del producto que ofrezcan una ventaja competitiva frente a otras marcas.
- Pruebas del tipo de localización central así como pruebas En casa, para determinar el nivel de éxito que posee la competencia, mientras el producto lo va alcanzando.

- Mejora y optimización del producto

Según Meilgaard *et al.* (1991) indican que mejorar un producto implica ajustar o aumentar los atributos clave del producto; por otro lado la optimización consiste en tratar de manipular unas cuantas variables de ingredientes o procesos para mejorar atributos deseados e intensificar la aceptabilidad de un consumidor.

Las pruebas afectivas a realizar en el caso de mejorar un producto serán aquellas que determinen el grado de mejoría del mismo y su efecto en los puntajes de aceptabilidad o preferencia; en el caso de optimizar el producto las pruebas se conducen con el fin de que

los consumidores detecten cambios en los atributos y determinen si se superan los puntajes generales.

- **Control de calidad de productos**

Las pruebas de preferencia pueden servir como una medida de control para asegurar la uniformidad y mantenimiento del producto con un estándar, así el fabricante consigue que el consumidor elija su producto contra aquel de la competencia sin que se conozca de éste último su identidad (Amerine *et al.*, 1965).

- **Efecto de campañas y programas educacionales**

Las encuestas en pruebas con consumidores se usan para educar en el consumo de productos, alguno de ellos nutricionalmente favorables para la población. Con esto, algunos productores pueden investigar condiciones del mercado y eliminar así productos de consumo en decadencia (Amerine *et al.*, 1965).

**a. REQUERIMIENTOS PARA LA REALIZACIÓN DE PRUEBAS AFECTIVAS**

- **Panelistas**

Se tratan de personas que no tienen que ver con las pruebas, ni trabajan con alimentos como investigadores o empleados de fábricas procesadoras de alimentos, ni han efectuado evaluaciones sensoriales periódicas. Por lo general son tomados al azar, ya sea en la calle, o en una tienda, escuela, etc. (Anzaldúa-Morales, 1994).

Los consumidores son considerados panelistas del tipo no entrenado, no tienen que conocer la problemática del análisis, pero deberán entender el procedimiento de la prueba y responder a ella (Pedrero y Pangborn, 1996).

La IFT (1981) señala que aunque el consumidor no requiere un entrenamiento en el aspecto sensorial, al seleccionarlos hay que tener presente ciertos criterios: uso del producto, tamaño de familia y edad de cada miembro, ocupación del jefe de familia, nivel social y económico y área geográfica.

Respecto al tamaño del panel, los autores difieren en el número, todos coinciden en que debe ser elevado. Costell y Duran (1981b) establecen que en los estudios tecnológicos y de calidad, la opinión de 80 - 100 consumidores seleccionados pueden aportar datos útiles sobre la aceptabilidad. Anzaldúa-Morales (1994) coincide con otros autores en que 30 es el número mínimo para que tenga validez estadística en los datos recolectados.

#### ▪ **Lugar de ejecución de la prueba**

Según Meilgaard *et al.* (1991) dependiendo donde se realice la prueba, tiene efectos en los resultados, no sólo por el lugar donde se efectúa la evaluación, sino por la manera que el producto es muestreado y percibido. Así mismo, se tendrán diferencias en cuanto al número de panelistas y la cantidad de muestras a evaluar, estos son:

##### - Pruebas de laboratorio

Son las más usadas para todos los tipos de pruebas afectivas, ya que son las más accesibles a los empleados. Se requiere de 40 panelistas por producto y el número máximo de productos a evaluar son 5-6 debido a la fatiga y al control de la preparación de las muestras (Stone y Siedel, 1993).

##### - Pruebas de localización central

Estas pruebas se conducen en áreas donde pueden concentrarse o reunirse consumidores potenciales. Así pueden realizarse en supermercados, centros comerciales, restaurantes o escuelas, en caso que los usuarios del producto sean niños en edad escolar (Meilgaard *et al.*, 1991).

##### - Pruebas de uso en casa

Representan lo último en pruebas de consumidores, el producto se evalúa en condiciones normales de uso consiguiéndose la opinión de toda la familia. Se provee al consumidor información sobre cómo preparar un producto, así como la tarjeta de evaluación; el tamaño de panel suele ser el doble que el usado en laboratorio, generalmente de 50 a 100 familias, pero si estas personas ya están acostumbradas a este tipo de pruebas, la cantidad puede ser menor, sin embargo Radtke y Rodríguez (1981) establecen que este valor es menos importante, más bien debe considerarse el número personas calificadas para realizar la prueba.

En el Cuadro 6 se observa una síntesis de las características de cada tipo de localización para las pruebas afectivas.

**Cuadro 6: Características de los tipos de localización para las pruebas afectivas**

	Laboratorio	Localización central	Uso en casa
<b>Tipo de consumidor</b>	Empleado o residente local	Público (general o seleccionado)	Empleados o público
<b>Respuestas por producto</b>	25-50	100	50 - 100
<b>Número de productos</b>	Máximo 5-6 por sesión	Máximo de 5 - 6	1-2
<b>Tipo de prueba</b>	Preferencia, aceptación excepto calidad.	Preferencia, aceptación, excepto calidad.	Preferencia, aceptación, intensidad de información de mercado.
<b>Ventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Condiciones bajo control.</li> <li>- Retroalimentación rápida de datos.</li> <li>- Jueces más sensatos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran número de personas.</li> <li>- No se usan empleados.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto evaluado en condiciones de uso normal.</li> <li>- Se obtiene la opinión de toda la familia.</li> </ul>
<b>Desventajas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Familiaridad con el producto.</li> <li>- Información limitada.</li> <li>- Exposición del producto limitado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos control</li> <li>- Limitada información</li> <li>- Trabajo más largo y tedioso.</li> <li>- Instrucciones limitadas.</li> <li>- Se requiere gran número de panelistas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Casi no hay control.</li> <li>- Consumo de tiempo.</li> <li>- Costoso.</li> </ul>

FUENTE: Stone y Seidel (1993)

## b. TIPOS DE PRUEBAS AFECTIVAS

Meilgaard *et al.* (1991), establecen que las pruebas afectivas se dividen en 2 grupos:

## **b.1 MÉTODOS AFECTIVOS CUALITATIVOS**

En los cuales se miden las respuestas subjetivas de una muestra por los consumidores acerca de las propiedades sensoriales de los productos, teniendo estos consumidores que expresar acerca de sus sentimientos en una entrevista o en un pequeño grupo. Dentro de los métodos afectivos cualitativos se tiene:

### ▪ **Entrevistas uno a uno**

Los consumidores son entrevistados individualmente en un ambiente apropiado en situaciones en las cuales el investigador necesita entender y probar a cada consumidor o en el cual el tópico es muy sensitivo para un focus groups. El entrevistador conduce sucesivamente entrevistas a más de 50 personas, usando un formato similar con cada uno, pero sondeando las respuestas de cada consumidor (Meilgaard *et al.*, 1991).

### ▪ **Focus group**

Traill (1997) citado por Gallegos (2003), señala que focus group es una técnica de investigación cualitativa en forma de discusiones abiertas y sin prejuicios, sobre temas previamente acordados por un grupo pequeño seleccionado de una población objetivo para permitir la expresión libre de percepciones, opiniones, actitudes y patrones de comportamiento.

Un grupo pequeño de 10 a 12 consumidores son seleccionados sobre la base de un criterio específico (uso de producto, demografía del consumidor, etc.) estos se reúnen por una o dos horas con el moderador del focus group. El moderador presenta el tópico de interés y facilita la discusión usando técnicas de dinámica de grupo para obtener información lo más específica posible de todos los participantes (Meilgaard *et al.*, 1991).

### ▪ **Focus panels**

Es una variante del focus group, donde el entrevistador utiliza el mismo grupo de consumidores, 2 ó 3 veces más. El objetivo es hacer algún contacto inicial con el grupo, tener alguna discusión sobre el tópico, enviar al grupo a usar el producto en casa, y luego tener el grupo de regreso para discutir sus experiencias (Meilgaard *et al.*, 1991).

## b.2 MÉTODOS AFECTIVOS CUANTITATIVOS

Son aquellos que determinan las respuestas de un gran grupo (50-400 consumidores), a partir de una serie de preguntas que consideran preferencia, aceptabilidad, atributos sensoriales, etc. (IFT, 1981)

En los métodos afectivos cuantitativos se tiene:

### ▪ Prueba de preferencia

Las pruebas de preferencia permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si tienen preferencia (Watts *et al.*, 1992).

Las pruebas de preferencia pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

#### - Preferencia Pareada

Es aquella en la que dos muestras se presentan en forma simultánea y este tipo de prueba se usa para expresar la preferencia basada en un atributo específico (IFT, 1981).

Según Stone y Siedel (1993), esta prueba es similar a la prueba discriminativa apareada simple, la diferencia es que no se pide a los jueces distinguir entre dos muestras sino evaluar si prefieren una de las dos. Se ha utilizado mucho en la investigación de mercados.

#### - Preferencia múltiple

Según la IFT (1981) esta prueba consiste en probar una serie de muestras, comparándolas entre sí o con un estándar. El número de muestras será determinado por las limitaciones psicológicas y fisiológicas; con esto se evita confusiones y fatiga en una sola sesión. Para esta prueba Stone y Siedel (1993) establecen que se requiere del uso de un diseño estadístico de bloques incompletos.

## ▪ Prueba del Grado de Satisfacción

Algunos autores la denominan prueba de aceptabilidad o simplemente prueba de la escala hedónica. Se usa principalmente para determinar el estado afectivo de un producto, es decir cuánto gusta o disgusta a los consumidores (Meilgaard *et al.*, 1991).

Pedrero y Pangborn (1996) señalan que el objetivo de ésta prueba es localizar el nivel de agrado o desagrado que provoca una muestra específica.

Respecto al uso de la escala hedónica en estas pruebas, Peryam y Pilgrim (1957) sostienen que se denomina así por el tipo de respuesta que éste busca obtener y deriva principalmente de una sensación o afinidad; en general sobre los aspectos emocionales de la mente y en lo opuesto con el aspecto intelectual. Ambos la ciencia y la intuición indican que la dimensión más importante en este aspecto de la experiencia humana es aquella dicotomía placentero - no placentero.

En cuanto al tipo de escalas hedónicas, Anzaldúa-Morales (1994) menciona que pueden ser:

- Escalas hedónicas verbales: En las cuales se presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que produce la muestra. Debe contener siempre un número impar de puntos e incluir el término central "ni me gusta ni me disgusta".

- Escalas hedónicas gráficas: Son aquellas en las que se reemplazan las palabras por la escala de caritas en las que se puede indicar el desagrado con caras de tristeza y de agrado con rostros alegres. Se usa cuando hay dificultad para describir los puntos de la escala hedónica o cuando los jueces tienen limitaciones para comprender la diferencia entre términos mencionados. Esta escala es usada frecuentemente cuando los jueces de la prueba son niños que no pueden entender la complejidad de los términos.

Según la IFT (1981), algunas variaciones de estas escalas incluyen la reducción del número de categorías (que no debe ser menor a 5), el uso de un gran número de calificaciones de gusto que de disgusto; así como la omisión de la categoría neutra y el uso

de una escala lineal no estructurada y no numérica con palabras de “gusta” y “disgusta” en polos opuestos. Estas modificaciones dependerán en parte de la edad de los jueces y el número de muestras a evaluar (Anzaldúa-Morales, 1994).

Ureña *et al.* (1999) señalan que para determinar el grado de satisfacción de los consumidores en respuesta a la medida de como cumple un alimento evaluado con sus requerimientos o expectativas, se hace uso de escalas de categorización adimensionadas o dimensionadas relativas aplicadas en análisis como el de “apreciación hedónica” y el de “actitud”.

Como ventajas del uso de ésta escala, Peryam y Pilgrim (1957) señalan las siguientes:

- Su simplicidad permite que sea usado con una gran cantidad de personas.
- Se requiere menos tiempo para la evaluación.
- Puede ser utilizado por personas que no tengan experiencia previa.
- Puede ser empleada con un elevado número de estímulos.
- Los resultados son un indicador significativo del nivel de preferencia.

En general, en las pruebas del grado de satisfacción pueden degustarse una o más muestras en combinación, en función a un determinado diseño estadístico; en cualquiera que sea el caso es importante que se use una escala concordante. Finalmente, las clasificaciones de la escala se convierten en puntaje numérico para luego aplicar el análisis estadístico y determinar las diferencias en el grado de aceptabilidad entre las muestras (IFT, 1981).

#### ▪ **Prueba de aceptación**

Éstas pruebas se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores (Watts *et al.*, 1992). La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo).

Sobre el término "prueba de aceptación", Amerine *et al.* (1965) y Anzaldúa-Morales (1994) sostienen que es utilizado incorrectamente para referirse a las pruebas de

preferencia o a las del grado de satisfacción; las 3 pruebas son afectivas, pero la última puede abarcar a una de las dos anteriores. Cabe la aclaración en razón a que si un alimento agrada a alguien, no significa que lo vaya a comprar; y es el deseo de la persona por adquirir el alimento lo que llamamos aceptación.

Peryam y Pilgrim (1957), señalan que además de la preferencia, influyen en la elección y consumo del producto aspectos como la salud y nutrición, costo, la necesidad de calorías; así mismo es afectada por el clima, la actividad realizada, la existencia de productos similares en el mercado y otros.

### **2.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS SENSORIALES**

Según el tipo de respuestas obtenidas en las pruebas sensoriales, estos se agrupan:

#### **2.3.3.1 DATOS DE LA FORMA RATING**

Son aquellos que miden la magnitud del atributo. Al usarse escalas de intervalos (como la hedónica), lo más común es realizar un análisis de varianza (ANVA), con el fin de determinar si hay diferencias significativas en la intensidad del atributo. En este caso, también se determinaría si los factores del producto influyen en la respuesta del panelista (Costell y Duran, 1982).

