

TUES
1.506
Ch 532a
1999
Ej. 2

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



**Escalamiento del Proceso Artesanal para la
Extracción de Bixina a Partir de Semillas de Achiote
(Bixina orellana) en Oro, en la Hacienda "San
Alfonso", San Juan Talpa, Departamento de La Paz.**

PRESENTADO POR:

ANA MELIDA CHICAS

JESUS ADILMAN PEREZ HERNADEZ

BESSY MARGARITA SOTO VILLALTA

15100974

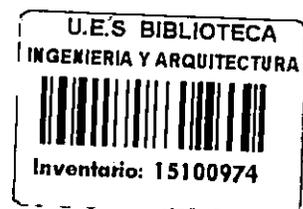
15100974

**PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO**



CIUDAD UNIVERSITARIA, ENERO DE 1999.-

Recibido el 13 de enero/99

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : *Doctor José Benjamín López Guillén*

SECRETARIO GENERAL : *Lic. Ennio Arturo Luna*

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : *Ing. Joaquín Alberto Vanegas Aguilar*

SECRETARIO : *Ing. José Rigoberto Murillo Campos*

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTORA

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Delmy del Carmen Rico Peña".

: *Ing. Delmy del Carmen Rico Peña*



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:
INGENIERO QUIMICO

Título :
Escalamiento del Proceso Artesanal para la Extracción de Bixina a Partir
de Semillas de Achiote (Bixina orellana) en Oro, en la Hacienda
“San Alfonso”, San Juan Talpa, Departamento de La Paz.

Presentado por :
ANA MELIDA CHICAS
JESUS ADILMAN PEREZ HERNANDEZ
BESSY MARGARITA SOTO VILLALTA

Trabajo de Graduación aprobado por:

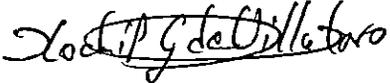
Coordinadora : Lic. Xochil María Godoy de Villatoro

Asesor : Lic. Víctor Manuel Segura Lemus

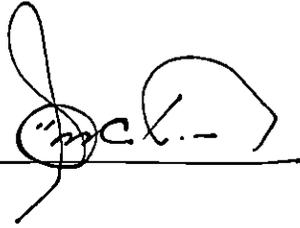
Asesor : Ing. Oscar Mauricio Coto Amaya

San Salvador, Enero de 1999.-

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora y Asesora : Lic. Xochil María Godoy de Villatoro 

Asesor : Lic. Víctor Manuel Segura Lemus 

Asesor : Ing. Oscar Mauricio Coto Amaya 

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que a continuación se mencionan, les agradecemos su colaboración para la realización del presente Trabajo de Graduación:

Lic. Xochil María de Villatoro

Lic. Víctor Manuel Segura Lemus

Ing. Oscar Mauricio Coto Amaya

Ing. Delmy del Carmen Rico Peña

Ing. Flor Celeste Ayala Calero

Ing. Mario Ernesto González Suvillaga

Dra. Elvia Berenice Huevo de Oliva

Lic. Antonio Anaya

Ing. Noé Zenón Rodríguez Chica

Ing. Tania Torres

Sr. Juan Rodolfo Mendoza

Sr. Oscar Morán

Sra. Karen Gutiérrez Morán

Ing. Gonzalo Gustavo Berríos

Ing. Grecia Lidice Henríquez

Ing. Lucía Antonieta Sosa

Sra. Josselyn Sabrina Castillo

Sra. Gilma Ester de Rodríguez

Sr. Adolfo Antonio Chicas

Sra. Jesús Estela Hernández

Lic. Manuel Romero

Sr. Jorge Rubén Monzón Ortiz

Sr. Francisco Alfaro

Sra. Dora Lillan Bercián

Lic. Juan Carlos Nosiglia

Sr. Marcel Jeanpierre

Sr. Alonso Montano

Dra. Guadalupe Morales

Don Serafín y familia

DEDICATORIA

- A DIOS : porque siempre ha estado conmigo, siendo El la luz que ilumina mi camino.
- A MI MADRE: por creer en mi, dándome siempre su incondicional amor y apoyo.
- A MIS HERMANOS: por su amor y confianza en mí.
- A MIS TÍOS : por su apoyo.
- A MI TÍA GILMA: por su amor, consejos y amistad.
- A MIS PRIMOS: por su amor y amistad.
- A MIS AMIGOS que en las buenas y malas han estado conmigo animándome siempre a seguir adelante.

Mely

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO** : Por haberme iluminado y darme fuerzas para seguir adelante.
- A MIS PADRES** : Genaro Pérez y María Ester Hernández, agradeciéndoles de todo corazón su comprensión, apoyo y sacrificios, durante mi formación.
- A MI HERMANO** : Erik Lenin, por su apoyo en todo momento.
- A MIS ABUELOS** : Por sus consejos y oraciones.
- A MIS TIOS** : Que de una u otra forma me ayudaron para poder terminar mi carrera.
- A MI FAMILIA** : Por su ayuda y colaboración.
- A JOSSELYN CASTILLO** : Por su apoyo, amor y comprensión en el desarrollo de este trabajo.

Adilman

DEDICATORIA

- A DIOS TODOPODEROSO:** Por haberme dado la Sabiduría necesaria para terminar mi carrera con éxito.
- A LA VIRGEN DE GUADALUPE:** Por haber sido mi guía e intercesora durante toda mi vida.
- A MIS PADRES :** Lic. Mario Soto y Lic. Carmelina de Soto, por su apoyo, confianza y sacrificios, especialmente en los momentos difíciles.
- A MI HERMANO :** Dr. Mario Soto, por su apoyo en toda mi vida.
- A MIS ABUELOS :** Por su ánimo y apoyo en toda mi educación.
- A NOE RODRIGUEZ :** Por su amor, apoyo y comprensión en la realización de este trabajo y durante toda la carrera.
- A TODOS MIS FAMILIARES Y AMIGOS :** Que me han apoyado y dado ánimos para seguir adelante

Bessy

RESUMEN

La Bixina es un colorante natural extraído de las semillas de Achiote (Bixa Orellana) ampliamente usado en la Industria de Alimentos y comercializado en diferentes presentaciones.

En El Salvador se cuenta actualmente con un cultivo de cinco manzanas ubicado en la Hacienda San Alfonso, cantón Veracruz, municipio de San Juan Talpa, departamento de La Paz; para lo cual en este estudio se ha realizado la evaluación de factibilidad de procesar el Achiote y extraer la Bixina para su posterior comercialización

En la Hacienda San Alfonso, actualmente se encuentran cultivadas cinco variedades de Achiote, las cuales fueron identificadas por la forma de las cápsulas de cada una de estas y posteriormente clasificadas arbitrariamente como A, B, C, D y E; en la parcela muestreada, se encontró que la mayor cantidad de árboles cultivados eran de la variedad C y que además al realizar pruebas de laboratorio se determinó que ésta variedad es la que contiene mayor contenido de Bixina (15.05 % P/P).

La capacidad de la planta de Extracción de Bixina se sugiere para procesar 75 libras al día de semilla de Achiote en oro en tres lotes de 25 libras cada uno y estos a su vez divididos en 5 lotes de 5 libras. El producto a obtener es una suspensión acuosa con una concentración de Bixina de 4.2 g/L, un pH de 5.6 y preservado con Benzoato de sodio en dosis de 1 gramo de preservante por Kilogramo de producto terminado, con calidad para uso en la Industria de Alimentos y en cocina doméstica.

Se espera que con el rendimiento del cultivo en la Hacienda San Alfonso que es de 200 quintales de semilla de Achiote por año se obtenga una producción de 5,980 galones de Bixina en suspensión por año (42,187.7 Kg/año).

A los pobladores de la Hacienda San Alfonso se les presenta así una alternativa para vender un producto con mayor valor agregado de la plantación de Achiote; siendo ésta alternativa el Escalamiento del Proceso Artesanal a partir de las semillas de Achiote.

INDICE GENERAL

Contenido	página
Introducción	1
1.0 Historia y Generalidades de los Colorantes	3
1.1 Tintes	6
1.1.1 Colorantes Directos	6
1.1.2 Colorantes Sustantivos	7
1.1.3 Colorantes Mordientes	7
1.1.4 Colorantes a la Tina	7
1.2 Generalidades sobre los Colorantes Naturales	7
2.0 Datos Agronómicos del Achiote	9
2.1 Datos Botánicos	10
2.2 Morfología de la Planta	11
2.3 Ecología del Cultivo	15
2.4 Cultivo del Achiote	16
2.4.1 Preparación del Suelo	16
2.4.2 Densidad de la Siembra	17
2.4.3 Propagación	17
2.5 Control de Malezas	18
2.6 Podas	18
2.7 Cosecha y Rendimiento	19
3.0 Propiedades y Características Generales del Colorante de Achiote	19
3.1 Códigos del Colorante	21

Contenido	página
3.2 Especificaciones Máximas Requeridas para el Extracto de Achiote y los Pigmentos que se Precipiten de Este	22
3.3 Fuerza de Coloración	24
3.4 Toxicidad.	24
3.5 Principales Usos del Colorante de Achiote	24
3.5.1 Colorante de Achiote en Alimentos.	25
3.5.2 En Medicina	26
3.5.3 En Cosméticos	26
3.5.4 En Textiles	27
3.5.5 En la Industria Avícola.	27
3.5.6 En otras Industrias	28
3.6 Colorantes Competitivos	28
3.7 Contenido de Provitamina A en el Colorante de Achiote	29
3.8 Procesos de Extracción del Colorante	31
3.8.1 Extracción con Agua	32
3.8.2 Extracción con Alcalis	33
3.8.3 Extracción con Aceite	34
3.8.4 Método de Extracción con Solventes	35
3.8.5 Método de Extracción Usando Piridina	37
3.9 Método Rápido para el Análisis de la Semilla de Achiote	37
4.0 Presentación del Producto en el Mercado	39
4.1 Importaciones y Exportaciones de la Semilla de Achiote	41
4.2 Demanda Nacional	42
4.2.1 Cálculo de la Demanda Teórica de Colo- rante de Achiote para la Producción de Quesos en El Salvador	43
4.3 Análisis de la Oferta	44
4.4 Mercado Mundial de Colorantes Naturales	47