#### **2.3.3.2 DATOS GROSEROS (RANK)**

Son aquellos que indican un lugar relativo que ocupa cada muestra. Se usa para pruebas de ordenación o preferencia. Al indicar un orden y no una medición. Estos datos son del tipo no-paramétrico, para el análisis de este tipo de datos se usa la prueba estadística de Friedman que es una prueba tipo chi-cuadrado (Costell y Duran, 1982).

La ecuación (1) muestra la ecuación de chi-cuadrado para la prueba de Friedman:

$$X_c^2 = \left\{ \frac{12}{Nk(k+1)} \left[ \sum_{i=1}^k R_i^2 \right] \right\} - 3N(k+1) \quad (1)$$

Donde:

N = Número de jueces

k = Número de muestras

$\sum_{i=1}^k R_i^2$  = Sumatoria del cuadrado total de rangos asignados para cada tratamiento

tal que: Rij, rango dentro de cada fila o bloque.

Según Valencia (1997), una variación de este análisis se aplica cuando cada miembro del panel sensorial no prueba la totalidad de muestras, y el diseño empleado es de bloques incompletos, para este caso se usa la prueba de Durbin, la cual se muestra en la ecuación (2).

$$X_c^2 = \left\{ \frac{12(t-1)}{rt(k-1)(k+1)} \left[ \sum_{i=1}^k R_i^2 \right] \right\} - \frac{3r(t-1)(k+1)}{k-1} \quad (2)$$

Donde:

t = Número de tratamientos

k = Número de unidades experimentales por bloque (k<t)

b = Número de bloques (panelistas)

r = Número de veces en que cada tratamiento aparece (r<b)

l = Número de bloques en el cual el i-ésimo y j-ésimo tratamiento aparecen juntos

$\sum_{i=1}^k R_i^2$  = Sumatoria del cuadrado total de rangos asignados para cada tratamiento tal

que: Rij, rango dentro de cada fila o bloque

Se cumple que:

$$r = \frac{kb}{t} \quad l = \frac{r(k-1)}{(t-1)}$$

## 2.4 METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

Ayala y Pardo (1995) definen a la metodología de superficie de respuesta como un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas utilizadas para modelar y analizar problemas en los que una variable de interés es influenciada por otras. El objetivo es optimizar la variable de interés o variable respuesta. Esto se logra al determinar las condiciones óptimas de operación del sistema.

La metodología de superficie de respuesta permite al investigador inspeccionar una respuesta, que se puede mostrar como una superficie, cuando los experimentos investigan el efecto que tiene el variar factores cuantitativos en los valores que toma una variable dependiente o respuesta, de tal forma que trata de encontrar los valores óptimos para las variables independientes que maximizan, minimizan o cumplen ciertas restricciones en la variable respuesta (Figueroa, 2003).

La metodología más usada para la optimización es la de superficie de respuesta que es la representación geométrica de la función objetivo o modelo matemático obtenido. Según Prat *et al.*, (2000), es un método que busca dos fines primordiales:

- Encontrar una relación entre variables independientes y otra que dependa de ellas.
- Buscar las condiciones óptimas de los factores, consiguiendo así que la respuesta sea la máxima posible.

Además, la superficie de respuesta permite que el investigador inspeccione, de manera visual, la respuesta para cierta zona de los niveles de los factores de interés y evaluar su sensibilidad a los factores de tratamiento. En ciertas aplicaciones industriales, las superficies de respuesta se exploran para determinar la combinación de niveles de los factores que proporcionan una condición operativa óptima, como la combinación de temperatura y tiempo que maximiza la producción química. En otras aplicaciones, se exploran para encontrar la combinación de niveles de los factores que proporcionan mejoras económicas a las respuestas de las condiciones operativas urgentes, si no es demasiado costoso lograr esas condiciones óptimas (Kuehl, 2001).

Según Ayala y Pardo (1995), optimizar un proceso o producto requiere una estrategia adecuada para encontrar valores óptimos. Para llegar a esta meta se siguen 3 etapas:

- Screening

Se identifican las variables significativas para el proceso, eliminando las que no son muy convenientes para la economía de la investigación. Se usan diseños de primer orden como factorial, factorial fraccionado y de Plackett y Burman.

- Escalamiento

Consiste en llegar hacia la región óptima luego que ésta es ubicada. En este caso los efectos cuadráticos toman importancia y se usan modelos de segundo orden, tales como: directos por búsqueda simple o búsqueda múltiple e indirectos por el método de pendientes ascendentes o descendentes (involucra el uso de diseños lineales en la primera etapa o screening). Si se dispone de información suficiente sobre el proceso y ya se conoce la región donde está el óptimo, esta etapa puede obviarse.

- Optimización final

En la región que encierra los valores óptimos, los efectos de segundo orden son mayores que los de primer orden. Así la región puede ser descrita apropiadamente mediante modelos de segundo orden como se muestra en la ecuación (3).

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j x_j + \sum_{u \neq j} b_{uj} x_j x_u + \sum_{j=1}^k b_{jj} x_j^2 \quad (3)$$

Donde:

y = Variable dependiente

x<sub>j</sub> = Variable dependiente j-ésima

b<sub>j</sub> = matriz constante polinómica j-ésima

x<sub>u</sub> = Variable dependiente u-ésima

b<sub>u</sub> = matriz constante polinómica u-ésima

## **2.4.1 DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA AJUSTAR SUPERFICIES DE RESPUESTA**

El ajuste y análisis de una superficie de respuesta se facilita con la elección apropiada de un diseño experimental. Un diseño es el conjunto específico de combinaciones de los niveles de las  $k$  variables que se utilizará al llevar a cabo el experimento (Ayala y Pardo, 1995).

Los diseños de superficie de respuesta se clasifican con base en el grado del modelo que se pretende utilizar. Estos diseños proporcionan los tratamientos a correr para generar datos que permitan ajustar un modelo que describa una variable de respuesta en una región experimental. Gutiérrez y De la Vara (2008), además menciona algunas propiedades deseables en los diseños para la metodología de superficie de respuesta:

- Que genere una distribución satisfactoria de los puntos experimentales sobre la región experimental.
- El diseño debe requerir un número mínimo de corridas experimentales.
- El diseño debe permitir que otros diseños de orden mayor se construyan a partir de él.
- El diseño debe proporcionar un estimador puro de la varianza del error, lo cual se logra con repeticiones al menos del punto central.

Otras dos propiedades deseables de los diseños para superficie de respuesta son la ortogonalidad y la rotabilidad. Estas propiedades aumentan la eficiencia de los diseños que las poseen, en el sentido de que facilitan la interpretación de los parámetros estimados en el modelo y de la superficie de respuesta (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

### **2.4.1.1 DISEÑOS PARA AJUSTAR MODELOS DE PRIMER ORDEN**

Una clase única de diseños experimentales que minimizan la varianza de los coeficientes de regresión son los diseños ortogonales de primer orden. Por ortogonal se entiende que los elementos fuera de la diagonal de la matriz  $(x'x)$  son iguales a cero, lo cual implica que los productos cruzados de las columnas de la matriz  $x$  sea igual a cero (Montgomery, 2002).

Modelo de primer orden (lineal) sin interacciones o productos cruzados (4):

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad (4)$$

En esta clase de diseños ortogonales de primer orden se tiene:

- Diseños factoriales  $2^k$
- Fraccionales de la serie  $2^k$
- Diseños simplex
- Diseños Plackett - Burman

#### 2.4.1.2 DISEÑOS PARA AJUSTAR MODELOS DE SEGUNDO ORDEN

Gutiérrez y De la Vara (2008) señalan que los diseños de segundo orden son aquellos que permiten ajustar un modelo de segundo orden para así estudiar, además de los efectos lineales y de interacción, los efectos cuadráticos o de curvatura pura.

Un diseño experimental para ajustar un modelo de segundo orden debe tener al menos al menos tres niveles de cada factor (-1, 0, +1). Así como en el diseño de primer orden se desea la ortogonalidad, en éste se desea que sea un diseño rotatable. Se dice que un diseño es rotatable cuando la varianza de la respuesta predicha en algún punto es función solo de la distancia del punto al centro y no es una función de la dirección (Montgomery, 2002).

Dentro de los diseños rotables de segundo orden se incluyen:

- Diseño central compuesto
- Diseño equirradial
- Diseño Box-Behnken

El modelo cuadrático de segundo orden se expresa a través de:

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j}^k \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon \quad (5)$$

Donde los  $\beta_i$  son los coeficientes de regresión para los términos de primer orden, los  $\beta_{ii}$  son los coeficientes para los términos cuadráticos puros, los  $\beta_{ij}$  son los coeficientes para los términos de un producto cruz y  $\varepsilon$  es el término del error aleatorio. Los términos cuadráticos puros y los de producto cruz son de segundo orden (Montgomery, 2002).

Los criterios que se pueden tomar en cuenta para seleccionar un diseño de segundo orden, incluyen:

- Que tenga un número mínimo de tratamientos y que permita estimar todos los parámetros del modelo de segundo orden.
- Que sea flexible en el sentido de que se pueda construir a partir de diseños de primer orden.
- Que tenga buenas propiedades como ortogonalidad, rotabilidad y/o precisión uniforme, que tienen que ver con la calidad de estimación del diseño.

Existen varias clases de diseños desarrollados para la aproximación a una superficie de segundo orden, que no requieren tantas combinaciones de tratamientos como los diseños factoriales  $3^k$  y donde cada uno de ellos posee ciertas características y propiedades. Entre estos están los diseños centrales compuestos propuestos por Box y Wilson (1951) citado por Montgomery (2002), que no crecen tanto como los diseños factoriales  $3^k$ , y los diseños Box-Behnken.

#### **2.4.2 DISEÑO DE BOX-BEHNKEN**

Box y Behnken en 1960 propusieron una clase de diseños de tres niveles para estimar la superficie de respuesta de segundo orden. Estos diseños se forman combinando factoriales  $2^k$  con diseños de bloques incompletos. Los diseños resultantes suelen ser más eficientes en términos del número de corridas requerido. Además, son rotables o casi rotables y hace la estimación de los coeficientes de primer y segundo orden más eficientes (Montgomery, 2002).

Este diseño se aplica cuando se tienen tres o más factores, y suelen ser eficientes en cuanto al número de corridas. Es un diseño rotable o casi rotable que se distingue

porque no incluye como tratamientos a los vértices de la región experimental (Gutiérrez y De la Vara, 2008). En el Cuadro 7 se muestran los quince tratamientos del diseño de Box-Behnken para tres factores.

**Cuadro 7: Matriz del diseño de Box-Behnken para tres factores**

Tratamiento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>
1	-1	-1	0
2	1	-1	0
3	-1	1	0
4	1	1	0
5	0	-1	-1
6	0	1	-1
7	0	-1	1
8	0	1	1
9	-1	0	-1
10	1	0	-1
11	-1	0	1
12	1	0	1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

FUENTE: Gutiérrez y De la Vara (2008)

#### 2.4.3 INVESTIGACIONES REALIZADAS CON METODOLOGÍA SUPERFICIE DE RESPUESTA EN OPTIMIZACIONES DE APLICACIONES SENSORIALES

González *et al.* (2000) demostraron la utilidad y eficacia de la aplicación de la metodología de superficie de respuesta para la optimización de formulaciones de batidos de vainilla en función a su aceptación por los consumidores. Mediante esta metodología, utilizando un diseño central compuesto rotacional de dos factores (concentración de azúcar y concentración de colorante), trabajando con tres niveles de concentración para cada factor, determinaron la formulación que mejor se adapta al gusto de los consumidores y que permite un ahorro en la cantidad de ingredientes adicionados.

Huor *et al.* (1980), determinaron las proporciones óptimas de tres jugos de frutas (piña, sandía y naranja) para la elaboración de un ponche de frutas, utilizando la metodología de superficie de respuesta y pruebas de aceptabilidad con consumidores.

Choi *et al.* (2002), realizaron la optimización de las características sensoriales y aceptación del consumidor de bocaditos extruidos, el propósito de este estudio fue optimizar las condiciones de extrusión y composición y caracterizar dichos snacks por perfiles sensoriales descriptivos y aceptabilidad del consumidor.

Villarroel *et al.* (2000), optimizaron la formulación de premezclas en polvo de queque y bizcocho dietéticos, aplicando la metodología superficie de respuesta (MSR). La calidad sensorial fue determinada para ambas formulaciones utilizando el método de puntaje compuesto con un panel entrenado de 18 jueces.

Según Witting de Penna *et al.* (1985), es factible optimizar formulaciones de biscochuelos enriquecidos con fibra dietética, vitaminas y minerales, para el adulto mayor, empleando la Metodología de Superficie de Respuesta.

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la Empresa de Conservas y Alimentos S.A. (CONALISA), Planta ubicada en la Carretera Pimentel-Chiclayo y en el Laboratorio de Control de Calidad de la misma.

Así mismo las pruebas de aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao se realizaron en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo - Lambayeque.

#### **3.2 MATERIA PRIMA**

Se utilizó polvo de cacao (conocido como cocoa) obtenida de granos provenientes de la localidad de Jaén y procesada en CONALISA como polvo natural y alcalinizada.

Adicionalmente se empleó:

- Lecitina de Soya (Montana S.A.).
- Vainillina (Montana S.A.).
- Azúcar (Cartavio S.A.A.).