Contenido	página
4.4.1 Segmentos del Mercado	48
5.0 Normas Técnicas de Calidad	49
6.0 Localización de la Hacienda donde se Llevará a cabo el Proyecto	52
6.1 Muestreo de la Plantación de la Hacienda	52
6.2 Determinación de la Producción Máxima de Achiote en la Hacienda	56
7.0 Determinación de la Variedad que Posee Mayor Cantidad de Colorantes Totales y de Bixina	57
7.1 Análisis de Varianza del Contenido de Bixina en las Variedades de Achiote	59
8.0 Pruebas para la Determinación de los Parámetros de Operación para la Extracción de Bixina con Agua	60
9.0 Pruebas de Escalamiento del Proceso Artesanal para la Extracción de Bixina con Agua	68
9.1 Condiciones de Operación del Proceso	68
9.1.1 Temperatura de Calentamiento de las Semillas de Achiote	69
9.1.2 Tiempo de Agitación de las Semillas Después del Calentamiento	69
9.1.3 Tiempo de Calentamiento de las Semillas	70
10.0 Resultados de las Pruebas de Escalamiento	70
10.1 Pruebas de Laboratorio para el Escalamiento de la Planta de Extracción de Bixina	71

Contenido	página
10.2 Descripción del Proceso de Producción Propuesto para Extraer la Bixina	73
10.3 Propuesta del Procesamiento del Achiote para Realizarlo en la Hacienda San Alfonso	76
10.4 Producto que se Sugiere Obtener	76
10.5 Determinación del Porcentaje de Bixina y de Colorantes Totales de Muestras Comerciales y del Producto Obtenido	77
11.0 Diseño Preliminar de una Planta Artesanal de Obtención de Bixina a Partir de Semillas de Achiote en Oro Utilizando el Método de Extracción con Agua	78
11.1 Variables Evaluadas	78
11.2 Capacidad de la Planta	80
11.3 Balances de Materia y Energía	81
11.3.1 Balances en la Etapa de Extracción y Concentración	81
11.4 Cálculo de la Cantidad de Semillas que se Requerirían Anualmente para la Producción de la Suspensión Acuosa de Bixina	89
11.5 Cantidades de Colorante a Producir Diaria, Mensual y Anualmente	90
12.0 El Producto en el Mercado	90
12.1 Características del Producto que se Sugiere Comercializar	91
12.1.1 Presentación del Producto	91
12.1.2 Modo de Empleo	92
12.2 Control de Calidad	92
12.2.1 Preservación del Producto Terminado	92
12.2.2 Análisis Bacteriológico	93
12.2.3 Higiene y Seguridad de la Planta de Extracción de Bixina	94

Contenido	página
12.3 Canales de Distribución que se Sugieren Utilizar para la Comercialización del Producto	95
13.0 Especificaciones del Equipo para el Proceso Propuesto	95
14.0 Determinación de los Costos de Producción por Día.	103
15.0 Descripción y Costos de Instalaciones	105
16.0 Cálculo del Consumo Aparente (CA)	110
17.0 Análisis Financiero	110
17.1 Estado Financiero de Flujo de Fondos	110
Observaciones	114
Conclusiones	115
Recomendaciones	116
Referencias Bibliográficas	118
Otras Referencias	122
Anexos	124
Anexo A. Comercialización. Aspecto Teórico	125

Contenido	página
Anexo B. Normas Generales del Codex Alimentarius para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados	132
Anexo C. Análisis Estadístico Realizado	137
Anexo D. Evaluación del Poder Calorífico y Capacidad Calorífica del Achiote	149
Anexo E. Resultado de Análisis Bacteriológico de Muestras de Achiote	154
Anexo F. Información General de la Ubicación y el Diseño de la Planta Productora de Bixina	157

INDICE DE CUADROS

Cuadro	página
CUADRO 1.1 Niveles de Efectos No Adversos e Ingestión Diaria Aceptable para Algunos Colorantes de Uso en Alimentos	5
CUADRO 2.1 Nombres más Comunes con los que se Conoce el Achiote	11
CUADRO 2.2 Clasificación Taxonómica del Achiote	11
CUADRO 3.1 Número de Índice y de Código de Colorantes Naturales Provenientes del Achiote para Usarlos en Alimentos	22
CUADRO 3.2 Empleo Permitido y Dosis Máxima de Colorantes y Extractos de Achiote Utilizados en Alimentos	23
CUADRO 3.3 Composición Química de las Semillas de Achiote Expresada por 100 gramos de Achiote	30
CUADRO 3.4 Composición por Partes de las Semillas de Achiote	31
CUADRO 4.1 Importaciones y Exportaciones de Semilla de Achiote en Oro en El Salvador de 1990 a 1996	41
CUADRO 4.2 Distribuidores de Colorantes a Base de Extracto de Annato a Nivel Nacional	45

Cuadro	página
CUADRO 4.3 Principales Países Exportadores de Achiote	48
CUADRO 6.1 Características Promedio de las Cápsulas de las Variedades Existentes en la Hacienda San Alfonso	55
CUADRO 6.1 Ubicación de las Diferentes Variedades de Achiote Dentro de la Parcela Escogida para el Muestreo	56
CUADRO 7.1 Resultados de Porcentaje de Bixina y de Colorante Total por Variedad de Achiote Utilizando el Método Rápido para Análisis de Semilla de Achiote	58
CUADRO 7.2 Promedios de Porcentaje de Bixina y de Colorantes Totales por Variedad de Achiote	59
CUADRO 7.3 Resultados del Análisis de Varianza entre Variedades de Achiote	60
CUADRO 8.1 Pruebas de Aumento de Volumen de Semillas de Achiote en Remojo con Respecto al Tiempo	61
CUADRO 8.2 Parámetros de Operación de Pruebas de Extracción con Agua para 300 g de Semilla de Achiote Procesadas	64
CUADRO 8.3 Resultados de las Pruebas de Extracción Acuosa de Bixina para 300 gramos de Semilla de Achiote	65

Cuadro	página
CUADRO 10.1 Parámetros de Operación para la Extracción Acuosa de Bixina en lotes de 1, 5, 10 y 12 libras a Partir de Semilla de Achiote en Oro	71
CUADRO 10.2 Resumen de Datos Obtenidos de la Extracción Acuosa de Bixina a Nivel de Laboratorio para Muestras de 1, 5, 10 y 12 libras de Achiote	72
CUADRO 10.3 Promedios de los Resultados de Extracción Acuosa de Bixina a Nivel de Laboratorio para muestras de 1, 5, 10 y 12 libras de Achiote	73
CUADRO 10.4 Resultados de Porcentaje de Bixina y de Colorante Total de Muestras Comerciales y del Colorante Obtenido	77
CUADRO 11.1 Resultados de Análisis Físicoquímicos del Agua Disponible En la Hacienda "San Alfonso"	80
CUADRO 11.2 Achiote Disponible y Achiote Requerido para la Producción Anual	89
CUADRO 11.3 Cantidades de Suspensión Acuosa de Bixina y Bixina a Producir Diaria, Mensual y Anualmente	90
CUADRO 12.1 Características Físicoquímicas del Producto Terminado	91
CUADRO 12.2 Análisis Bacteriológico de Muestras de Producto Terminado con Preservante y sin Preservante.	94

Cuadro	página
CUADRO 13.1 Costo no Instalado del Equipo de la Planta de Extracción de Bixina	102
CUADRO 14.1 Costos de Producción Diarios	105
CUADRO 15.1 Detalle del Costo de Construcción e Instalaciones (puestos en Planta)	108
CUADRO 17.1 Análisis de Flujo de Fondos	113

INDICE DE FIGURAS

Figura	página
FIGURA 1. Rama de <u>B. Orellana</u> Mostrando la Disposición de las Hojas y la Panícula con Botones Florales, Flores Abiertas y Frutos en Desarrollo	14
FIGURA 2. Viñeta Propuesta para la Comercialización del Colorante de Achilote	51
FIGURA 3. Localización de la Hacienda Donde se Llevará a Cabo el Proyecto	53
FIGURA 4. Diagrama de Flujo para el Proceso de la Muestra # 3	67
FIGURA 5. Diagrama de Bloques del Proceso Propuesto para la La Extracción Acuosa de Bixina a partir de Semillas de Achilote en Oro.	75

INTRODUCCION

Para que en El Salvador pueda existir un adecuado desarrollo agroindustrial se requiere de la cooperación de diversos sectores, como la empresa privada, universidades y el gobierno, correspondiéndole a éste último el diseño e implementación de políticas y programas de incentivo para la instalación y desarrollo de la misma.

Al seleccionar el tema de éste trabajo, se ha tenido en mente desarrollar un proyecto que presente alternativas de solución a la situación actual del país y específicamente a la cooperativa a la que va dirigido, planteándoles alternativas para que estos obtengan un mejor desarrollo económico y social.

En lo que se refiere al proceso que se ha determinado como óptimo para la extracción del colorante, éste permite obtenerlo en forma de una suspensión acuosa a la cual se le agrega Benzoato de Sodio en dosis de 1 g por Kg de producto terminado (según la recomendación del Codex Alimentarius), con el fin de que su vida útil sea mayor.

Para poder determinar el mejor procedimiento de extracción se tomaron en cuenta una serie de variables tales como el tiempo de remojo de las semillas (de 0 a 48 horas), tiempo de extracción (de 0 a 1 hora), tiempo de agitación (10 a 15 minutos), temperatura de extracción (de 80 a 90 °C).

Cada una de las pruebas realizadas para la determinación del procedimiento óptimo permitieron evaluar la influencia de cada una de las variables mencionadas, y se determinó que las de mayor importancia son el tiempo de extracción, agitación y temperatura de extracción.

En cuanto a la Investigación de Mercado, este comprende la determinación de quienes son los que más demandan este tipo de producto a nivel industrial resultando en los productores de queso, así como también puede ser utilizado en la cocina doméstica; además se realizó un cálculo de la demanda teórica de colorante en base al porcentaje de botellas de leche que diariamente se destina para la producción de quesos, resultando aproximadamente de cinco litros de colorante diario (tipo MARSHAL), en cuanto a la oferta, se determinó que empresas son las que distribuyen colorantes con achiote.

Se presentan además las características fisicoquímicas de la suspensión de bixina, resultando con un 10.62 % de Bixina y 13.03 % de Colorantes Totales, siendo mayores que los contenidos de muestras comerciales analizadas por el mismo método.

Con un precio sugerido para la venta de 75 colones por galón se realizó un Análisis Financiero de Flujo de Fondos para 5 años de producción, resultando un proyecto rentable por obtener un Valor Actual Neto mayor que cero y una Tasa Interna de Retorno mayor que el 16 % la cual es la tasa de interés asumida como la de préstamos bancarios.

1.0 HISTORIA Y GENERALIDADES DE LOS COLORANTES

Desde la antigüedad el hombre ha utilizado los colores como medio de identificación, para juzgar la calidad y especialmente para darle valor estético a un producto; por esta razón, la historia contiene información sobre múltiples aplicaciones de las materias colorantes en diversas áreas, siendo los alimentos, las medicinas y la apariencia física las de mayor importancia (Berganza, 1985).

El uso de los colorantes se remonta a épocas muy antiguas, ya que se sabe que las mujeres egipcias utilizaban el gena para colorearse el cabello, el carmín para los labios, compuestos de antimonio para decorar de negro los ojos (Coto, 1988).

Hasta el año 1856, todos los colorantes usados en alimentos, cosméticos y medicinas, eran de origen animal, vegetal o mineral; sin embargo, en ese año, sir William Perkin descubrió el primer colorante sintético al cual denominó "Mauve" (color malva), con el cual se inició el descubrimiento de muchos otros, a los cuales se les encontró rápidamente aplicación (Berganza, 1985). ✓

El descubrimiento de los colorantes sintéticos trajo como consecuencia una proliferación en su aplicación a diversos productos; sin embargo, esta proliferación que estaba inicialmente sin control de ningún tipo, fue utilizada en ocasiones para falsificar colorantes o para cubrir la mala calidad de un producto por medio de la utilización de colorantes; esta falsificación fue utilizada aún en el área de alimentos con colorantes tóxicos o de mala calidad, exponiendo de esta manera la salud del consumidor y por esta razón, en el año 1900, se inició en Estados Unidos de América una investigación acerca del efecto de cada uno de los aproximadamente 700 colorantes sintéticos, (casi todos derivados del Alquitrán de hulla) usados en alimentos, sobre la salud del consumidor, obteniendo como conclusión que sólo siete colorantes investigados mostraron resultados favorables (Berganza, 1985).

Después de la investigación anterior se ejerció un mayor control en la aplicación de los colorantes sintéticos y fue hasta en el año 1950, después de muchas investigaciones, que el uso de los colorantes estuvo bajo completo control (Berganza, 1985).

El comercio de estos colorantes naturales parece tener buenas perspectivas, ya que un factor que podría influir en su demanda futura es su empleo creciente en alimentos como consecuencia de las iniciativas en los principales países desarrollados para prohibir el empleo de los colorantes sintéticos en los alimentos elaborados (Berganza, 1985).

La inquietud en torno a la seguridad de los colorantes sintéticos y de las limitaciones resultantes de su empleo en los productos alimenticios, ha renovado un especial interés en los colorantes vegetales para su uso en alimentos (Coto, 1988).

En 1913, Alemania manufacturó el 75% de los colorantes de todo el mundo y, por consiguiente, dominaba el campo de la química orgánica, incluyendo en él la industria farmacéutica (Cram, 1963).

Los colorantes fueron entonces la base de la industria de química orgánica y conservaron esta posición hasta la primera guerra mundial (Cram, 1963).

El Congreso de los Estados Unidos autorizó la adición de colorantes a la mantequilla en 1886, y por el año 1900, colorantes sintéticos fueron utilizados en una gran cantidad de productos alimenticios (National Academy of Sciences, 1971).

Es por esta razón que para cada uno de los colorantes, ya sea natural o sintético se han determinado sus áreas de aplicación y para aquellos usados en alimentos, se determinó la Ingesta Diaria Permisible (IDA, Ingesta Daily Acceptable) en

miligramos por Kilogramo de peso corporal del consumidor, garantizando así su salud (National Academy of Sciences, 1971).

En el CUADRO 1.1 se muestran los Niveles no adversos y la IDA de algunos colorantes.

CUADRO 1.1 Niveles de Efectos No Adversos e Ingestión Diaria Aceptable para Algunos Colorantes de Uso en Alimentos

Colorante	Procedencia del Colorante	Efecto No Adverso Nivel de dieta (%) ^a	FAO/WHO Ingestión Diaria aceptable para hombre (mg por Kg de peso corporal)	
			Incondicional ^b	Condicional ^c
Annato, Bixina y Norbixina	Achiote	0.5	0 - 1.25 ^d	
β - Apo - 8' caroteno	Frutas, o plantas de color amarillo	0.5	0 - 2.5 ^e	2.5 - 5.0 ^e
β - Apo - ácido caroténico metil ó etil éter	Frutas, o plantas de color amarillo	1.0	0 - 2.5 ^e	2.5 - 5.0 ^e
Cantaxantina		5.0	0 - 12.5	12.5 - 25.0
β - caroteno (sintético)		0.1	0 - 2.5 ^e	2.5 - 5.0 ^e
Riboflavina	Vitamina B ₂	—	0 - 0.5	
Dióxido de Titanio	TiO ₂	—	f	
Curcumina	Cúrcuma	—	0 - 0.5 ^d	

^a Establecido para largo período (2 años) de alimentación dietética y de tres a cuatro en estudios de reproducción y generación de ratas.

^b Un IDA incondicional fue asignado sólo para estas sustancias, para las cuales los datos biológicos disponibles incluyeron cualquiera de los resultados de período corto o largo de investigaciones toxicológicas o información bioquímica o metabólica.

^c Un IDA condicional fue asignado para propósitos específicos provenientes de los requerimientos especiales de la dieta.

^d Un IDA temporal fue asignado cuando la información disponible no estaba completada adecuadamente para establecer la seguridad de la sustancia.

^e Expresado como carotenoides totales para peso

^f No tiene limitación excepto para una buena práctica de fabricación.

FUENTE : Libro de National Academy of Sciences, 1971

1.1 TINTES(Cram,1963)

Existen dos sistemas para la clasificación de los colorantes. El que se refiere a su estructura química y el que se toma como base la forma de aplicación a las fibras textiles; este último es el que generalmente se emplea. Esta clasificación es lógica, debido a la importancia que desde el punto de vista tecnológico tiene el determinar la utilidad de un colorante.

Para que un colorante sea útil, debe ser capaz por sí mismo de unirse fuertemente a la fibra, de tal forma que en el lavado no pierda nada de su color. También ha de ser relativamente estable químicamente, en especial para soportar bien la acción de la luz.

1.1.1 COLORANTES DIRECTOS (Cram, 1963)

Los colorantes directos se absorben directamente por la fibra en soluciones acuosas. Los colorantes ácidos son sales de los ácidos sulfónicos o carboxílicos que se precipitan sobre la fibra acidificando el baño.

Los colorantes básicos son sales amónicas o complejos formados por cloruro de zinc y aminas.

Los colorantes directos se emplean generalmente en la lana y también algunas veces en poliamidas sintéticas. Algunos colorantes básicos de elevado peso molecular son fuertemente absorbidos por el algodón y el rayón, limitándose su empleo a estas fibras.

1.1.2 COLORANTES SUSTANTIVOS (Cram, 1963)

El azo colorante formado en la fibra por el acoplamiento de un ion de diazonio con una amina o un fenol, se conoce como colorante sustantivo. Esta técnica se emplea principalmente con el algodón.

1.1.3 COLORANTES MORDIENTES (Cram, 1963)

Un mordiente es un producto que se adiciona a la fibra y es absorbido por ella, pudiendo después atraer al colorante. Por ejemplo el ácido tánico, polímero fenólico corriente, se emplea frecuentemente como mordiente para los colorantes básicos.

Sin embargo, el término colorante mordiente se reserva únicamente para aquellos colorantes que se adicionan usando óxidos metálicos como mordientes. Los óxidos de aluminio y cromo se emplean generalmente como mordientes, ya que forman precipitados altamente insolubles con los colorantes bifuncionales.

1.1.4 COLORANTES A LA TINA (Cram, 1963)

Los colorantes a la tina son sustancias insolubles que se pueden reducir a materiales alquil-solubles. El colorante se aplica en su forma reducida y luego se reoxida en presencia de la fibra.

1.2 GENERALIDADES SOBRE LOS COLORANTES NATURALES

Los colorantes naturales se encuentran en el reino vegetal (semillas, hojas,

raíces, flores de color amarillo, anaranjado y rojo) y animal (leche, mantequilla, yema de huevo en su fase lipida, etc.) (Martínez, 1989).

Los colorantes naturales son representados en su mayoría por los carotenoides, que son un grupo de pigmentos orgánicos de color amarillo y rojo, que están emparentados con la vitamina A. Deben su nombre al pigmento amarillo de la zanahoria (Coto, 1988).

En general los carotenoides, se pueden considerar como productos de la condensación del isopreno y se dividen en:

- a) Carotenos: Hidrocarburos de alto grado no saturados.
- b) Xantófilas: Derivados oxigenados de los carotenos que pueden ser alcoholes, aldehídos y acetonas.

Los carotenos (Provitamina "A") se les encuentra como integrante de las partes verdes, amarillas o rojas de las plantas junto con la clorofila.

Las xantófilas constituyen la materia colorante natural amarilla, naranja o roja, siendo el segundo compañero amarillo de la clorofila (Martínez, 1989).

De acuerdo a Martínez (1989) algunos ejemplos de colorantes naturales son los descritos a continuación:

a) ACHIOTE

Nombre Científico: *Bixa Orellana*

Diferentes nombres: Achiote, annato, bija, achote.