### **3.3 MATERIALES Y EQUIPOS**

#### **3.3.1 MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO**

- Máquina limpiadora de grano marca Carle & Montanari S.P.A., modelo SPCN/1.
- Torrefactores marca Carle & Montanari S.P.A. modelo CM. 3/200-250.
- Descascarilladora de grano marca Carle & Montanari S.P.A. modelo RCM/7.
- Tina de enfriamiento marca Carle & Montanari S.P.A.
- Molino de pines de acero marca Carle & Montanari S.P.A. modelo MPH/413.
- Tanques de paso marca Carle & Montanari S.P.A., modelo AMV/20.
- Tanque horizontal de doble chaqueta marca Carle & Montanari S.P.A., modelo ME/30.
- Prensas horizontales marca Carle & Montanari S.P.A., modelo POV/430/6.
- Filtro prensa marca Carle & Montanari S.P.A.
- Molino marca Carle & Montanari S.P.A., modelo MAV/3.
- Balanza Analítica marca Soehnle® capacidad de 200g.
- Utensilios de cocina.

#### **3.3.2 MATERIALES PARA LAS PRUEBAS SENSORIALES**

- Muestras de mezclas de polvo de cacao
- Vasos de descartables de plástico
- Jarras de vidrio
- Bandejas de plástico
- Servilletas
- Agua de mesa sin gas
- Formatos de evaluación
- Lapiceros
- Plumones marcadores.

### **3.3.3 MATERIALES PARA ENSAYOS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS**

Equipos, materiales de vidrio, reactivos y medios de cultivo necesarios para la ejecución de los análisis físicoquímicos y microbiológicos.

### **3.3.4 MATERIALES PARA EL PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN**

- Computadora: Pentium IV
- Software: Microsoft Office '98®  
Microsoft Excel '98®  
Programa Estadístico *Statgraphics* Plus 5.1.  
SPSS versión 17.

## **3.4 MÉTODOS DE ANÁLISIS**

### **3.4.1 MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS**

#### **3.4.1.1 A LA MATERIA PRIMA**

Los análisis a los granos de cacao fueron:

- Granos de cacao. Prueba de Corte NTP-ISO 1114 (INDECOPI, 2006a).
- Humedad en granos de cacao NTP-ISO 2291 (INDECOPI, 2006b).
- Granos de cacao. Especificaciones NTP-ISO 2451 (INDECOPI, 2006c).

#### **3.4.1.2 A LA MEZCLA SECA DE POLVO DE CACAO**

Los análisis realizados a la mezcla de polvo de cacao óptima fueron:

- Determinación de humedad según método N° 931.04 (AOAC, 2000).
- Determinación de proteínas según método N° 970.22 (AOAC, 2000).

- Determinación de grasa según método N° 963.15 (AOAC, 2000).
- Determinación de Fibra Dietaria Total N° 985.29 (AOAC, 2000).
- Cenizas según método N° 972.15 (AOAC, 2000).
- Determinación de carbohidratos, por diferencia MS-INN Collazos (1993)
- pH según método N° 970.21 (AOAC, 2000).

### **3.4.2 MÉTODOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS**

Se tomó en cuenta la metodología propuesta por la ICMSF (1983) para los siguientes microorganismos:

- Aerobios mesófilos viables
- Coliformes Totales
- *Staphylococcus aureus*
- *Salmonella*
- Hongos
- Levaduras

### **3.4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL**

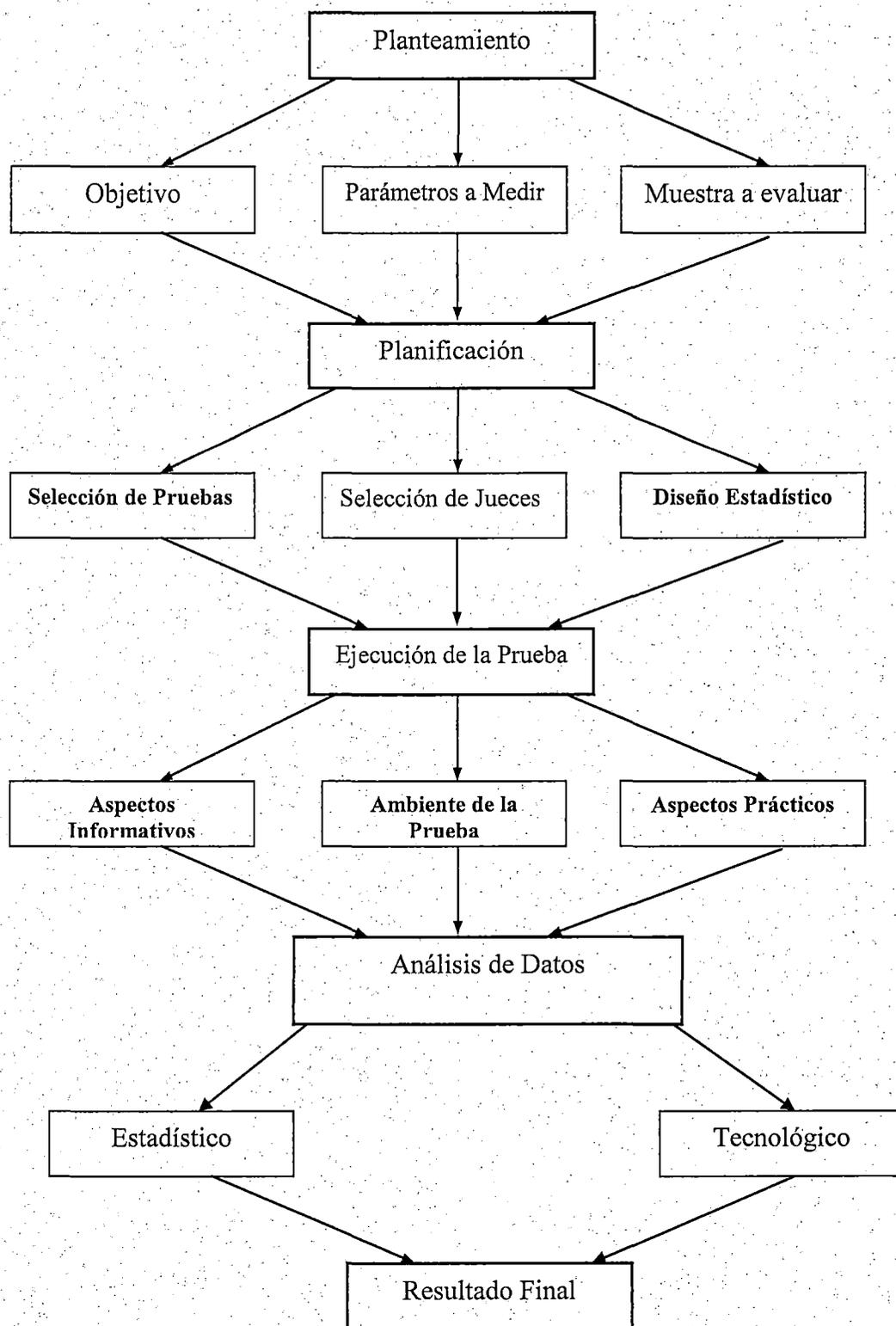
Para la evaluación sensorial se utilizó la metodología recomendada por Costell y Duran (1981a), descrita a continuación e indicada en la Figura 2.

#### **3.4.3.1 PLANTEAMIENTO**

Se incluyeron los factores a considerar antes de planificar el análisis sensorial, los mismos que se indican a continuación:

##### **a. OBJETIVOS**

El objetivo al aplicar las pruebas sensoriales fue determinar el grado de satisfacción, evaluando al alimento como un todo.



FUENTE: Costell y Duran (1981a)

**Figura 2: Metodología general del análisis sensorial**

## **b. PARÁMETROS A EVALUAR**

El parámetro medido en cada tipo de mezcla de polvo de cacao reconstituida, fue la aceptabilidad general mediante la prueba de grado de satisfacción.

## **c. MUESTRAS A EVALUAR**

En cuanto a las muestras, la cantidad entregada de cada tratamiento fue de 50 ml (Anzaldúa-Morales, 1994).

La presentación fue en vasos descartables de plástico de 3 oz., codificados con números de tres dígitos (sin repetición por muestra), además de un vaso con agua de mesa sin gas como vehículo de limpieza bucal.

La temperatura de evaluación fue a la del ambiente (20-24°C) (Anzaldúa-Morales, 1994).

En el caso del número de muestras a evaluar Anzaldúa-Morales (1994) indica que en una sesión de evaluación sensorial, no deben darse a probar a un juez más de cinco muestras al mismo tiempo, ya que puede ocasionarle fatiga y hastío, lo cual puede repercutir en su respuesta. Por lo cual a los panelistas sólo se les entregó 3 de las 15 muestras que se tuvieron que evaluar, siguiendo un diseño de bloques incompletos equilibrados, (Anexo 3).

### **3.4.3.2 PLANIFICACIÓN**

#### **a. SELECCIÓN DE PRUEBAS**

Para la determinación de la aceptabilidad se empleó la prueba de grado de satisfacción (Anzaldúa-Morales, 1994) para ello se utilizó una escala hedónica de 7 niveles, teniendo como 1 a “me disgusta mucho” y a 7 como “me gusta mucho”.

## **b. SELECCIÓN DE JUECES**

Como la prueba empleada fue de tipo afectiva, los panelistas no requirieron entrenamiento, la selección tuvo como requisito que sean consumidores del tipo de producto.

Según Zook y Wessman (1977) y Cross *et al.* (1978), se empleó una encuesta de preselección, a partir de ella se conformó un grupo de edades entre 18 y 30 años que pertenecían a la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo en Chiclayo - Lambayeque.

Si bien este tipo de panelistas no requirieron de un entrenamiento en particular, los 105 panelistas sí fueron instruidos de tal modo que pudieran realizar las pruebas y evaluar las muestras en un orden establecido.

## **c. DISEÑO ESTADÍSTICO**

El diseño estadístico empleado se definió en función del tipo de prueba sensorial y a la cantidad de muestras que el panelista va a evaluar.

El diseño elegido para la prueba de grado de satisfacción, fue el de bloques incompletos equilibrados, esto a razón a que cada panelista no podía evaluar el total de los tratamientos en una sesión, debido a que la fatiga por probar muchas muestras incrementaría el error experimental; este diseño permite a los analistas sensoriales obtener datos consistentes y fiables de sus panelistas cuando el número de tratamientos en el estudio es mayor que el número que pueden evaluarse (Meilgaard *et al.*, 1991). Esta distribución se presenta en el Anexo 2.

### **3.4.3.3 EJECUCIÓN DE LA PRUEBA**

En los aspectos ambientales, informativos y prácticos, según Costell y Duran (1982) las condiciones de evaluación fueron lo más parecidas a las que rodean a los consumidores grupo objetivo de la investigación para estudios de preferencia o aceptación.

#### **a. ASPECTOS AMBIENTALES**

Según Costell y Durán (1982) las condiciones externas que rodean a los panelistas influyen directamente en sus juicios. En estudios de preferencia o aceptación, lo más recomendable es que la evaluación se lleve a cabo en condiciones lo más parecidos posible a los que rodean al consumidor cuando ingiere normalmente el tipo de producto que se evalúa.

Las pruebas sensoriales se desarrollaron en aulas con buena iluminación, libre de olores extraños y ruido fuerte, siguiendo las recomendaciones de Costell y Durán (1982)

#### **b. ASPECTOS INFORMATIVOS**

Antes de empezar con las pruebas propiamente dichas, se realizó un simulacro de la prueba a realizarse; esto con el fin de que los panelistas tuvieran información necesaria para el desarrollo de la evaluación y poder despejar dudas respecto a la evaluación en sí.

Los aspectos que se consideraron en la información fueron:

- La forma física de realizar la prueba.
- El tiempo disponible para cada muestra
- La forma correcta de llenar los formatos.
- El intervalo de tiempo que debe transcurrir entre la degustación de 2 muestras consecutivas.

**c. ASPECTOS PRÁCTICOS**

En la preparación de las muestras

- Las mezclas secas de polvo de cacao fueron reconstituidas con agua por diferencia del 100%.
- El producto reconstituido fue guardado en recipientes de plástico, los cuales fueron codificados para la identificación de los tratamientos.

Para la presentación de las muestras se tomó en cuenta:

- El orden de la presentación de las muestras y la homogeneidad entre las mismas.
- La cantidad de muestra entregada de cada tratamiento fue de 50 ml (Anzaldúa-Morales, 1994).
- La presentación fue en vasos descartables de plástico de 3 oz., codificados con números de tres dígitos (Sancho *et al.*, 2002). El Cuadro 8 muestra dichos códigos para cada tratamiento.

**Cuadro 8: Códigos que identificaron a los tratamientos evaluados en la prueba sensorial**

<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>	<b>Tratamiento</b>	<b>Código</b>
T1	571	T9	318
T2	267	T10	527
T3	672	T11	463
T4	489	T12	841
T5	207	T13	583
T6	932	T14	604
T7	479	T15	241
T8	785		

#### **3.4.3.4 ANALISIS DE DATOS**

El análisis estadístico que se trabajó con el conjunto de datos proveniente de la prueba de grado de satisfacción fue la prueba de Análisis de Varianza y posteriormente se realizó la prueba de comparaciones múltiples de Duncan.

Finalmente, los datos provenientes de la prueba de grado de satisfacción de la muestra optimizada fueron sometidos a un promedio, a fin de obtener la aceptabilidad general de la misma.

### **3.5 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

La metodología experimental que se siguió para la elaboración y optimización de la mezcla de polvo de cacao, se dividió en 3 etapas:

#### **3.5.1 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DEL POLVO DE CACAO**

La metodología para la elaboración del polvo de cacao (natural y alcalinizado) fue el empleado por la Empresa Conservas y Alimentos S.A. cuyo diagrama de flujo se presenta en la Figura 3, y se describe a continuación:

##### **3.5.1.1 RECEPCIÓN DEL GRANO DE CACAO**

Los granos al llegar a la planta fueron pesados, y muestreados por el personal de aseguramiento de la calidad determinándose el porcentaje de: humedad del grano, granos fermentados y granos defectuosos, siguiendo la metodología indicada en la NTP-ISSO 1114:2006 (INDECOPI, 2006a).