Materia colorante: Bixina, $C_{25} H_{30} O_4$, pardo rojizo

Norbixina, $C_{25} H_{28} O_4$, anaranjado

Solubilidad: Agua (ins), aceite vegetal, alcohol, cetonas, éteres.

Usos: Alimentos, Medicinas, Cosméticos, Textiles, Industria Avícola, Quesos, etc.

b) AÑIL

Diferentes nombres: Indigo

Materia colorante: Indigotina, $C_{16} H_{10} O_2 N_2$, celeste.

Solubilidad: Acido Acético, Acido Sulfúrico, Nitrofenol.

Usos: Alimentos, Medicinas, Textiles, Artesanías, Cosméticos.

c) CURCUMA

Diferentes nombres: Camotillo, Turmeric

Materia Colorante: Curcumina, $C_{14} H_{14} O_4$, amarillo-anaranjado.

Solubilidad: Agua (ins), Alcohol, Acido Acético, Alcallis.

Usos: Polvos de Mostaza y Curry, Textiles, Queso, Mantequilla, Alimentos (Oleoresina), Perfumería (aceite esencial).

d) MARIGOLD

Diferentes nombres: Flor de Muerto, Tagetes.

Materia Colorante: Luteina y xantina, $C_{40} H_{58} O_2$, amarillo-rojizo.

Solubilidad: Alcoholes y Cetonas.

Usos: Industria Avícola, Alimentos (Oleoresinas)

2.0 DATOS AGRONOMICOS DEL ACHIOTE

El achiote, vocablo derivado del Nahuatl "achioti", es una planta que fue usada desde tiempos remotos por nuestros indígenas quienes le daban múltiples usos tales como: cosméticos, adornos para las ropas u otros objetos y para pintar el cuerpo. Fueron los españoles quienes al considerarlo de propiedades semejantes al azafrán le dieron uso culinario (Bergarza, 1985).

El achiote (*Bixa orellana* L.) es una planta nativa de América; su lugar de origen probablemente sea la cuenca amazónica, ya que en ese lugar crecen silvestres otras especies del género *bixa*.

Antes de la conquista de América por los españoles, el achiote crecía desde México hasta Brasil. Con el correr del tiempo, la planta fue introducida a algunos países asiáticos y africanos en donde actualmente se cultiva y explota comercialmente. Esta fue una de las primeras plantas americanas que fue introducida y naturalizada al Sur de Asia y Africa Tropical. Actualmente algunos países africanos se encuentran entre los grandes productores de achiote en el mundo (Rivera, 1988).

Los principales países productores del achiote son: Bolivia, Brasil, Ceilán, República Dominicana, Ecuador, Jamaica, México, Kenya, Tanzania, Perú, India y Argentina.

El nombre "Orellana" fue dado en honor al célebre descubridor del Amazonas "Don Francisco Orellana, y el término "Bixa" se deriva de la lengua taíno, de la palabra *biza* que los indígenas pronunciaban *bisha*" (Rivera Erazo, 1988)

2.1 DATOS BOTANICOS

En el Cuadro 2.1 se presentan los nombres más comunes con los que es conocido el achiote.

CUADRO 2.1 Nombres Más Comunes con los que se Conoce el Achiote

Nombre común	Achiote
Nombre científico	<u>Bixa orellana L.</u>
Otros nombres	Acote, Achote, Achiotillo, Achioll, Anato, Anoto, Anotto, Amato, Bija, BiJo, Bixa, Diteque, Changanica, Chansaguarica, Kisafa, Kastsha, Manso de Casa, Onato, Percacoa, Kocoushon, Urucum, Urucuzero.

FUENTE: Rivera, 1988.

La clasificación Taxónomica del achiote se presenta en el Cuadro 2.2

CUADRO 2.2 Clasificación Taxónomica del Achiote

Clasificación	Nombre
División	Spermatophyta
Sub-división	Angiospermas
Clase	Dicotiledóneas
Sub-clase	Dialipetalas
Orden	Guttiferales
Familia	Bixaceas
Genero	Bixa
Especies	Orellana L. Urucurana W.

FUENTE: Rivera, 1988

2.2 MORFOLOGÍA DE LA PLANTA (Rivera, 1988)

Es un árbol leñoso que llega a alcanzar alturas que van de los 3 m hasta 6.5 m en un período de 10 años, la copa puede medir entre 3.20 m y 8.30 m de diámetro.

Cuando se le deja a libre crecimiento, hay variedades que desarrollan ramas leñosas principales, desde 2 hasta 6 ramas, el diámetro del tronco va desde 18 cm hasta 63 cm medido a una altura de 25 cm sobre la superficie del suelo.

Las hojas son simples, alternas, enteras y pecioladas y tienen un ápice acuminado y un borde cordado.

El color de la flor puede ser blanco o rosado y éstas están localizadas en las partes terminales de las ramas jóvenes, (Ver Figura 1).

La primera floración empieza a los 18 meses después de sembrada la semilla y en los siguientes años se presenta en forma anual. La floración aparece en el mes de Julio y continúa floreciendo hasta el mes de Septiembre; en la zona intermedia del país y en las zonas costeras, llega hasta el mes de Diciembre, aunque existen variedades introducidas que comienzan a florecer en el mes de Noviembre.

Los frutos o cápsulas varían en cuanto a su forma, pudiendo ser redondeadas, acorazonadas, lancetadas y oblongas. Está cubierto de muchos apéndices (pelos) que pueden ser largos, medianos y cortos, aunque existen variedades que no los tienen.

En el fruto o cápsula se presentan tres estados de dehiscencia que son:

- a) Frutos dehiscentes;
- b) Frutos semidehiscentes
- c) Frutos indehiscentes (especialmente las variedades con cápsula lancetadas)

La dehiscencia es una condición que puede manejarse haciendo muestreos para efectuar la cosecha en el momento oportuno, y que es cuando el fruto ya no cede a la presión de los dedos. El muestreo debe incluir además la revisión de la

formación de la semilla dando un buen punto de cosecha, cuando las semillas están completamente cubiertas de una capa cerosa rojiza o anaranjada que contiene el colorante, y la semilla esta bien formada presentando una textura dura.

El fruto contiene un número variable de semillas, lo cual parece estar ligado a la polinización entomófila, variando desde 20 a 55 semillas en algunas variedades.

La semilla está cubierta por una membrana porosa debajo de la cual empiezan a formarse los colorantes Bixina y Orellina, los cuales al ser exudados por esa membrana forman una capa cerosa que contiene los colorantes cuando la semilla está seca.

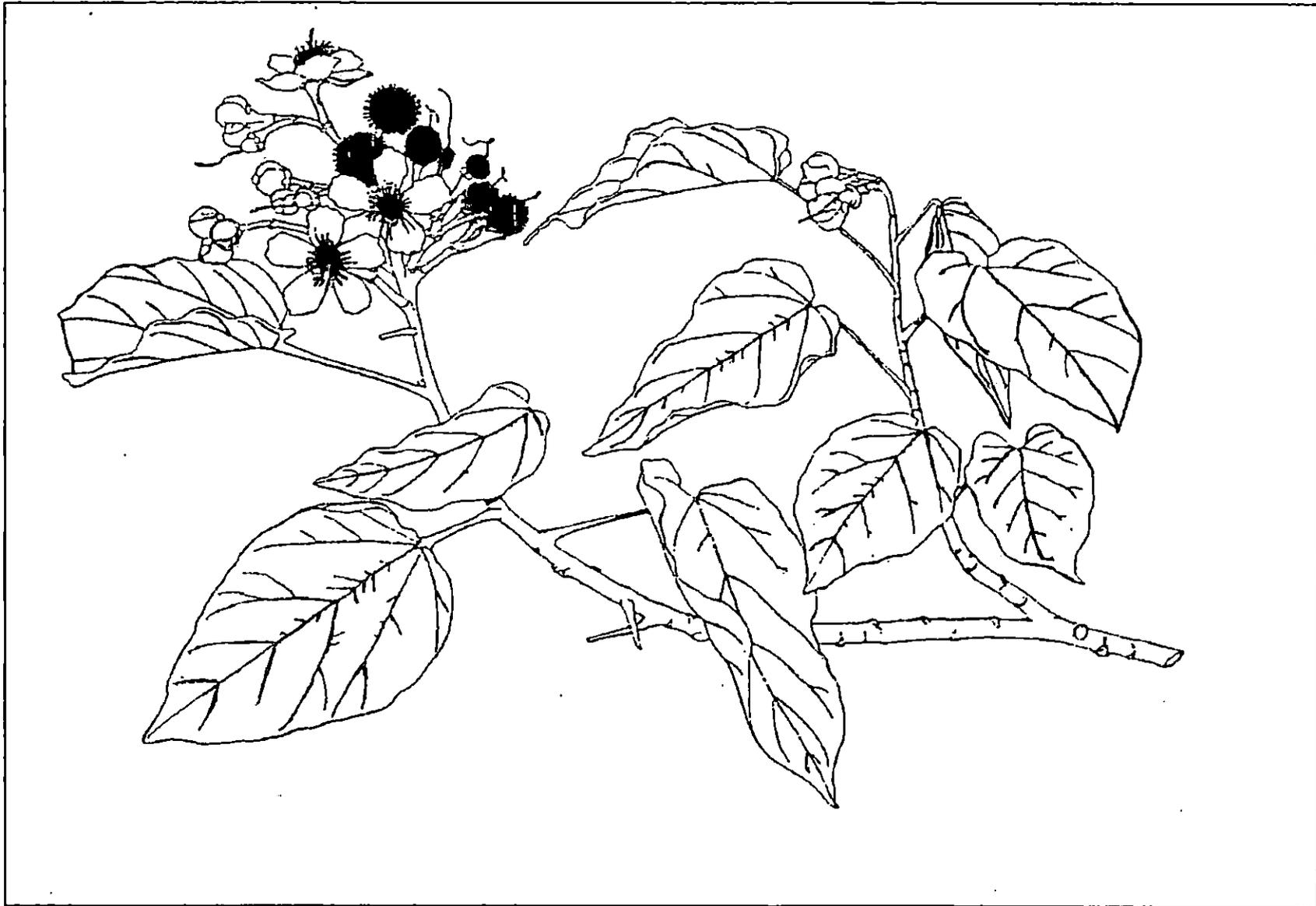


FIGURA 1. Rama de B. orellana Mostrando la Disposición de las Hojas y la Panícula con Botones Florales, Flores Abiertas y Frutos en Desarrollo. (Jonhston, 1987)

2.3 ECOLOGIA DEL CULTIVO (Rivera S., 1980)

El achiote es un cultivo con amplio rango de distribución geográfica y adaptable a diversidad de tipos de suelos, razón por la cual posee ventajas sobre otros cultivos potenciales del país.

Las condiciones de desarrollo y producción se encuentran en los trópicos húmedos y calurosos. Las regiones óptimas para cultivos son aquellas que se encuentran desde el nivel del mar hasta los 1500 metros, con temperaturas medias entre 20°C y 27°C y un máximo de tres meses de época seca.

El achiote es de climas tropicales húmedos, con una precipitación pluvial que oscila entre los 1000 y 1500 mm anuales.

A mayor temperatura su crecimiento es más rápido y vigoroso y la floración más temprana.

Es necesario considerar el abastecimiento de agua, aunque el achiote sea una planta resistente a la sequía, puesto que cuando más cálida es la región donde se cultiva más puede sufrir la planta por falta de humedad en el período seco, por lo que es preferible cultivarlo arriba de los 300 metros sobre el nivel del mar. Abajo de esta altura en zonas calientes de El Salvador se presentan problemas de termitas, que pueden acabar con una plantación si los árboles tuvieran algún corte en la raíz.

El cultivo requiere lluvia abundante y bien distribuida, ya que períodos de sequía pueden traer como resultado un cese de crecimiento y aún defoliación; pero el árbol se recupera rápidamente después de la primera lluvia (Rivera, 1988)

2.4 CULTIVO DEL ACHIOTE (Rivera S., 1980)

Para que el cultivo del achiote sea sano se deben de tomar en cuenta factores tales como la preparación del suelo, densidad de la siembra, el tipo de propagación el control de malezads, las podas, que son descritos a continuación:

2.4.1 PREPARACION DEL SUELO

La preparación del terreno depende de diversos factores tales como la topografía, la tecnología a aplicar, los recursos económicos y otros.

La tierra debe limpiarse en forma debida y si es necesario facilitar drenaje adecuado.

Para el cultivo del achiote se requiere que el terreno donde se va a efectuar la siembra esté preparado, debiendo hacer trabajos necesarios en cada etapa de la plantación, como pueden ser:

- a) Limpia: Consiste en eliminar toda la maleza y los arbustos para que no estorben o dañen el crecimiento de los árboles de achiote.
- b) Ahoyado: Cada hoyo debe de ser de 50 x 50 x 50 cm y estar a una distancia como las recomendadas en la densidad de siembra (numeral 2.5.2).
- c) Siembra: La siembra se hace en los meses de Mayo y Julio, teniendo que seleccionar las plantas mas robustas que no estén dañadas por insectos, ni por enfermedades, demostrando una conformación perfecta en su crecimiento.

- d) **Tapada:** Cada hoyo debe ser terminado de llenar con tierra suelta y rica en materia orgánica. De aquí en adelante hasta el tercer o cuarto año, solamente requiere de limpiezas, para no dejar que crezca la maleza que puede ocasionar daños en la planta de achiote.

2.4.2 DENSIDAD DE LA SIEMBRA

La siembra del achiote deberá iniciarse con la época de lluvia; es decir de Mayo a Julio con la finalidad de que las plantas aprovechen la época lluviosa y así conseguir mayor cantidad de plantas pegadas. Las distancias que deben usarse en siembras definitivas por hectárea son las siguientes : 3 x 3 m 1057 plantas; de 4 x 4 m 571 plantas; de 4 x 5 m 500 plantas y de 5 x 5 m 400 plantas; pueden emplearse distancias más abiertas pero se reduce el número de plantas por hectárea.

La mayor densidad de siembra es 5 x 5 m para aumentar los rendimientos debido a que el manejo bajo podas se puede efectuar de una manera más eficiente y se estaría logrando un mayor rendimiento (30 y 40 quintales de semilla oro por manzana) a partir del cuarto año.

2.4.3 PROPAGACION

El achiote se puede propagar por semillas, estacas e injertos. Dentro de estos métodos se puede decir que los más recomendables son: propagación por semillas porque es lo más natural y práctico y propagación por estacas cuando se quiere mejor calidad de la planta.

2.5 CONTROL DE MALEZAS (Rivera S., 1980)

Una vez establecida la plantación, se pueden realizar deshierbas manuales para evitar la competencia con la planta, especialmente en el área donde se localiza la mayor expansión radical. De esta manera, se realizan tantas deshierbas o chapias como sean necesarias dependiendo del desarrollo vegetativo de la planta.

El combate químico se realiza mediante aplicaciones sistemáticas de herbicidas (cada 2 a 3 meses), dependiendo de la incidencia de malezas

2.6 PODAS (Rivera S., 1980)

Entre las labores culturales que llevan a cabo en achote, la poda representa una práctica muy importante en el cultivo.

Las formas de poda aplicadas a la colección son de tres maneras :

- a) Consiste en eliminar ramas secas, enfermas y de mal desarrollo (chupones).
- b) En ésta se suprime todo lo que son ramas bajas y brotes centrales, para permitirle mayor entrada de luz y por ende mayor actividad fotosintética.
- c) Cuando las plantas ya son viejas y agotadas se puede practicar un tipo de poda total con el propósito de renovar nuevos brotes.

2.7 COSECHA Y RENDIMIENTO (Rivera S., 1980)

La primera cosecha de semilla se puede obtener de Enero a Abril, cuando la planta de achiote tiene la edad de 18 meses a dos años, sin embargo las plantas entran en plena producción a los 3 ó 4 años de sembradas. Los frutos o racimos deberán cosecharse cuando están casi maduros o bien cuando se nota que las primeras cápsulas empiezan a abrirse o se revienten solas, cortando los racimos.

Después de la cosecha hay que completar la maduración de los frutos exponiéndolos al sol por el tiempo que sea necesario, luego se abren las cápsulas sobre parihuelas, petates, sacos o telas, teniendo el cuidado de remover las cápsulas a cada 2 ó 3 horas para que el secado sea uniforme; finalmente los frutos se colocan en montones para golpearlos con mazo o trillarlos para separar las semillas de las cápsulas y completar luego su secado. Las semillas deben guardarse o envasarse en barriles plásticos o sacos de yute, teniendo el cuidado de que las semillas estén bien secas ya que si se guardan húmedas pueden enmohecerse y perder su color.

El rendimiento por hectárea en la primera cosecha puede ser de 600 a 1000 lbs o sea más o menos de 1 a 1.5 lb de semilla seca por cada árbol, aumentando en los años venideros hasta producir 40 quintales por manzana. De una libra de semilla se pueden obtener 40 g de colorante y por 100 lbs se pueden obtener de 7 a 8.7% del colorante (7-8 lbs de colorante)

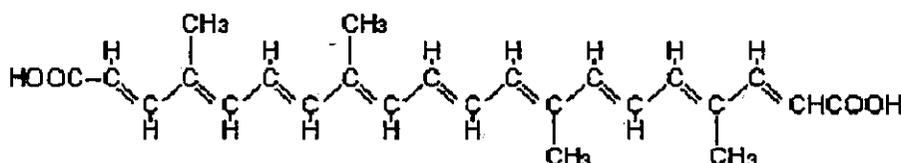
3.0 PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS GENERALES DEL COLORANTE DE ACHIOTE

El colorante de achiote o annato es un colorante rojo anaranjado, de tipo natural, cuya utilización abarca todas las áreas posibles de aplicación de un colorante, es decir que su uso no está restringido (Marmion, 1979).

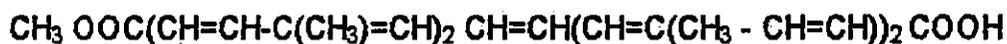
El colorante está exteriormente adherido a las semillas de Achiote formando una capa fina de tipo resinosa y altamente coloreada, constituida por una gran variedad de pigmentos, entre los cuales los más importantes son la Bixina (de color pardo rojizo) y la Norbixina (de color anaranjado, conocida también como Orellina); los pigmentos restantes (casi todos amarillos) son productos de degradación, isomerización u oxidación de los primeros. Entre estos pigmentos de menor importancia están : isómeros cis-bixina y trans-bixina y otros no identificados(Berganza, 1985).

El contenido de Bixina y Norbixina depende en gran parte del método de extracción y de las condiciones de operación utilizadas para extraer el colorante.

La Norbixina tiene menor importancia que la Bixina y es un ácido orgánico dicarboxílico muy débil, de color anaranjado, soluble en agua, cuya fórmula molecular es $C_{24} H_{28} O_4$ (Peso Molecular 380.48) con la siguiente fórmula desarrollada:



La Bixina es un ácido orgánico monocarboxílico muy débil que tiene de fórmula empírica $C_{25} H_{30} O_4$ (peso molecular 394.52) y forma cristales romboédricos rojo oscuro que funden de 192 a 198 °C, su fórmula es:



Algunas propiedades de la Bixina son:

a) Estabilidad hacia:

a.1) La luz: moderada

a.2) La oxidación: buena

a.3) Cambios de pH: buena

a.4) Ataques microbiológicos: buena

a.5) El Calor:

i) a temperaturas menores de 100 °C: muy buena

ii) a temperaturas entre 100 y 125 °C: regular

iii) a temperaturas mayores de 125 °C: inestable

b) Solubilidad:

b.1) En agua: insoluble

b.2) En aceites vegetales, en alcohol etílico, etilenglicol, acetona, éter y cloroformo, todos a elevada temperatura (alrededor de 125 °C): buena

b.3) En soluciones alcalinas diluidas: buena

3.1 CODIGOS DEL COLORANTE

Según el Comité Experto en Aditivos para Alimentos de la FAO/WHO el número de Índice del Annato, Bixina y Norbixina es 75120 (National Academy of Sciences, 1971).