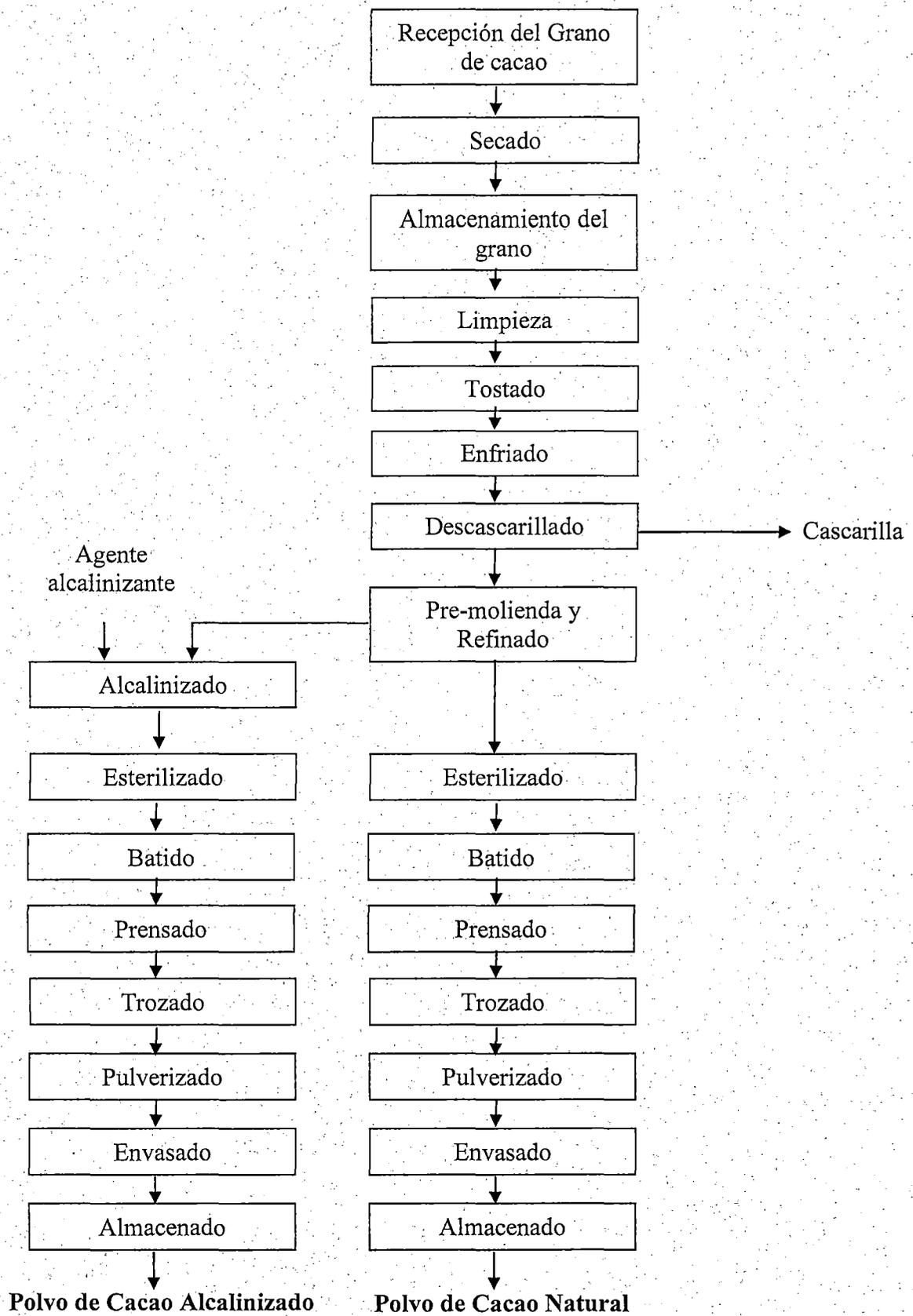


Figura 3: Diagrama de flujo de la obtención de polvo de cacao natural y alcalinizado

### **3.5.1.2 SECADO**

Esta operación se realizó en una plataforma de concreto semi pulido abierta; la ejecución de ésta fue opcional, ya que dependía de la humedad que presentara el grano recibido.

Cuando la humedad fue mayor a 9% el secado se realizó mediante el calor del sol y la corriente de aire, en una forma natural para evitar la alteración de las propiedades organolépticas del grano de cacao. El tiempo de operación dependió de la humedad del grano, pues la humedad final debe estar comprendida entre 8 – 9%.

### **3.5.1.3 ALMACENAMIENTO DEL GRANO**

Los granos recepcionados cuya humedad fue menor a 9%, así como los que fueron sometidos a secado se almacenaron en sacos sobre parihuelas en un lugar seco y fresco para luego ser procesados.

### **3.5.1.4 LIMPIEZA**

Esta operación se realiza con la finalidad de eliminar impurezas (mucílago, paja, tierra, etc).

Dicha operación se realizó con una máquina limpiadora de grano, que cuenta con una despiedradora y potentes ventiladores, además tiene barras imantadas para recoger materiales metálicos.

### **3.5.1.5 TOSTADO**

La operación de tostado se efectuó en el torrefactor a una temperatura de 120°C con la finalidad de eliminar el contenido de humedad natural y en combinación con el calentamiento, promover un conjunto de reacciones químicas, en las cuales intervienen los

compuestos precursores formados durante la fermentación y el secado, que luego darán origen al sabor y aroma inicial del chocolate.

#### **3.5.1.6 ENFRIADO**

Después de tostarse el grano, fue descargado en la tina de enfriamiento de la tostadora, donde permaneció hasta alcanzar temperatura ambiente.

#### **3.5.1.7 DESCASCARILLADO**

Esta operación se realizó en una máquina descascariladora, cuya función es eliminar la cascarilla adherida a la almendra tostada.

#### **3.5.1.8 PRE-MOLIENDA Y REFINADO**

Durante la pre-molienda la almendra tostada y descascarillada se transformó a una pasta grosera utilizando molino de pines de acero a una temperatura de 82°C, luego ésta pasta fue refinada mediante rodillos refinadores obteniéndose de esta manera una pasta de mejor fineza, llamada licor de cacao.

#### **3.5.1.9 ALCALINIZADO**

La pasta de cacao destinada para la producción de cocoa alcalinizada, pasó a un tanque alcalinizador, donde se le agregó una solución alcalinizante de hidróxido de sodio al 1%.

En ésta etapa se reguló el pH con el fin de obtener dos niveles de polvo de cacao alcalinizado las que constituyeron las variables a estudiar.

### **3.5.1.10 ESTERILIZADO**

Se realizó en unos tanques de doble chaqueta, en los cuales se mantiene la pasta en batido constante a 120°C de 3 a 4 horas, con el fin de reducir la carga microbiana y disminuir la humedad de la pasta.

### **3.5.1.11 BATIDO**

Luego de la esterilización, la pasta fue transportada hacia los tanques de batido, donde fue sometida a temperaturas entre 90 – 100°C y batido constante, durante un tiempo mínimo de 8 horas.

### **3.5.1.12 PRENSADO**

Esta operación se realizó por 2 prensas horizontales, en las que se extrajo entre 45 a 47% de grasa aproximadamente. En esta operación se obtuvo la manteca de cacao y la torta o marqueta de cacao.

### **3.5.1.13 TROZADO**

La torta pasa a ser triturada, para ello se utilizó una máquina rompetorta, la que se alimenta manualmente.

### **3.5.1.14 PULVERIZADO**

Se pulveriza con la finalidad de preparar el polvo de cacao, el cual tiene un uso muy amplio en la industria alimentaria.

En esta etapa se utilizó un molino el cual disminuyó la partícula de cocoa hasta un 98 a 99% de fineza mediante un sistema circulatorio de aire y martillos.

### **3.5.1.15 ENVASADO**

El envasado se realizó manualmente según las diferentes presentaciones que se desee obtener. Los sacos fueron pesados para luego ser cosidos.

### **3.5.1.16 ALMACENADO**

El almacenamiento de los sacos de cacao en polvo o cocoa se realizó sobre parihuelas de PVC en almacenes con ventilación adecuada.

## **3.5.2 OBTENCIÓN DE LA FORMULACIÓN DE LA MEZCLA DE POLVO DE CACAO**

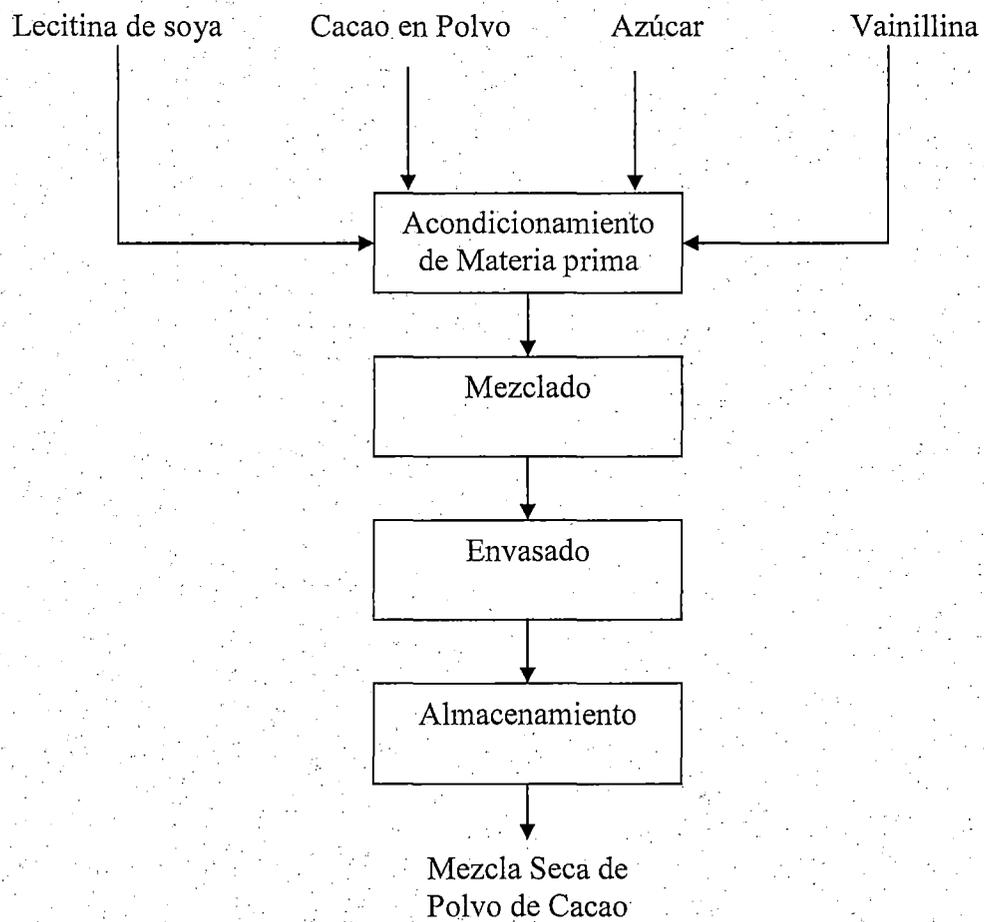
Se tomó como referencia los niveles establecidos en el CODEX STAN 105-1981 FAO (1981) y lo propuesto por Shittu y Lawal (2006), así como Bispo *et al.* (2005).

La fórmula base de la mezcla incluyó polvo de cacao a diferentes pH, diferentes concentraciones de polvo de cacao y lecitina, azúcar 25% y vainillina 1% reconstituido con agua por diferencia del 100%.

Las formulaciones se muestran en el Cuadro 9, para los 3 tipos de polvo de cacao a pH 5, pH 6,5 y pH 8. Asimismo en la Figura 4 se presenta el diagrama de flujo para la obtención de la mezcla seca de polvo de cacao.

**Cuadro 9. Formulaciones de los tratamientos de mezclas de polvo de cacao reconstituidas (en porcentaje)**

Tratamientos	Ingredientes						
	Polvo de cacao pH 5	Polvo de cacao pH 6,5	Polvo de cacao pH 8	Lecitina de soya	Azúcar	Vainillina	Agua
1	15,0	-	-	0,3	25,0	1,0	58,7
2	17,5	-	-	0,1	25,0	1,0	56,4
3	17,5	-	-	0,5	25,0	1,0	56,0
4	20,0	-	-	0,3	25,0	1,0	54,6
5	-	15,0	-	0,1	25,0	1,0	58,9
6	-	15,0	-	0,5	25,0	1,0	58,5
7	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2
8	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2
9	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2
10	-	20,0	-	0,1	25,0	1,0	53,9
11	-	20,0	-	0,5	25,0	1,0	53,5
12	-	-	15,0	0,3	25,0	1,0	58,7
13	-	-	17,5	0,1	25,0	1,0	56,4
14	-	-	17,5	0,5	25,0	1,0	56,0
15	-	-	20,0	0,3	25,0	1,0	54,6



**Figura 4: Diagrama de flujo de la obtención de la mezcla de polvo de cacao**

### 3.5.3 OPTIMIZACIÓN DE LA FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Con el fin de optimizar el tipo de polvo de cacao, la concentración del polvo de cacao y la concentración de lecitina se utilizó un diseño Box-Behnken a través de la metodología de Superficie de Respuesta con tres niveles de cada factor mencionado. Se consideró 3 niveles en cada factor, los niveles mínimos y máximos establecidos en la formulación, así como sus respectivos valores intermedios, como se indica en el Cuadro 10.