En la CUADRO 3.1 se presenta el Número de Índice del Colorante y Número de Código del Annato (<http://www.lynxglobal.com>, 1997)

**CUADRO 3.1 Número de Índice y de Código de Colorantes Naturales
Provenientes del Achiote para la Industria de Alimentos**

Número de Índice del colorante	Número de Código	Producto
75120	OSAR-101	ANNATO Soluble en Agua (Bixa - Orellana)
75120	WSAR-102	ANNATO Soluble en Agua
75120	OSAR-103	POLVO DE ANNATO BIXINA
75120	WSAR-104	POLVO DE ANNATO NOR-BIXINA
75120	AASP-105	ANNATO A PRUEBA DE ACIDO

FUENTE: Internet, en la dirección <http://www.lynxglobal.com/Deal/Food>, 1997

3.2 ESPECIFICACIONES MAXIMAS REQUERIDAS PARA EL EXTRACTO DE ACHIOTE Y LOS PIGMENTOS QUE SE PRECIPITEN DE ESTE (Berganza, 1985)

Las especificaciones que se citan son:

- a) Deben estar libres de impurezas, que se pueden evitar por la realización de un buen proceso de producción
- b) Arsénico (como As) máximo permisible: 3 ppm
- c) Plomo (como Pb) máximo permisible: 10 ppm
- d) Resíduos de solvente: no más del permitido para el correspondiente solvente en especias oleoresinosas.

En el Cuadro 3.2 se presentan los alimentos en que es permitido utilizar colorantes o extractos de Achiote y la dosis máxima requerida en mg / Kg de alimento:

CUADRO 3.2 Empleo Permitido y Dosis Máxima de Colorantes y Extractos de Achiote Utilizados en Alimentos

Empleo permitido	Dosis Máxima
Mayonesa	100 mg/Kg, calculado como bixina
Margarina, Productos de grasa vegetal especificada, Productos de grasa animal o mezcla de grasa animal y vegetal especificada, Barritas y porciones de pescado, empanadas rebozadas y congeladas rápidamente	20 mg/Kg, calculado como bixina o norbixina total
"Bouillons" y consomés	150 mg/Kg en el producto listo para el consumo
Queso "Leidse", Queso "Friese"	300 mg/Kg, solo o mezclado con betacaroteno
Quesos Cheddar, Danbo, Gouda, Havarti, Samsøe, Cheshire, Tilsiter, St. Paulin, Svecla, Butterkase, Coulommiers, Herrgardsost, Hushallsost, Norvegia, Maribo, Fynbo, Esrom, Amsterdam, Camembert, Brie, Edam	600 mg/Kg, sólo o mezclado con betacaroteno
Aceite de colza comestible y pobre en ácido erúico, Aceite comestible de coco, Aceite comestible de palma, Aceite comestible de almendra de palma, Aceite comestible de pepitas de uva, aceite comestible de babasú, Aceite comestible de soja, Aceite comestible de maní, Aceite comestible de semilla de algodón, Aceite comestible de semilla de girasol, Aceite comestible de colza, Aceite comestible de maíz, Aceite comestible de semilla de sésamo, Aceite comestible de semilla de cártamo, Aceite comestible de semilla de mostaza	20 mg/Kg, calculado como bixina o norbixina total
Preparados a base de queso fundido, mantequilla y mantequilla de suero	Limitada por BPF*

BPF, "buenas prácticas de fabricación" se entiende que el aditivo de que se trata se autolimita en el alimento por razones tecnológicas, organolépticas o de otro tipo y que, por tanto, no tiene que estar sujeto a una dosis máxima legal. Significa también que la cantidad de la sustancia añadida al alimento en la fabricación y elaboración no excederá de la cantidad necesaria para obtener la finalidad por la que se permite que se añada el aditivo a ese alimento.

FUENTE: Texto Abreviado Codex Alimentarius, 1989

3.3 FUERZA DE COLORACION

El colorante de achiote se usa en diversos productos a niveles desde 0.5 hasta 10 ppm como color puro, resultando en matices, dependiendo del tipo de preparación del color usado y del producto coloreado (Berganza, 1985)

La fuerza de coloración no varía con el tiempo, además es muy buena comparada con otros colorantes, teniendo la ventaja de que el annato tiene menor precio (Herrera, 1971).

3.4 TOXICIDAD

El Annato es uno de los pocos colorantes que no están restringidas en sus áreas de aplicación, ya que ha sido sometido a una cuidadosa consideración en su composición, potencial tóxico, método de extracción e impurezas, llegando a la conclusión de que no plantea amenaza alguna para la salud pública, pero debe de estar sometido a vigilancia (Marmion, 1979).

3.5 PRINCIPALES USOS DEL COLORANTE DE ACHIOTE

El uso más antiguo conocido del Annato está en pinturas que tienen alrededor de 3,000 años, descubiertas en Templos Incas de Perú (Berganza, 1985).

El Annato, por carecer de restricciones en su uso, tiene aplicación en una gran variedad de áreas, entre las cuales se destacan los alimentos, las medicinas, los cosméticos, textiles, industria avícola, confitería, fabricación de velas y candelas y otras de menor importancia (Coto, 1988; Berganza, 1985).

3.5.1 COLORANTE DE ACHIOTE EN ALIMENTOS

El área de alimentos es una de las de mayor aplicación de este colorante debido a su falta de sabor, a su gran aceptación por ser no cancerígeno, ni dañino a la salud del consumidor y por la gran variedad de tonalidades (entre el rojo y el amarillo) que se puede obtener (Berganza, 1985).

En forma global, se menciona que el Annato colorea: quesos, helados, conos para helados, panes de todo tipo, pasteles, embutidos, salsas preparados culinarios (arroz, guisos, sopas, platos típicos, etc.), jugos, jaleas, harinas, bebidas, licores, aceites comestibles, manteca, mantequilla, margarina, pastas alimenticias, consomés, mayonesas (Berganza, 1985; Coto, 1988; Codex Alimentarius Abreviado, 1989).

El Annato es el colorante más utilizado para los quesos, cuyo color a impartir depende del tipo a obtener y de los requerimientos del mercado; la cantidad de colorante a utilizar por cantidad de leche depende de las recomendaciones del fabricante del colorante tomando en cuenta la concentración de colorante que contiene y el tipo de presentación de éste y el color o tono que se le desea dar al queso (Berganza, 1985).

El Annato ha sido utilizado para colorear mantequilla, desde los primeros días de la industria mantequillera; en invierno se requiere adicionar Annato a la mantequilla, ya que su coloración es deficiente por el poco contenido de carotenos en esta época y así se logra mantener un color uniforme a través de todo el año (Berganza, 1985).

A la margarina que es una mezcla de grasas vegetales o animales emulsionadas con leche o agua, se le agrega vitamina A y Beta caroteno pero no siempre en cantidad suficiente para impartir el color requerido, agregándole Annato para complementarlo; el porcentaje en peso de colorantes utilizado es del 0.6% (Berganza, 1985).

3.5.2 EN MEDICINA

En medicina se usa para colorear pomadas, ungüentos, en la fabricación de tabletas y jarabes, y como fuente de vitamina A (Coto, 1988).

Además no solamente el Annato es usado en medicina sino que también son utilizadas otras partes de el árbol de achiote como las hojas, las raíces, las ramas, etc. Así por ejemplo se tienen los siguientes usos (Coto, 1988):

- a) Las hojas picadas y maceradas en poca cantidad de agua, producen una sustancia gomosa que se dice tiene propiedades diuréticas y antigonorreicas. La misma poción al tomarla es purgante y desinflamatoria.
- b) La raíz machacada y puesta en agua se deja durante 24 horas a que despida y se toma como agua de tiempo durante nueve días para contrarrestar las afecciones provocadas por el asma.
- c) Las hojas se pueden aplicar como cataplasma para aliviar el dolor de cabeza.
- d) La decocción de las hojas se emplea en gargarismos contra males de la garganta.
- e) La pasta de Achiote, mezclada con aceite u otra grasa se pone en las quemaduras para sanarlas sin dejar cicatrices. Sana quemaduras de primer grado.

3.5.3 EN COSMETICOS

Los indios amazónicos se pintaban la cara con Annato en época de guerra; en la actualidad se usa para preparar esmaltes de uñas, perfumes y lápices de labios;

debido a esta última aplicación, el árbol de Achiote recibió el nombre de "Lipstick Tree", que en español significa "Arbol de los lápices labiales" (Berganza, 1985).

La semilla del achiote es una importante fuente de vitamina A, que es indispensable para mantener en buen estado los epitelios (piel, córnea, etc.), forma el elemento constitutivo de la púrpura retiniana que es una sustancia fotosensible del ojo (García, 1993).

García y otras en 1993 realizaron la Estabilización del colorante del Achiote (Bixina) en formas cosméticas, como lápices labiales, geles, polvos compactos, coloretes en crema y crema fluida, concluyendo que en los cosméticos el colorante fue fácil de incorporar, porque en cada fórmula existe una fase grasa en la cual es soluble.

3.5.4 EN TEXTILES

La materia colorante se emplea para dar colorido y fuerza a otras sustancias colorantes que adquieren así notable brillantez; para teñir telas de lana, seda, algodón y alfombras (Coto, 1988).

3.5.5 EN LA INDUSTRIA AVICOLA (Coto, 1988)

Se usa como fuente de pigmentación de la yema de huevo, utilizando 203 gramos de pigmentos provenientes del achiote por tonelada de alimento pobre en pigmentos, a fin de obtener una coloración deseable.

El uso de semillas de Achiote en una dosis de 1 % en peso de la ración, contribuye positivamente a colorear la yema en tanto que una dosis de 2% resulta en la aparición de yemas color naranja fuertemente más coloreada de lo normal.

La adición de las semillas enteras del Achiote a la ración de las gallinas ponedoras no solo intensifica el color de las yemas, sino también aumenta la producción de huevos.

3.5.6 EN OTRAS INDUSTRIAS

Otros productos que se colorean con Annato son: ceras para pisos, betunes para calzado, barnices para madera, lacas, productos cerámicos, pinturas, jabones para el cabello, candelas, confitería (Berganza, 1985; Coto, 1988).

3.6 COLORANTES COMPETITIVOS

El Annato compite con la mayoría de los colorantes rojos, anaranjados y amarillos, ya sean naturales o sintéticos (Berganza, 1985).

Algunos colorantes naturales con los que compite el Annato son (Berganza, 1985):

a) Caroteno (CI Natural Yellow 26, CI No 75,130)

b) Azafrán (CI Natural Yellow 6, CI No 75,100)

c) Cúrcuma (CI Natural Yellow 3, CI No 75,300)

Es de hacer notar que el Azafrán y el Achiote, aun procediendo de plantas muy distintas, y estando constituidas por diversas partes de las plantas, contengan materias colorantes (Crocetina y Bixina, respectivamente) tan afines entre sí. Normalmente el Achiote puede sustituir al Azafrán (*Crocus sativus*) por el color, pero no por el olor y el sabor(Coto, 1988).

Entre los colorantes sintéticos con quienes compite el Annato están:

- a) Beta-caroteno, con mayor contenido de vitamina A y que se emplea principalmente como colorante de la mantequilla y la margarina. No obstante el achiote tiene mayor aceptación debido a su menor precio (CATIE, 1987).
- b) Rojos: FD & C Nº 3 y los DC números: 4, 17, 19, 22, 28, 32 y 33.
- c) Amarillos: Tartrazine (FD & C Nº 5), Ocaso FCF (FD & c Nº 6) y los DC números: 7, 8, 10 y 11(Berganza, 1985).

3.7 CONTENIDO DE PROVITAMINA A EN EL COLORANTE DE ACHIOTE

El Achiote parece sufrir una pérdida parcial de su contenido en provitamina A, cuando se prepara la pasta a elevadas temperaturas (Coto, 1988)

El colorante Annato es una sustancia que puede ser parcialmente convertida en vitamina A dentro del hígado humano con ayuda de las hormonas tiroideas. Este tipo de sustancias similares al caroteno ($C_{40} H_{56}$) se denominan carotenoides, siendo todas fuentes potenciales de vitamina A ($C_{20} H_{30} O$) (Ganong, 1980).

La deficiencia de vitamina A (Avitaminosis A) detiene el crecimiento y altera las células epiteliales, mientras que el exceso (Hipervitaminosis A), ocasionado por dosis muy grandes de vitamina A, es definitivamente tóxico y trae consigo enfermedades tales como: pérdida del cabello, cefalea, diarrea, mareos, dolores de los huesos, etc (Ganong, 1980).

El contenido de provitamina A que hay en 100 gramos de semilla de Achiote se presenta en la CUADRO 3.3, en términos de Equivalentes de Retinol (Alcohol de la Vitamina A), de Beta-caroteno y de otros carotenos (Berganza, 1985).

CUADRO 3.3 Composición Química de las Semillas de Achiote Expresado por 100 Gramos de Achiote

Nombre	Unidades	Producto Fresco	Producto Seco
Valor energético	Calorías	54.00	334.00
Humedad	%	84.40	5.60
Proteínas	g	No reportado	6.60
Grasa	g	0.30	4.60
Hidratos de Carbono	g	14.30	78.20
Fibra	g	0.50	14.50
Cenizas	g	1.00	5.00
Calcio	mg	7.00	120.00
Fósforo	mg	10.00	116.00
Hierro	mg	0.80	5.60
Vitamina A			
-Equivalentes de Retinol	mcg	0.00	0.00
-Beta-Caroteno	mcg	46.00	186.00
-Otros carotenos	mcg	88.00	368.00
Tiamina	mg	No reportado	0.09
Riboflavina	mg	0.05	0.19
Niacina	mg	0.30	1.70
Acido Ascórbico	mg	0.20	7.00

FUENTE: Berganza, 1985

La FAO/OMS, sugiere además los siguientes factores de conversión:

1 Unidad Internacional de Vitamina A = 0.3 mcg de Retinol

= 0.6 mcg de Beta-Caroteno

= 1.2 mcg de otros Carotenos

En cuanto a la Composición por partes de las semillas, las principales aparecen en el Cuadro 3.4

CUADRO 3.4 Composición por Partes de las Semillas de Achiote

Semilla Interior (10%)	Piel (18%)	Aceites esenciales.....0.1 – 1.1% Sustancia cerosa.....3%
	Almendra (82%)	Aceites pesados.....8 – 11 % Cenizas minerales.....1.5 – 1.8 % Alcaloides.....Trazas
Piel o Testa (Tegumento) (22%)	Resinas.....1.0 – 1.65% Aceites esenciales.....0.05 % Celulosa y Taninos.....En su mayoría	
Marca o cubierta exterior (68%)	Celulosa.....40 – 45 % Humedad.....20 – 28 % Azúcares.....3.5 – 5.2 % Aceites esenciales.....0.25 – 0.85% Pigmentos.....4.0 – 5.5 %	

FUENTE: Berganza, 1985

3.8 PROCESOS DE EXTRACCION DEL COLORANTE

Los factores que más influyen el grado de extracción de la Bixina son de acuerdo a Herrera (1971):

- a) **Tamaño de la partícula:** En cuanto más pequeñas son las partículas, más grande es el área de contacto y hay más facilidad para obtener el colorante. Afortunadamente las semillas de achiote tienen un tamaño conveniente y no hay necesidad de molerlas.

- b) **Naturaleza del solvente:** El solvente debe tener una baja viscosidad de modo que pueda circular libremente en el sistema y por supuesto el material extraído debería ser tan soluble como sea posible a la temperatura de operación.

- c) **Temperatura:** En general se obtiene una mejor extracción a alta temperatura; pero debido a que la bixina se degrada a alta temperatura, es mejor operar a temperatura ambiente o no sobrepasar la temperatura de degradación de 125 °C.

Los distintos procesos de extracción del colorante que rodea a las semillas de Achiote pueden dividirse en cinco grupos:

- a) Extracción con agua
- b) Extracción con álcalis
- c) Extracción con aceite
- d) Extracción con solventes
- e) Extracción con piridina

3.8.1 EXTRACCION CON AGUA (Coto, 1988)

Para la extracción del colorante se siguen varios métodos artesanales. Hasta la fecha no se conoce que exista mucha preocupación por cambiar la forma que se ha venido utilizando en la extracción.

Uno de los métodos más utilizados es el siguiente:

Se machacan las semillas agitándolas bien, hasta obtener una masa pastosa; seguidamente se diluye en agua hirviendo, en un recipiente apropiado. Una vez que esta solución de pasta colorante y agua se ha enfriado, se deja unos tres días en maceración y luego se pasa por tamices finos. Así a medida que el agua lleva consigo la materia colorante, continúa exprimiendo la masa extrayéndole el líquido que todavía

puede contener, sacando afuera el bagazo, que a su vez posee propiedades fertilizantes.

El líquido extraído se hace decantar, después de lo cual, fermentado, la materia colorante se precipita en el fondo de la vasija o recipiente.

Se vuelve a decantar el agua clara superficial, y el producto depositado se hace secar a la sombra, en vasijas, de barro o loza común. Cuando la masa ha obtenido consistencia pastosa, elástica pero seca, se habrá obtenido el colorante.

Para su mejor presentación, el producto colorante, se coloca en moldes de la forma preferida, siendo las más comunes las de cubos o cilindros pequeños de diferentes pesos, que después de secos son vendidos a los consumidores.

El rendimiento es muy bajo comparado con otros métodos y contiene de 10 a 12 % de pigmentos totales (Berganza, 1985).

3.8.2 EXTRACCION CON ALCALIS

La Bixina es un ácido monocarboxílico que forma sales alcalinas solubles en agua y por lo tanto, es posible extraer el colorante adherido a las semillas por disolución en soluciones acuosas de álcalis (Berganza, 1985).

Las semillas se colocan en una canasta o cedazo y se lavan primero con solución diluida de soda cáustica y después con agua; el extracto principal y los lavados acuosos se reúnen, obteniendo una solución rojo oscuro que es neutralizada con un exceso de ácido mineral, con lo cual precipita el Annato que se filtra y se lava directamente en el filtro o se pasa por varias etapas de lavado, sedimentación y decantación; la pasta de Annato obtenida se seca al sol (Dendy, 1966).

El rendimiento de Annato obtenido es bastante bueno, pudiéndose extraer más del 80% del colorante contenido en las semillas; el producto final puede contener hasta 30% de pigmentos totales (Dendy, 1966).

3.8.3 EXTRACCION CON ACEITE (Coto, 1988)

La bixina es soluble en aceite caliente. Para facilitar la extracción del colorante, las semillas son mojadas y precalentadas para hincharlas. Se tratan luego con aceite en caliente. El colorante se obtiene en forma líquida; para calcular el rendimiento es necesario extraerlo con una solución de amoníaco en alcohol, evaporar y luego secarlo.

Procedimiento a nivel de laboratorio:

Se pesan 10 gramos de la muestra de Achiote. Se humedecen con unas gotas de agua para hinchar las semillas; luego se calientan suavemente; se agregan 50 ml de aceite comestible.

Se calientan a temperatura no mayor de 100 °C, y se agita; luego se filtra a través de un cedazo. Se repite la extracción utilizando porciones de 50 ml de aceite hasta que se haya extraído todo el colorante.

El filtrado obtenido es de un color rojo brillante. Aquí el colorante se encuentra en solución en el aceite. Dicha solución se pasa a un embudo separador donde se agrega la solución de amoníaco con el alcohol 25% v/v para extraer todo el colorante que se encuentra disuelto en el aceite. La cantidad de la solución amoniaca depende de la concentración del colorante en la solución.

Luego se agita suavemente y se forman dos fases: la capa aceitosa de color amarillo suave y la capa amoniaca de color rojo intenso, que es donde se encuentra el colorante. Esta se coloca en una cápsula de porcelana y se evapora a sequedad,

quedando únicamente el colorante que es de color rojo oscuro y de consistencia un poco gomosa y no puede pulverizarse.

Se coloca la cápsula en un desecador y después de media hora se pesa. La cápsula debe pesarse antes.