En el Cuadro 11 se presenta el diseño Box-Behnken para los tres factores: el tipo de polvo de cacao, la concentración del polvo de cacao y la concentración de lecitina. Para optimizar la formulación se recurrió al Programa Statgraphics Plus 5.1. La variable respuesta fue la aceptabilidad general de los tratamientos, obtenida a través de la respuesta de los consumidores, al aplicar la prueba del grado de satisfacción.

Finalmente, en la mezcla de polvo de cacao optimizada, se realizaron las siguientes evaluaciones: análisis proximal (determinación de humedad, proteínas, carbohidratos, grasa, fibra y cenizas), determinación de pH y además la Prueba de aceptabilidad.

**Cuadro 10: Variables independientes, códigos y valores utilizados en la optimización**

VARIABLE INDEPENDIENTE	UNIDADES	SÍMBOLO	CÓDIGO DE NIVELES		
			-1	0	1
Tipo de polvo de cacao	Por pH	X <sub>1</sub>	5	6,5	8
Concentración de polvo de cacao	%	X <sub>2</sub>	15	17,5	20
Concentración de lecitina de soya	%	X <sub>3</sub>	0,1	0,3	0,5

**Cuadro 11: Variables independientes y respuesta empleadas para el diseño Box-Behnken**

Nº de muestra	Tipo de Cacao a diferentes pH F <sub>1</sub>	Porcentaje de polvo de Cacao F <sub>2</sub>	Porcentaje de lecitina F <sub>3</sub>	Variable respuesta Aceptabilidad
1	1 (8)	1 (20)	0 (0,3)	*
2	1 (8)	-1 (15)	0 (0,3)	*
3	-1 (5)	1 (20)	0 (0,3)	*
4	-1 (5)	-1 (15)	0 (0,3)	*
5	1 (8)	0 (17,5)	1 (0,5)	*
6	1 (8)	0 (17,5)	-1 (0,1)	*
7	-1 (5)	0 (17,5)	1 (0,5)	*
8	-1 (5)	0 (17,5)	-1 (0,1)	*
9	0 (6,5)	1 (20)	1 (0,5)	*
10	0 (6,5)	1 (20)	-1 (0,1)	*
11	0 (6,5)	-1 (15)	1 (0,5)	*
12	0 (6,5)	-1 (15)	-1 (0,1)	*
13	0 (6,5)	0 (17,5)	0 (0,3)	*
14	0 (6,5)	0 (17,5)	0 (0,3)	*
15	0 (6,5)	0 (17,5)	0 (0,3)	*

(\* Valores a ser ingresados una vez realizada la prueba de grado de satisfacción por aceptabilidad)

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental seguido en la presente investigación se muestra en el Cuadro 12.

**Cuadro 12: Diseño experimental de la investigación**

ETAPA PRELIMINAR	TRATAMIENTOS			PRUEBAS SENSORIALES EN TRATAMIENTOS
	FACTORES			
	Tipo de polvo de cacao	Concentración de polvo de cacao (%)	% de lecitina de soya	
Formulaciones de Mezclas de Polvo de Cacao	Polvo de cacao pH 5	15	0,1%	Prueba de grado de satisfacción
			0,3%	
			0,5%	
		18	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
		20	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
	Polvo de cacao pH 7	15	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
		18	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
		20	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
	Polvo de cacao pH 8	15	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
		18	0,1%	
			0,3%	
			0,5%	
20		0,1%		
		0,3%		
		0,5%		
Obtención de fórmula base de mezcla de polvo de cacao estándar.	Diseño de Box-Benhken Total de tratamientos a evaluar 15			<ul style="list-style-type: none"> <li>Optimización de la formulación con Metodología de Superficie de Respuesta.</li> </ul>

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 OBTENCIÓN DEL POLVO DE CACAO

En primer lugar se obtuvo los diferentes tipos de polvo de cacao a pH: 5; 6,5 y 8, para ello utilizó el proceso descrito en el punto 3.5.1.

En el Cuadro 13 se muestran en porcentaje mínimos y máximos los resultados de los análisis obtenidos en la materia prima (almendras de cacao).

**Cuadro 13: Resultados del control de calidad de las almendras de cacao**

Características	Porcentaje
Humedad	6,00 – 9,00
Almendras fermentadas	89,00 – 96,00
Almendras no fermentadas	4,00 – 11,00
Almendras defectuosas	
- Almendras planas	0,20 – 0,30
- Almendras partidas	0,20 – 0,80
- Almendras germinadas	0,10 – 1,00
- Almendras picadas	0,50 – 0,80
- Almendras mohosas	0,80 – 1,50

Como se observa los granos de cacao empleados en la obtención del polvo de cacao cumplen con los requisitos establecidos por la NTP ISO 2451:2006 (INDECOPI, 2006b), asimismo en función a lo establecido en la NTP ISO 1114:2006 (INDECOPI, 2006a) los granos de calidad fueron de Grado 1.

En el Cuadro 14, se presentan los resultados fisicoquímicos y microbiológicos de los tres tipos de polvos de cacao obtenido, teniendo en cuenta el pH.

Minifie (1989) menciona que la cocoa natural debe tener un pH entre 5 a 5,7 y la cocoa alcalinizada pH ente 6,5 a 8. En este caso teniendo en cuenta el pH el primer polvo de cacao sería natural y los otros dos serían de tipo alcalinizado.

**Cuadro 14: Análisis físico-químico y microbiológico de los tipos de polvo de cacao utilizados en las mezclas**

Característica	Polvo de cacao pH 5	Polvo de cacao pH 6,5	Polvo de cacao pH 8
Humedad (%)	3,3	3,1	3,5
pH	5,0	6,5	8,0
Aerobios Mesófilos Viables (ufc/g)	3300	2900	3100
Coliformes Totales	Negativo	Negativo	Negativo
<i>Salmonella</i>	Negativo	Negativo	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negativo	Negativo	Negativo
Hongos (ufc/g)	20	10	10
Levaduras	Negativo	Negativo	Negativo

## 4.2 FORMULACIÓN DE MEZCLAS DE POLVO DE CACAO

Se obtuvieron las 15 mezclas de polvo de cacao con las diferentes combinaciones de tipos de polvo de cacao de acuerdo al pH, concentración de polvo de cacao y concentración de lecitina, según lo expuesto en el diseño experimental, las cuales fueron sometidas a la prueba de grado de satisfacción.

El requisito de estas mezclas fue que el polvo de cacao se encuentre alrededor del 20% (INDECOPI, 2007). Groot (2004) señala que una forma básica de alterar la

percepción del sabor de un producto final es mediante la variación de las dosis de cacao en polvo en la mezcla, por ello se establecieron los niveles de 15; 17,5 y 20%.

La FAO (1981) en el Codex Alimentarius para este tipo de mezclas permite la inclusión de ingredientes como el azúcar, la lecitina de soya y la vainillina. El azúcar provee el sabor dulce requerido en la mezcla, Shittu y Lawal (2006), evaluaron diferentes niveles, los que se tomaron como referencia a nivel de pruebas preliminares, estableciéndose como nivel constante 25%.

Rodríguez (2007) señala que el polvo de cacao bajo en grasas no se mezcla bien por sí mismo con agua o con leche; requiere un agente humectante como la lecitina, ésta se puede usar como sustituto barato de la costosa manteca de cacao que se prefiere vender por separado antes que añadirse a su producto. En las pruebas se evaluaron los niveles de 0,1; 0,3 y 0,5%.

Con respecto a la vainillina, el Codex Alimentarius (1981) recomienda su uso, en cantidades pequeñas a fin de ajustar el sabor y aroma de la mezcla de polvo de cacao. El nivel constante establecido fue 1%.

#### **4.2.1 PRUEBA DEL GRADO DE SATISFACCIÓN DE LAS MEZCLAS DE POLVO DE CACAO PARA LA OBTENCIÓN DE LA ACEPTABILIDAD**

La evaluación sensorial se llevó a cabo con los panelistas que señalaron su predilección por el consumo de productos con sabor a chocolate, no presentaban alergias a los productos en base a polvo de cacao y dado su interés y compromiso con la presente investigación, tal como lo recomienda Costell y Duran (1981a).

El número de jueces que participaron en la prueba sensorial fue igual a 105, los mismos que fueron divididos en 5 grupos de 21 personas.

La prueba sensorial se realizó en la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, en 2 sesiones por grupo de las cuales la primera sirvió de capacitación y conocimiento de la prueba sensorial, en ella se indicó a los panelistas la manera de realizar la prueba, el llenado de la cartilla, la misma que se presenta en el Anexo 1. Así mismo, dicha sesión sirvió para aclarar dudas sobre la metodología de la evaluación, es por ello que los datos obtenidos no se tomaron en cuenta para el análisis estadístico de los resultados, tal como lo recomienda Sancho *et al.* (2002).

En el Anexo 3 se presentan los resultados obtenidos en la prueba de grado de satisfacción. En el Cuadro 15 muestra el promedio de los resultados obtenidos de las mezclas secas de polvo de cacao.

**Cuadro 15: Promedio de los resultados de la Prueba de aceptabilidad**

Tratamientos	Aceptabilidad Suma Total	Aceptabilidad en Promedio
1	44	2,10
2	54	2,57
3	55	2,62
4	75	3,57
5	83	3,95
6	88	4,19
7	125	5,95
8	126	6,00
9	127	6,05
10	113	5,38
11	100	4,76
12	91	4,33
13	96	4,57
14	86	4,10
15	81	3,86

La finalidad de las pruebas de aceptabilidad es conseguir el nivel de agrado del producto. En este caso los resultados de los panelistas indican que el tratamiento con menor aceptabilidad en promedio (2,10), equivalente al nivel me disgusta mucho, fue el tratamiento 1 (polvo de cacao pH 5,0 al 15,0% y lecitina de soya 0,3%) y el que obtuvo el mayor nivel de aceptabilidad en promedio (6,05), equivalente al nivel me gusta mucho, fue el tratamiento 9 (polvo de cacao pH 6,5 al 17,5% y lecitina de soya 0,3%). Esto concuerda con lo establecido por Groot (2004), quien menciona que el sabor de una mezcla de polvo de cacao es dependiente principalmente del pH. Las mezclas con polvo de cacao ligeramente alcalinizadas (pH 6,5) tienen un sabor suave, más ligero, parecido al de chocolate con leche, mientras que las mezclas con polvo de cacao (pH 5,0) tienen un sabor a cacao frutoso con notas ácidas, menos apetecible por los consumidores; las mezclas de polvo de cacao altamente alcalinizadas (pH 8) presentan un sabor a cacao y una amargura más pronunciados.

Montgomery (2002) indica que la transformación de los datos se utiliza para tres propósitos: estabilizar la varianza de la respuesta, hacer que la distribución de la variable de respuesta esté más cerca de la distribución normal y convertir los datos discretos a continuos. Por lo que los resultados de aceptabilidad fueron transformados mediante el método de Box-Cox, mediante el cual se encuentra un exponente  $\lambda$  al que se deben elevar los datos. Los datos de aceptabilidad transformados se presentan en el Anexo 4, los cuales fueron convertidos mediante  $\ln$ .

Los resultados de aceptabilidad transformados fueron evaluados estadísticamente a través de las pruebas paramétricas: Análisis de Varianza y Prueba de Duncan para determinar los mejores tratamientos. Los resultados indican que el tratamiento 9 (polvo de cacao pH 6,5 y 17,5% y lecitina de soya 0,3%), el de mayor aceptabilidad, puede considerarse estadísticamente igual a los tratamientos 7 y 8, y dichos tratamientos presentaron la misma formulación. El desarrollo de dichas pruebas para los valores de aceptabilidad de las mezclas secas de polvo de cacao se presentan en el Anexo 5.

### 4.3 OPTIMIZACIÓN DE LA MEZCLA DE POLVO DE CACAO A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DE SUPERFICIE DE RESPUESTA

La metodología de Superficie de Respuesta es una técnica matemática y estadística en la que se seleccionan previamente un número discreto de factores que se saben que son los que más influyen en el producto y en su aceptación global. A partir de la variación de estos factores y siguiendo diseños experimentales adecuados, se obtienen datos cuantitativos de la variable respuesta (aceptación) que, ajustados a un modelo matemático, proporcionan una ecuación multivariante que resume los resultados del estudio y permite predecir las respuestas para valores que no fueron determinados en el experimento. (González *et al.*, 2000).

Meilgaard *et al.* (1991) indica que la optimización de un producto consiste en manipular unas cuantas variables de los ingredientes para mejorar los atributos deseados e intensificar la aceptabilidad del consumidor. Por lo cual, el objetivo fue optimizar la mezcla de polvo de cacao en las variables tipo de polvo de cacao en función al pH y la concentración de polvo de cacao y lecitina a través de la metodología de superficie de respuesta que genere la mayor aceptabilidad.

En el Cuadro 16 se muestra los resultados de aceptabilidad sensorial para las 15 formulaciones de mezclas de polvo de cacao.

**Cuadro 16: Formulaciones aplicadas para la optimización de la aceptabilidad sensorial de las mezclas polvo de cacao según diseño Box-Behnken**

Tratamientos	Ingredientes							Aceptabilidad Sensorial (ln y)
	Polvo de cacao pH 5	Polvo de cacao pH 6,5	Polvo de cacao pH 8	Lecitina de soya	Azúcar	Vainillina	Agua	
T1	15,0	-	-	0,3	25,0	1,0	58,7	0,69
T2	17,5	-	-	0,1	25,0	1,0	56,4	0,93
T3	17,5	-	-	0,5	25,0	1,0	56,0	0,90
T4	20,0	-	-	0,3	25,0	1,0	54,6	1,25
T5	-	15,0	-	0,1	25,0	1,0	58,9	1,33
T6	-	15,0	-	0,5	25,0	1,0	58,5	1,40
T7	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2	1,78
T8	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2	1,79
T9	-	17,5	-	0,3	25,0	1,0	56,2	1,80
T10	-	20,0	-	0,1	25,0	1,0	53,9	1,67
T11	-	20,0	-	0,5	25,0	1,0	53,5	1,55
T12	-	-	15,0	0,3	25,0	1,0	58,7	1,45
T13	-	-	17,5	0,1	25,0	1,0	56,4	1,50
T14	-	-	17,5	0,5	25,0	1,0	56,0	1,40
T15	-	-	20,0	0,3	25,0	1,0	54,6	1,34

Aplicando el Programa Statgraphics Plus 5.1, se generó el resultado del Análisis de Varianza (ANOVA) del modelo, el mismo que se muestra en el Cuadro 17.

**Cuadro 17: Análisis de Varianza de la optimización de la aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao mediante superficie de respuesta**

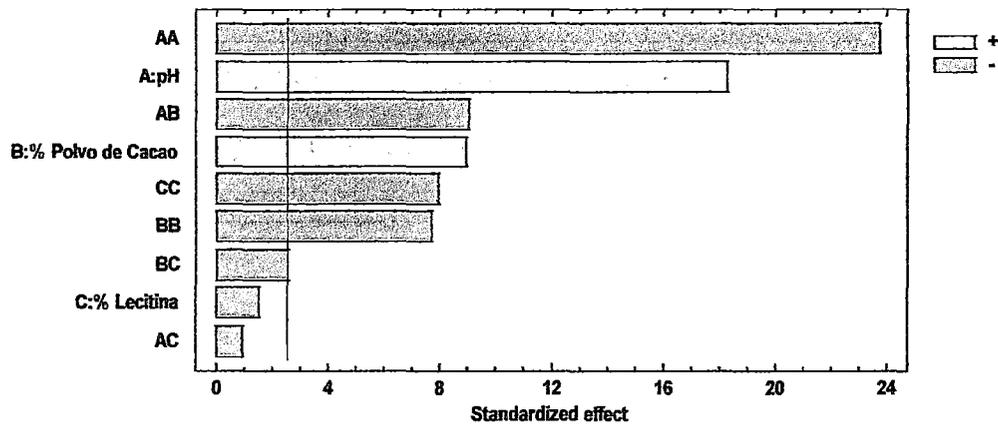
Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:pH	0.4608	1	0.4608	333.91	0.0000
B:%Polvo de Cacao	0.11045	1	0.11045	80.04	0.0003
C:% Lecitina	0.0032	1	0.0032	2.32	0.1883
AA	0.777052	1	0.777052	563.08	0.0000
AB	0.112225	1	0.112225	81.32	0.0003
AC	0.001225	1	0.001225	0.89	0.3894
BB	0.0816981	1	0.0816981	59.20	0.0006
BC	0.009025	1	0.009025	6.54	0.0508
CC	0.0872827	1	0.0872827	63.25	0.0005
Error total	0.0069	5	0.00138		
Total (corr.)	1.57416	14			

El análisis de varianza para la optimización de la aceptabilidad sensorial de la mezcla seca de polvo de cacao expresa que el pH y la concentración de polvo de cacao tiene un efecto significativo en la maximización de la aceptabilidad sensorial del producto (valor-P = 0,0000; 0,0003 respectivamente) al igual que sus efectos cuadráticos. Debido a que tienen los p-valores inferiores a 0,05 con un nivel de confianza del 95,0% se consideran significativos para el modelo matemático (Méndez, 2007).

Por otro lado la concentración de lecitina no tiene efecto significativo en la aceptabilidad sensorial de la mezcla, mientras que su efecto cuadrático si lo es (valor-P = 0,1883). Además observamos que solo la interacción entre el pH y el porcentaje de polvo de cacao resulta significativo (valor-P = 0,0003).

La Figura 5 presenta el gráfico de los efectos de las variables en la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao, que indica la significancia de los efectos principales de las variables evaluadas, interacciones y efectos cuadráticos; en éstas gráficas los escalones donde cambia bastante la longitud de las barras separan grupos de efectos con diferente

importancia (Gutiérrez y De la Vara, 2008). Por lo cual en ésta gráfica se observa la influencia del pH y la concentración del polvo de cacao sobre la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao así como el efecto cuadrático del tipo de polvo de cacao dado por el pH, para un nivel de confianza del 95%.



**Figura 5: Gráfico del efecto del tipo de polvo de cacao, concentración del polvo de cacao y concentración de lecitina en la aceptabilidad de la mezcla seca de polvo de cacao**

Gutiérrez y De la Vara (2008) señalan que el estadístico  $R^2$  cuanto más cerca esté al 100% los modelos propuestos se adaptan mejor a los datos reales. En lo que respecta al estadístico  $R^2$  de la investigación, indica que el modelo explica el 98,7727% de la variabilidad de la aceptabilidad, dicho indicador refleja que los datos se ajustan a este modelo, por lo tanto la ecuación de regresión para ajustar los datos experimentales es:

$$\text{Aceptabilidad} = -21.98 + 3.61A + 1.20B + 4.25C - 0.20A^2 - 0.04AB - 0.06AC - 0.02B^2 - 0.10BC - 3.84C^2$$

Donde:

- A : pH del polvo de cacao
- B : Concentración del polvo de cacao (%)
- C : Concentración de lecitina de soya (%)

Así mismo en el Cuadro 18 se presentan los coeficientes de las variables que conforman la ecuación de superficie de respuesta, reportados por el Programa Statgraphics Plus 5.1.

**Cuadro 18: Coeficientes de regresión para la aceptabilidad sensorial**

Coeficiente	Estimado
constante	-21.98
A:PH	3.61
B:%POLVO CACAO	1.20
C:% Lecitina	4.25
AA	- 0.20
AB	- 0.04
AC	- 0.06
BB	- 0.02
BC	- 0.10
CC	- 3.84

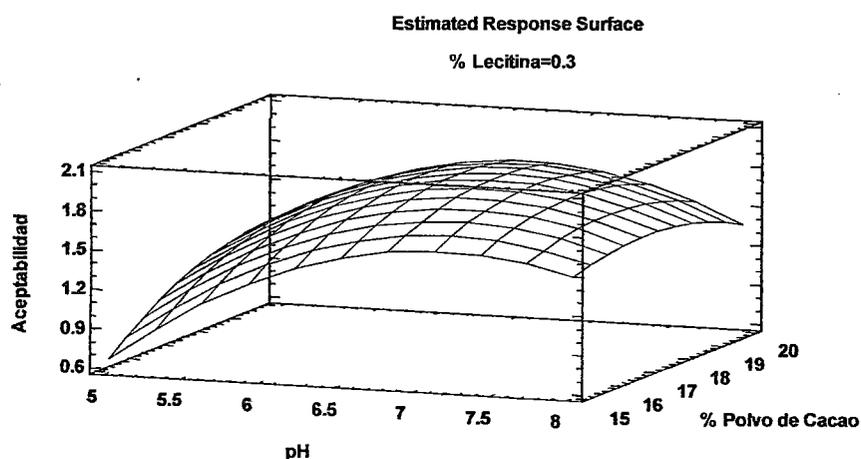
La formulación óptima que maximiza la aceptabilidad sensorial hasta un valor de 6,25 de la mezcla seca de polvo de cacao por la metodología de superficie de respuesta se muestra en el Cuadro 19. Siendo ésta pH del polvo de cacao 6,81, concentración de polvo de cacao 18,24% y una concentración de lecitina de 0,28%. Dichos valores son cercanos y tienen una tendencia hacia lo establecido experimentalmente con la prueba del grado de satisfacción (tratamiento 9: pH 6,5, 17,5%, 0,3%); dicho tratamiento obtuvo la mayor sumatoria en la prueba de aceptabilidad sensorial realizada. Con similar tendencia encontrada por Deshpande *et al.* (2007) al optimizar una bebida con sabor a chocolate a través de la evaluación de la aceptabilidad empleando una escala hedónica de 9 puntos.

**Cuadro 19: Respuesta optimizada de los factores para la máxima aceptabilidad**

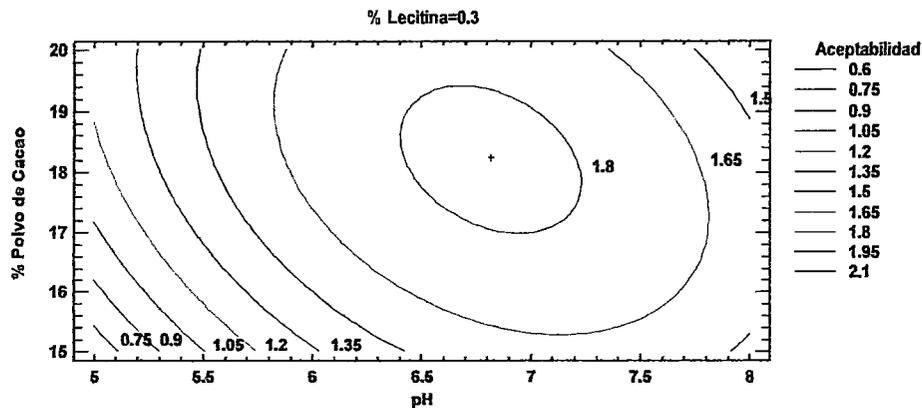
Variables	Nivel Bajo	Nivel Alto	Óptimo
pH del polvo de cacao	5.0	8.0	6.81
Concentración del polvo de cacao	15.0	20.0	18.24
% Lecitina	0.1	0.5	0.28

En la Figura 6 se presenta la relación entre las variables o factores en la aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao, dicha gráfica muestra una representación de superficie de respuestas de forma alabeada y de variación local suave, tal como lo refiere Gutiérrez y De La Vara (2004).

La superficie de respuesta obtenida en la Figura 6 y las curvas de nivel de dicha superficie (Figura 7) reflejan que conforme el pH del polvo de cacao se va acercando al valor óptimo entre 6,5 y 7,0, así como la concentración entre 18,0 y 18,5%, con una concentración de lecitina cercana a 0,3% la aceptabilidad en valor numérico aumenta. El punto óptimo de aceptabilidad presenta un nivel 6,25.



**Figura 6: Superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao**



**Figura 7: Contornos de superficie de respuesta de la máxima aceptabilidad de la mezcla de polvo de cacao**

#### **4.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y ACEPTABILIDAD SENSORIAL DE LA MEZCLA OPTIMIZADA.**

Con el fin de validar el modelo generado por la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta, el tratamiento óptimo fue sometido a la prueba de grado de satisfacción obteniéndose un nivel promedio de aceptabilidad general de 6,17 valor muy cercano al obtenido en el Programa Statgraphics Plus 5.1.

Por lo que se puede indicar que el sabor juega un papel importante en la aceptabilidad (Carpenter et al., 2002), principalmente estuvo relacionado por el tipo de polvo de cacao utilizado (pH 6,81) el cual sería un polvo de cacao alcalinizado y como menciona Desrosier (1996) y Groot (2004) las coccos alcalinizadas tienen un color más oscuro y el sabor es más suave menos mordiente. Así mismo la dispersabilidad se mejora. Esta última característica se pudo optimizar agregando 0,28% de lecitina.

En el Anexo 6 se presentan los valores de la Prueba de aceptabilidad realizada a la mezcla de polvo de cacao óptima.

Los resultados de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a la mezcla de polvo de cacao óptima se presentan en el Cuadro 20.

Se observa que los valores obtenidos en el análisis fisicoquímico están influenciados por el pH del polvo de cacao utilizado.

En cuanto al pH de éste producto indica que se ha elaborado con un polvo de cacao alcalinizada Minifie (1989), el cual da la característica del sabor como lo menciona Groot (2004) los polvos ligeramente alcalinizados tienen un sabor suave mientras que los polvos altamente alcalinizados tienen un sabor a cacao y una amargura más pronunciados.

**Cuadro 20: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la mezcla de polvo de cacao óptima**

Característica	Nivel
pH	6,8
Humedad (%)	3,1
Cenizas totales (%)	6,80
Grasa (%)	15,30
Proteína (%)	25,25
Carbohidratos (%)	42,30
Fibra dietaria total (%)	7,25
Aerobios Mesófilos Viables (u.f.c/gramo)	42x10 <sup>2</sup>
Coliformes Totales	Negativo
<i>Salmonella</i>	Negativo
<i>Staphylococcus aureus</i>	Negativo
Hongos (u.f.c/gramo)	20
Levaduras (u.f.c/gramo)	10

Con respecto a la humedad el valor de 3,1% cumple con lo establecido por el Codex Alimentarius (1981).

El alto contenido de proteína de 25,25% puede deberse que durante la fermentación del grano de cacao sucede una proteólisis y la difusión de proteína a través de la cáscara, por lo tanto el contenido de proteínas aumenta, según lo indicado por Ordoñez (1994).

Los valores del contenido de grasa y fibra están dentro de lo establecido por INDECOPI (2007). Así mismo Desrosier (1996) indica que cocoas de contenido graso entre 14 y 18% se usan para bebidas chocolatadas, postres de chocolate, mezclas para repostería.

Para el porcentaje de cenizas 6,80% es un valor que se encuentra dentro de los parámetros y demuestra el uso de una cocoa alcalinizada, este valor nunca debe exceder de 11% pues sería indicador de un exceso de álcali en el proceso Minifie (1989).

Los resultados de análisis de los microorganismos evaluados cumplen con los niveles establecidos por el Ministerio de Salud (2008), asegurando la inocuidad de la mezcla de polvo de cacao obtenida.

## V. CONCLUSIONES

1. El tratamiento que obtuvo la mayor aceptabilidad sensorial fue la mezcla de polvo de cacao (Tratamiento 9) en base a polvo de cacao a pH 6,5 con una concentración del 17,5% y una concentración de lecitina de 0,3%.
2. La formulación óptima de la mezcla de polvo de cacao que se obtuvo por la metodología de superficie de respuesta fue: polvo de cacao pH 6,81 con una concentración de 18,24% y lecitina de soya con una concentración de 0,28%.
3. La aceptabilidad sensorial de la mezcla de polvo de cacao optimizada fue de 6,17.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Aplicar la metodología de superficie de respuesta en la optimización de la formulación de nuevos productos.
2. Realizar un estudio de vida en anaquel del producto desarrollado con la finalidad de determinar el tiempo de vida útil del producto.
3. Realizar la formulación y optimización de una mezcla seca de polvo de cacao bajo en calorías.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Amerine, M.; Pangborn, R. y Roessler, B. 1965. Principles of Sensory Evaluation of Food. Academic Press. New York. USA.
2. Anzaldúa - Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza. España. 198p.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemist). 2000. Official Methods Analysis. 16th edition. Ed. Vol:1-2.
4. Ayala, J y Pardo, R. 1995. Optimización por diseños experimentales. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Lima. Perú. 270p.
5. Beckett, S. 2000. La Ciencia del chocolate. Editorial Acribia S.A: Zaragoza. España. 201p.
6. Beckett, S. 1994. Fabricación y utilización industrial del Chocolate. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 209p.
7. Badui, S. 1993. Química de los Alimentos. 3ra Edición. Editorial Pearson Educación. Mexico. 648 p.
8. Belitz, H. y Grosch, W.1992. Química de los Alimentos .2da Edición. Editorial Acribia S.A, Zaragoza. España. 1134p.

9. Bispo, E.; Ferreira, V.; Santana, L.; Yotsuyanagi, K. 2005. Perfil sensorial de pó de cacau (*Theobroma cacao* L.) alcalinizado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* Apr./June.vol.25, Nº.2. 375-381p.
10. Bried, D. 1991. *Cocoa Flavour*. Reading Scientific Services Ltd. Food Technology Centre. University of reading.
11. Carpenter, R; Lyon, D; Hasdell, T. 2002. *Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 224p.
12. Choi, D.; Resurrección, A.; Phillips, R. 2002. Optimization of sensory characteristics and consumer acceptability for peanut-based extruded snack products using response surface methodology. Disponible: [http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper\\_13450.htm](http://ift.confex.com/ift/2002/techprogram/paper_13450.htm).
13. Collazos, C. 1993. *La Composición de Alimentos de Mayor Consumo en el Perú*. 6ta edición. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Nutrición. Banco Central de Reserva. Lima, Perú. 35p.
14. Costell, E.; Durán, L. 1981a. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. II. Planteamiento y Planificación: Selección de Pruebas. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol 21. Num 2. 149 – 166p.
15. Costell, E y Durán, L. 1981b. El análisis sensorial en el control de la calidad de los alimentos III. Planificación, selección de jueces y diseño estadístico. *Revista Agroquímica y Tecnología Alimentaria*. Vol. 21. Nº2. España. 454-470p.
16. Costell, E.; Durán, L. 1982. El Análisis Sensorial en el Control de Calidad de los Alimentos. IV. Realización y Análisis de datos. *Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos*. Vol 22. Num 1. 1 – 21p.
17. Cross, H; Moen, R y Stanfield, M. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technology*. Vol. 32. Nº7. 48-54p.

18. Cubero, N.; Monferrer, A.; Villalta, J. 2002. Aditivos Alimentarios. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 240p.
19. Deshpande, R; Chinnan, M; McWatters, K. 2007. Optimization of a chocolate-flavored, peanut-soy beverage using response surface methodology as applied to consumer acceptability data. Swiss Society of Food Science and Technology. Elseiver. 1-8p.
20. Desrosier, N. 1996. Elementos de Tecnología de Alimentos. Editorial CECSA. México. 793p.
21. FAO (Food and Agriculture Organization). 1981. CODEX STAND 105-1981. Norma del Codex para el cacao en polvo (cacao) y mezclas secas de cacao y azúcar. Volumen 11. Azúcares, productos del cacao y el chocolate y productos diversos. Segunda edición. Roma. 43-48p.
22. Figueroa, P. 2003. Optimización de una Superficie de Respuesta utilizando JMP IN. Mosaicos Matemáticos N° 11:17-23.
23. Gallegos, S. 2003. Diseño y desarrollo de kekitos elaborados a partir de torta de castañas (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). Tesis UNALM. Lima. Perú.
24. González, M.; Ferrero, B.; Cabezudo, M. 2000. Optimización del batido de vainilla mediante la metodología de superficie de respuesta. Alimentación, Equipos y Tecnología. Agosto. N°06 77-80 p.
25. Groot, H. 2004. Mezclas Secas. Revista. Industria Alimenticia. Noviembre.
26. Gutiérrez, H y De la Vara, R. 2008. Análisis y diseño de experimentos. McGraw Hill. Mexico. 545p.
27. Hardy, F. 1970. Manual del cacao. IICA. Turrialba. Costa Rica.

28. Huor, S.; Ahmed, E.; Rao, P.; Cornell, J. 1980. Formulation and Sensory Evaluation of a Fruit Punch containing watermelon juice. *Journal of Food Science*. Vol. 45. 809-813 p.
29. ICMSF - International Criteria for Microbiological Specifications in Food. Food and Drug Administration. 1983. *Microorganismos de los alimentos 2. Métodos de muestreo par análisis microbiológicos: principios y aplicaciones específicas*. Editorial Acribia. Zaragoza – España. 431p.
30. IFT. 1981. *Sensory Evaluation Guide Testing for Testing Food and Beverage Products*. *Food Technology*. Vol 35. Num 11. 50-57p.
31. INDECOPI (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y Protección de la Propiedad Intelectual). 2006a. NTP-ISO 1114:2006 Granos de Cacao. Prueba de corte. Lima - Perú. 3p.
32. INDECOPI. 2006b. NTP-ISO 2291:2006. Granos de Cacao. Determinación del contenido de Humedad (Método de Rutina). Lima - Perú. 5p.
33. INDECOPI. 2006c. NTP-ISO 2451:2006. Granos de Cacao. Especificaciones. Lima - Perú. 9p.
34. INDECOPI. 2007. NTP 208.007:2007. Cacao y Chocolate: Cacao en Polvo (Cocoa) y mezclas secas de cacao y azúcar. Requisitos. Lima - Perú. 12p.
35. Kuehl, R. 2001. *Principios Estadísticos para el Diseño y análisis de Investigaciones*. 2da Edición. Editorial Thompson. México. 666p.
36. Liria, M. 2007. *Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos*. Proyecto AgroSalud (CIDA 7034161). Lima. Perú. 45p.
37. Madrid, J y Madrid, A. 1990. *Café y Cacao. Elaboración y clasificación de productos*. *Alimentación, Equipos y Tecnología*. Octubre. 163 – 167p.

38. Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, B. 1991. Sensory Evaluation Techniques. CRC Press Inc. London. England. 464p.
39. Méndez, I. 2007. Metodología de Superficie de Respuesta. Universidad Autónoma de México. 367p.
40. Minifie, B. 1989. Chocolate, cocoa, and confectionery science and technology. Third edition. Van Nostrand Reinhold. 624 p.
41. Ministerio de Salud. 2008. Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. R.M. 591:2008/MINSA. Lima – Perú. 9p.
42. Montgomery, D. 2002. Diseño y análisis de experimentos. Editorial Limusa S.A. de C.V. Segunda edición. México. 686p.
43. Multon, J. 2000. Aditivos y auxiliares de fabricación en la Industria agroalimentarias. 2º edición. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. España. 806 p.
44. Ordoñez, E. 1994. Influencia de la alcalinización en la calidad del cacao (Thebroma cacao) en polvo o cocoa. Tesis UNALM. Lima. Perú. 149p.
45. PDA – MINAG (Programa para el desarrollo de la Amazonia - Ministerio de Agricultura del Perú). 2004. Manual de cultivo de cacao. Editorial Ministerio de Agricultura. Lima - Perú.
46. Prat, A.; Tort-Martorell, X.; Grima, P.; Pozueta, L. 2000. Métodos Estadísticos: Control y Mejora de la Calidad. Alfaomega. México. 376p.
47. Pedrero, D. y Pangborn, R. 1996. Evaluación sensorial de los alimentos. Métodos analíticos. Editorial Alambra. Mexicana. México. 215p.
48. Peryam, D. y Pilgrim, F. 1957. Hedonic Scale Method of Measuring Food Preferences. Food Technology. September 1957. 67-69p.

49. Pezo B., R. 1998. El impacto de la producción y transformación del cacao en el Perú. Instituto de Estudios Amazónicos. Lima - Perú. 36p.
50. Radtke, L y Rodriguez, N. 1981. In-House preference testing: An R&D resource. Food Technology. November 1980. 67-69p.
51. Rodríguez, T.; Camejo, J.; Paz M. 2004. Evaluación de cocoa en leche saborizada. Revista de Tecnología e Higiene de los Alimentos N° 351, 81-84. p.
52. Rodríguez, R. 2007. Cacao: Cacao en Polvo. Disponible en [www.cacao.com](http://www.cacao.com). accesada el 22 de Agosto 2007.
53. Sancho, J.; Bota, E.; De Castro J. 2002. Introducción al Análisis Sensorial de los Alimentos. Alfaomega Grupo Editor. México. 336p.
54. Shittu, T.; Lawal, M. 2006. Factores que Afectan las Propiedades Instantáneas de Bebida de Cacao en Polvo. Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Nigeria. 15° Conferencia Internacional sobre Investigación del Cacao.
55. Stone, H y Siedel, J. 1993. Sensory Evaluation Practices. Academic Press. USA. 377p.
56. Ureña, M.; D Arrigo, M y Girón, O. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Primera Edición. Editorial Agraria. Lima. Perú. 199 p.
57. Valencia, R. 1997. Guía de práctica del curso e Métodos Estadísticos I para alumnos de la Facultad de Industrias Alimentarias. UNALM. Lima. Perú.
58. Van Kleef, E.; van Trijp, H.C.M.; Luning, P. 2005. Consumer research in the early stages of new product development: a critical review of methods and techniques. Food Quality and Preference, 16, 181-201p.

59. Villarroel, M.; Uquiche, C.; Brito, G.; Cancino, M. 2000. Optimización de formulaciones para productos dietéticos de pastelería. Sociedad Latinoamericana de Nutrición. Venezuela. Vol 50 N° 1.
60. Watts, B.; Ylimaki, G.; Jeffrey, L.; Elias, L. 1992. Métodos Sensoriales Básicos para la Evaluación de Alimentos. Ottawa. Ont. CIID. 336 p.
61. Wittig de Penna, E. 1981. Evaluación sensorial. Una metodología actual para tecnología de alimentos. USACH. Chile. 134p.
62. Witting de Penna, E.; Craddock, M.; Astete, A.; Gomez, L.; Arteaga A, 1985. Formulación, evaluación de calidad y preferencia de dos tipos de bizcochos (queques) para diabéticos. Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos. Vol 25. Num 4. 565– 571 p.
63. Witting de Penna, E.; Villarroel, M. 2001. Fibra dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud; Obtención, caracterización, efecto fisiológico y aplicación en alimentos. Varela Editora e Liuraria LTDA. 357 p.
64. Zook, K y Wessman, C. 1977. The selection and use of judges for descriptive panels. Food Technology. November. 56-61p.

# **ANEXOS**

**ANEXO 1**  
**FORMATO DE EVALUACIÓN DE LA PRUEBA DE GRADO DE**  
**SATISFACCIÓN**

N° .....

**FICHA DE EVALUACIÓN**  
**PRUEBA DEL GRADO DE SATISFACCIÓN CON ESCALA HEDÓNICA**

NOMBRES Y APELLIDOS: .....	FECHA ...../...../.....
-------------------------------	----------------------------

**INDICACIONES:**

Ud. evaluará cuatro muestras en cuanto a su aceptabilidad general en el orden indicado.

Marque en la escala, con un aspa, el renglón que corresponda a la calificación por cada muestra.

	<b>ESCALA</b>	<b>MUESTRAS:</b>		
		1	2	3
1	Me disgusta mucho			
2	Me disgusta bastante			
3	Me disgusta ligeramente			
4	Ni me gusta ni me disgusta			
5	Me gusta ligeramente			
6	Me gusta bastante			
7	Me gusta mucho			

Muchas Gracias!!

**ANEXO 2**  
**CONSTRUCCION DEL DISEÑO DE BLOQUES INCOMPLETOS**  
**EQUILIBRADOS PARA LA PRUEBA SENSORIAL**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		x		x				x							
2				x	x									x	
3							x						x		x
4	x					x	x								
5	x									x	x				
6			x	x		x									
7				x			x			x					
8					x						x	x			
9									x		x	x			
10	x							x	x						
11		x	x												x
12		x										x	x		
13						x		x							x
14					x		x	x							
15							x			x				x	
16			x				x		x						
17				x							x				x
18					x	x							x		
19		x				x							x		
20	x	x												x	
21			x							x			x		
22		x			x				x						
23								x		x		x			
24									x					x	x
25								x					x	x	
26						x					x			x	
27				x					x	x					
28	x		x		x										
29	x											x			x
30			x									x		x	
31					x					x					x
32			x					x			x				
33						x			x			x			
34		x					x				x				
35	x			x									x		
36		x		x				x							
37				x	x									x	
38							x						x		x
39	x					x	x								
40	x									x	x				
41			x	x		x									

42				X			X			X					
43					X						X	X			
44								X			X	X			
45	X							X	X						
46		X	X												X
47		X										X	X		
48						X		X							X
49					X		X	X							
50							X			X				X	
51			X				X		X						
52				X							X				X
53					X	X							X		
54		X				X							X		
55	X	X												X	
56			X						X				X		
57		X			X				X						
58								X		X		X			
59									X					X	X
60								X					X	X	
61						X					X			X	
62				X					X	X					
63	X		X		X										
64	X											X			X
65			X									X		X	
66					X					X					X
67			X					X			X				
68						X			X				X		
69		X					X				X				
70	X			X									X		
71		X		X				X							
72				X	X									X	
73							X						X		X
74	X					X	X								
75	X									X	X				
76			X	X		X									
77				X			X			X					
78					X						X	X			
79								X		X	X				
80	X							X	X						
81		X	X												X
82		X										X	X		
83						X		X							X
84					X		X	X							
85							X			X				X	
86			X				X		X						
87				X							X				X

88					X	X								X		
89		X				X								X		
90	X	X													X	
91			X							X				X		
92		X			X				X							
93								X		X			X			
94									X						X	X
95								X						X	X	
96						X					X				X	
97				X					X	X						
98	X		X		X											
99	X												X			X
100			X										X		X	
101					X					X						X
102			X					X			X					
103						X			X				X			
104		X					X					X				
105	X			X										X		

**ANEXO 3**  
**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA**  
**EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS DE POLVO DE CACAO**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		3		4				6							
2				5	6									5	
3							7						5		3
4	1					4	6								
5	2									4	5				
6			3	4		5									
7				4			6			5					
8					3						4	4			
9									6		5	5			
10	2							6	7						
11		2	1												3
12		3										3	4		
13						4		7							5
14					3		6	6							
15							6			5				4	
16			3				5		6						
17				3							5				4
18					3	3							6		
19		3				5							6		
20	2	3												4	
21			3							5			4		
22		2			4				6						
23								6		6		4			
24									6					4	4
25								5					3	3	
26						6					5			4	
27				3					6	7					
28	2		3		5										
29	3											5			4
30			3									4		6	
31					4					6					4
32			3					6			5				
33						3			5			4			
34		2					6				3				
35	2			3									4		
36		2		4				6							
37				3	6									5	
38							7						5		3
39	2					4	6								

40	2									4	6				
41			3	4		5									
42				4			6			5					
43					4						3	5			
44								6			5	5			
45	2							6	7						
46		2	1												3
47		3										3	4		
48						4		7							5
49					3		5	5							
50							6			5				4	
51			3				5		6						
52				3							5				4
53					2	2							5		
54		3				5							6		
55	2	3												4	
56			3							6			4		
57		2			4				6						
58								7		6		4			
59									7					4	4
60								5					3	3	
61						5					6			4	
62				2					6	5					
63	2		3		5										
64	3											5			4
65			2									5		4	
66					4					6					4
67			3					6			5				
68						3			5			4			
69		3					6				4				
70	1			3									5		
71		3		4				6							
72				5	6									5	
73							7						5		3
74	1					4	6								
75	2									4	5				
76			3	4		5									
77				4			6			5					
78					3						4	4			
79									6		5	5			
80	3							6	6						
81		2	1												3
82		3										3	4		
83						4		7							5
84					3		6	6							

85						6			5				4	
86			3			5		6						
87				3						5				4
88					3	3						6		
89		3				5						6		
90	2	3											4	
91			3						6			4		
92		2			4			6						
93								6		5		4		
94									7				4	4
95								5				3	3	
96						6					5		4	
97				3					6	7				
98	3		3		5									
99	3											6		4
100			2									5	4	
101					3					6				4
102			3					6			5			
103						3			5			4		
104		2					6				5			
105	2			3									4	

32043

**ANEXO 4**  
**RESULTADOS DE LOS DATOS TRANSFORMADOS (ln y) DE LA PRUEBA DE**  
**GRADO DE SATISFACCIÓN EN LA EVALUACIÓN DE LAS MEZCLAS DE**  
**POLVO DE CACAO**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1		1,0986		1,3863				1,7918							
2				1,6094	1,7918									1,6094	
3							1,9459						1,6094		1,0986
4	0					1,3863	1,7918								
5	0,6931									1,3863	1,6094				
6			1,0986	1,3863		1,6094									
7				1,3863			1,7918			1,6094					
8					1,0986						1,3863	1,3863			
9									1,7918		1,6094	1,6094			
10	0,6931							1,7918	1,9459						
11		0,6931	0												1,0986
12		1,0986										1,0986	1,3863		
13						1,3863		1,9459							1,6094
14					1,0986		1,7918	1,7918							
15							1,7918			1,6094				1,3863	
16			1,0986				1,6094		1,7918						
17				1,0986							1,6094				1,3863
18					1,0986	1,0986							1,7918		
19		1,0986				1,6094							1,7918		
20	0,6931	1,0986												1,3863	
21			1,0986							1,6094			1,3863		
22		0,6931			1,3863				1,7918						
23								1,7918		1,7918		1,3863			
24									1,7918					1,3863	1,3863
25								1,6094					1,0986	1,0986	
26						1,7918					1,6094			1,3863	
27				1,0986					1,7918	1,9459					
28	0,6931		1,0986		1,6094										
29	1,0986											1,6094			1,3863
30			1,0986									1,3863		1,7918	
31					1,3863					1,7918					1,3863
32			1,0986					1,7918			1,6094				
33						1,0986			1,6094			1,3863			
34		0,6931					1,7918				1,0986				
35	0,6931			1,0986									1,3863		
36		0,6931		1,3863				1,7918							
37				1,0986	1,7918									1,6094	

38						1,9459						1,6094		1,0986
39	0,6931					1,3863	1,7918							
40	0,6931									1,3863	1,7918			
41			1,0986	1,3863		1,6094								
42				1,3863			1,7918			1,6094				
43					1,3863							1,0986	1,6094	
44								1,7918			1,6094	1,6094		
45	0,6931						1,7918	1,9459						
46		0,6931	0											1,0986
47		1,0986										1,0986	1,3863	
48						1,3863		1,9459						1,6094
49					1,0986		1,6094	1,6094						
50							1,7918			1,6094				1,3863
51			1,0986				1,6094		1,7918					
52				1,0986							1,6094			1,3863
53					0,6931	0,6931							1,6094	
54		1,0986				1,6094							1,7918	
55	0,6931	1,0986												1,3863
56			1,0986							1,7918			1,3863	
57		0,6931			1,3863				1,7918					
58								1,9459		1,7918		1,3863		
59									1,9459				1,3863	1,3863
60								1,6094					1,0986	1,0986
61						1,6094					1,7918		1,3863	
62				0,6931					1,7918	1,6094				
63	0,6931		1,0986		1,6094									
64	1,0986											1,6094		1,3863
65			0,6931									1,6094	1,3863	
66					1,3863					1,7918				1,3863
67			1,0986					1,7918			1,6094			
68						1,0986			1,6094			1,3863		
69		1,0986					1,7918				1,3863			
70	0			1,0986								1,6094		
71		1,0986		1,3863				1,7918						
72				1,6094	1,7918								1,6094	
73							1,9459					1,6094		1,0986
74	0					1,3863	1,7918							
75	0,6931									1,3863	1,6094			
76			1,0986	1,3863		1,6094								
77				1,3863			1,7918			1,6094				
78					1,0986							1,3863	1,3863	
79								1,7918			1,6094	1,6094		
80	1,0986							1,7918	1,7918					
81		0,6931	0											1,0986
82		1,0986										1,0986	1,3863	

83						1,3863		1,9459								1,6094
84					1,0986		1,7918	1,7918								
85							1,7918				1,6094				1,3863	
86			1,0986				1,6094		1,7918							
87				1,0986								1,6094				1,3863
88					1,0986	1,0986								1,7918		
89		1,0986				1,6094								1,7918		
90	0,6931	1,0986													1,3863	
91			1,0986								1,7918			1,3863		
92		0,6931			1,3863				1,7918							
93								1,7918		1,6094		1,3863				
94									1,9459						1,3863	1,3863
95								1,6094						1,0986	1,0986	
96						1,7918					1,6094			1,3863		
97				1,0986					1,7918	1,9459					>	
98	1,0986		1,0986		1,6094											
99	1,0986											1,7918				1,3863
100			0,6931									1,6094		1,3863		
101					1,0986					1,7918						1,3863
102			1,0986					1,7918			1,6094					
103						1,0986			1,6094			1,3863				
104		0,6931					1,7918				1,6094					
105	0,6931			1,0986									1,3863			

## ANEXO 5

### RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA LA PRUEBA DE GRADO DE SATISFACCIÓN

#### 1.- Planteamiento de Hipótesis

Ho: Todas las formulaciones tienen igual aceptabilidad

H1: Al menos una de las formulaciones tiene diferente aceptabilidad.

#### 2.- Elección del nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

#### 3.- Tipos de prueba de hipótesis

Prueba de Análisis de Varianza

#### 4.- Suposiciones

- Los datos siguen una distribución estadística normal.

#### 5.- Criterios de decisión

- Se acepta la Ho: si el  $F_{Cal}^T \leq F_{\alpha \{t-1, (t-1)(b-1)\}}$

- Se rechazara la Ho: si  $F_{Cal}^T > F_{\alpha \{t-1, (t-1)(b-1)\}}$

#### 6.- Desarrollo de la Prueba: Construcción de la Tabla del ANVA.

##### a) Suma Total de Cuadrados

$$\sum Y^2 = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{n_i} y_{ij}^2$$

##### b) Suma de Cuadrados debido a la Media (Myy)

$$Myy = \frac{(\sum_{i=1}^t T_i)^2}{bt}$$

##### c) Suma de Cuadrados entre Bloques (Byy)

$$Byy = \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{t} - Myy$$

**d) Suma de Cuadrados entre Tratamientos (Tyy)**

$$T_{yy} = \frac{\sum_{i=1}^t T_i^2}{b} - M_{yy}$$

**e) Suma de Cuadrados del Error Experimental (Eyy)**

$$E_{yy} = \sum Y^2 - M_{yy} - B_{yy} - T_{yy}$$

**7.- Región Crítica.** Para  $\alpha = 5\%$ ,

**a) Para los Tratamientos :** t-1; (t-1)(b-1):

En la tabla F se encuentra.

$$C^T = \{ F_{Cat}^T : F_{Cat}^T > F_{tab} \}$$

Se rechaza  $H_0^T$  en los tratamientos

**b) Para los Bloques:** b-1 ; (t-1)(b-1)

Entonces la región crítica de la prueba  $\alpha$  de tamaño será.

$$C^B = \{ F_{Cat}^B : F_{Cat}^B > F_{tab} \}$$

Se rechaza  $H_0^B$  en los Bloques.

**ANALISIS DE VARIANZA**

Dependent Variable: Transformacion de LN

Source	Suma de Cuadrados	df	Cuadrado Medio	F	Sig.
Model	644,276 <sup>a</sup>	119	5,414	157,722	,000
Tratamiento	25,333	14	1,810	52,715	,000
Jueces	8,522	104	,082	2,387	,000
Error	6,728	196	,034		
Total	651,004	315			

a. R Squared = ,990 (Adjusted R Squared = ,983)

## 8.- Conclusión

Existe diferencia en la aceptabilidad entre las diferentes formulaciones de las mezclas secas de polvo de cacao

Como al menos uno de los tratamientos es diferente. Por lo que se realizaría la Prueba de Duncan.

### Prueba de Duncan

Se presenta a continuación los resultados de la prueba de Duncan, realizados con el Programa estadístico SPSS.

#### PRUEBA DE DUNCAN

Duncan <sup>a,b</sup>		Subset							
Tratamiento	N	1	2	3	4	5	6	7	8
1,00	21	,6907							
3,00	21		,9033						
2,00	21		,9250						
4,00	21			1,2512					
5,00	21			1,3335	1,3335				
15,00	21			1,3359	1,3359				
14,00	21				1,3962	1,3962			
6,00	21				1,3977	1,3977			
12,00	21				1,4493	1,4493	1,4493		
13,00	21					1,4948	1,4948		
11,00	21						1,5460		
10,00	21							1,6702	
7,00	21							1,7791	1,7791
8,00	21							1,7865	1,7865
9,00	21								1,7952
Sig.		1,000	,705	,165	,072	,118	,112	,055	,794

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.  
Based on observed means.  
The error term is Mean Square(Error) = ,034.

### Conclusiones:

- Existe diferencia significativa entre las formulaciones.
- El mejor tratamiento fue la formulación 9, por presentar mayor promedio en la aceptabilidad.

**ANEXO 6**  
**RESULTADOS DE LA PRUEBA DE ACEPTABILIDAD EN LA EVALUACIÓN**  
**DE LA MEZCLA DE POLVO DE CACAO OPTIMIZADA**

Panelista	Resultado	Panelista	Resultado	Panelista	Resultado
1	6	22	7	43	6
2	7	23	6	44	6
3	6	24	5	44	6
4	5	25	7	45	7
5	5	26	6	46	6
6	6	27	6	47	6
7	6	28	6	48	6
8	6	29	6	49	6
9	6	30	6	50	6
10	7	31	5	51	7
11	7	32	7	52	6
12	6	33	7	53	6
13	6	34	6	54	7
14	7	35	6	55	7
15	6	36	6	56	5
16	5	37	6	57	6
17	6	38	6	58	6
18	6	39	7	59	6
19	6	40	6	60	6
20	7	41	6	61	6
21	7	42	6	62	7

CONTINUA

Panelista	Resultado	Panelista	Resultado	Panelista	Resultado
63	7	78	6	93	7
64	6	79	6	94	6
65	5	80	6	95	6
66	6	81	6	96	6
67	6	82	6	97	7
68	6	83	6	98	7
69	7	84	5	99	6
70	6	85	6	100	6
71	6	86	6	101	7
72	6	87	6	102	5
73	6	88	6	103	6
74	7	89	6	104	6
75	7	90	7	105	6
76	7	91	6		
77	7	92	6		