El rendimiento se obtiene por diferencia de pesada:

$$\% = (A - B) \cdot 100$$

A = peso de cápsula y pigmento

B = peso de cápsula sin pigmento

La Bixina es soluble en aceite vegetal, especialmente en caliente, pero debe tenerse cuidado de no calentar arriba de los 100 °C pues a los 125 °C la Bixina se degrada.

Cuando la Bixina se encuentra disuelta en el aceite da una solución rojo brillante. En esta forma podría utilizarse para la coloración de quesos y margarinas.

Para obtener el rendimiento es necesario utilizar un solvente (Amoníaco en Alcohol) para extraer el colorante.

El método de extracción con aceite da resultados intermedios

3.8.4 METODO DE EXTRACCION CON SOLVENTES (Coto, 1988)

La Bixina es soluble en los alcanos clorados; por ejemplo el cloroformo, que tiene un bajo punto de ebullición y pueden evaporarse con facilidad y de este modo obtener Bixina pura.

Procedimiento a nivel de laboratorio:

Moler la muestra previamente.

Pesar exactamente 10 gramos y colocarlos en los dedales numerados previamente. En la parte superior de los dedales se coloca suficiente algodón; luego se llevan al extractor Soxhlet. Los balones en que se recibe el colorante deben haber sido previamente tarados y numerados.

Una vez que la muestra ha sido colocada en el Extractor Soxhlet se hace pasar el cloroformo, unos 200 ml aproximadamente durante 8 horas. Después de estas 8 horas las muestras han sido completamente decoloradas y en el balón receptor ha quedado el colorante. Se evapora el resto de cloroformo y se deja en la estufa durante 5 horas a una temperatura no mayor de 60 °C se lleva al desecador y se deja por una hora. Luego se pesa. El rendimiento del colorante se encuentra por diferencia de pesada.

Ejemplo:

$$\% \text{ del colorante} = (A - B) * 100$$

A = Peso del balón y pigmento

B = Peso del balón antes de la extracción

El producto obtenido por este método es gomoso y difícil de pulverizar, es de color oscuro brillante. La Bixina obtenida es de un mayor grado de pureza (Herrera, 1971).

Según pruebas realizadas por Herrera, 1971, el método de con el que se obtiene la mayor cantidad de Bixina extraída es el de Cloroformo, debido a que no hay ningún proceso de precipitación y lavado que de lugar a pérdidas.

3.8.5 METODO DE EXTRACCIÓN USANDO PIRIDINA

Un gramo de semilla machacada y secada al aire se agita mecánicamente con 30 ml de piridina por una media hora (Coto, 1988).

El líquido rojo oscuro es vaciado completamente a un frasco volumétrico de 100 ml tapado con lana; el residuo se lava completamente con piridina y el lavado adicional es vaciado al frasco volumétrico (Coto, 1988).

El colorante obtenido por medio de la extracción con este método no puede ser utilizado en alimentos debido a la toxicidad de las piridinas.

3.9 METODO RAPIDO PARA EL ANALISIS DE LA SEMILLA DE ACHIOTE (Coto,1988)

El siguiente método se basa en la observación que el pigmento rojo en la semilla fresca de Achiote representa cerca del 90% de Bixina con un pequeño porcentaje de pigmentos químicamente relacionados, también de color rojizo.

El valor del pigmento total del Achiote se debe principalmente al pigmento rojo Bixina con una contribución muy pequeña de algunos pigmentos amarillos también presentes en la semilla. Durante la degradación térmica por extracción a temperaturas elevadas el pigmento amarillo aumenta a expensas del rojo.

El método de análisis detallado a continuación es una extracción de las semillas frescas con cloroformo en frío seguido por una lectura espectrofotométrica de una alícuota diluida.

Un método cromatográfico en capa fina usando placas de tamaño no estandarizado puede también utilizarse para este análisis.

Método:

- a) Pesar 5.0 gramos de semillas frescas y transferirlas a un embudo de separación de 250 ml.
- b) Extraer las semillas con 5 porciones sucesivas (100, 80, 30, 20, 10 ml) de cloroformo agitando el separador vigorosamente durante 2 minutos con cada porción.
- c) Transferir cada extracto a través de un embudo con filtro de lana a un frasco volumétrico de 250 ml. Aforar a volumen y mezclar (solución X).
- d) Diluir 10 ml de la solución X a 100 ml con cloroformo y mezclar (solución Y).
- e) Diluir un volumen apropiado (V ml) de solución y aforar hasta 100 ml con cloroformo (solución Z) de modo que el valor de la absorbancia de esta solución, cuando se mide como se describe a continuación, cae dentro del rango 0.2 a 0.7 (V será aproximadamente 5 - 10 ml).
- f) Medir la absorbancia (A) de la solución Z contra un solvente testigo a 500 y 404 micrones usando celdas de 10 mm de longitud
- g) Calcular el contenido de pigmento total (% en peso) como sigue:

$$\% \text{ de Pigmento Total} = \frac{A_{500} + A_{404} - 0.256 A_{500}}{282.6} \cdot \frac{250}{V} \cdot \frac{100}{5}$$

$$\% \text{ de Pigmento Total} = 17.7 \frac{(A_{500} + A_{404} - 0.256 A_{500})}{V}$$

h) Calcular el contenido de pigmento rojo (Bixina) expresado en % en peso como sigue:

$$\% \text{ de Bixina} = \frac{A_{500} \cdot 250 \cdot 100}{282.6 \cdot V \cdot 5}$$

$$\% \text{ de Bixina} = \frac{17.7 \cdot A_{500}}{V}$$

4.0 PRESENTACION DEL PRODUCTO EN EL MERCADO (Alvarenga, 1984)

El producto en el mercado deberá ser acondicionado de manera que quede protegido de la humedad y contaminaciones.

El colorante de Achiote es preparado y disponible comercialmente de la siguiente forma:

a) En aceite:

Es una solución en aceite vegetal con poder tintóreo simple, doble o super, según que su contenido de Bixina sea del 53% o del 1.06% o 3% o más. Esta solución se usa sobre todo en alimentos grasos como mantequilla, margarina, aceite comestible, grasas, mantequilla de maní, etc.

b) Soluble en Agua:

Esta es una solución acuosa de Nor-Bixina preparada con los mismos tres grados tintóreos. Se usa principalmente en la coloración del queso y otros productos lácteos además de sopas, salsa, encurtidos, pescados ahumados, preparados de azúcar y otros productos con un contenido muy bajo o nada de grasa.

c) Bixina Cristalizada:

Preparado con diferentes grados de pureza desde un 50% hasta un 99% la Bixina en cristal y en polvo es usada para producción de soluciones colorantes con un alto poder tintorial, aun mayor que el grado super de las soluciones anteriores. Estas soluciones preparadas de Bixina cristalizada o en polvo se usan en productos alimenticios y no alimenticios.

d) Mezclas de la Bixina:

Algunas veces el colorante de Bixina es mezclado con otros colorantes para obtener diferentes colores y tonalidades que pueden usarse en productos alimenticios.

e) En Polvo:

Este es soluble en agua y puede ser aplicado en "Spray" y contiene una gran proporción de Nor-Bixina.

f) Semi-procesado:

Puede ser polvo o pasta preparada directamente de las semillas.

Las formas que se mencionaron anteriormente en el mercado nacional se encuentran en polvo, soluble en aceite, solución acuosa, solución alcalina y semi-procesada.

El envase deberá ser de material resistente a la acción del producto; la viñeta deberá contar con la denominación de colorante del Achiote "Bixina", el aditivo que se ha agregado para preservarlo, seguido de una marca comercial; deberá constar el nombre de el fabricante y la dirección de la fábrica, el peso neto en unidades del Sistema Internacional y el número de Identificación y la Fecha de vencimiento.

4.1 IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE SEMILLA DE ACHIOTE

Las importaciones y exportaciones de semilla de Achiote en oro están registradas por medio de la partida número 14041010 del Sistema Arancelario Centroamericano (SAC), la cual se denomina como Achiote (bija). Los datos globales de Exportaciones e Importaciones de Achiote aparecen en el CUADRO 4.1:

CUADRO 4.1 Importaciones y Exportaciones de Semilla de Achiote en oro en El Salvador de 1990 a 1996.

Año	Importaciones (Kg.)	Exportaciones (Kg.)
1990	448	947
1991	1,828	--
1992	3,270	--
1993*	750	--
1993 ^a	3,750	386
1994	1,500	2,991
1995	3,530	2,007
1996	400	6,071

* primer trimestre de 1,993 registrado como Código NAUCA (también incluye los años anteriores)

^a segundo trimestre de 1993, a partir del cual se registra como Código SAC

FUENTE: Dirección General de Estadística y Censos

En El Salvador, el Achiote es mayormente comercializado como semillas en oro o molidas y mezcladas con maicillo en combinación con otras especias que en el mercado es comúnmente conocido como "relajo" y que es utilizado para sazonar pavos o tamales. En una gran proporción el achiote en sus diversas formas se comercializa en los mercados municipales sin marca registrada. Algunas empresas que se dedican a la elaboración del relajo son PROINCA, Mr. Pavo, donde lo única operación que realizan con el achiote es de molido; en empresas como UNISOLA, el achiote es utilizado como parte de la formulación de sus consomés (condimentos), y

para la coloración de la margarina utilizan la Norbixina. En la actualidad no se conoce ninguna empresa nacional que se encuentre procesando el achiote para la obtención de bixina.

4.2 DEMANDA NACIONAL

En El Salvador el Annato se utiliza a nivel doméstico para colorear diversos platos culinarios, en varias formas de aplicación:

- a) Como semilla entera, sola o mezclada con otras especias.
- b) Como condimento, que es una mezcla de Annato en polvo con diversas especias molidas.
- c) Como Achiote molido, nombre con el que se comercializa una mezcla formada por Annato en polvo con maicillo.

A nivel industrial se utiliza el Annato en polvo o en solución ya sea alcalina o de aceite vegetal, para colorear diversos productos tales como: productos lácteos, aceites comestibles, productos de panadería, cosméticos, etc.

No se cuenta con datos exactos sobre la Demanda Nacional y la comercialización de Bixina; pero para efectos de estudio se ha hecho un cálculo de Demanda Teórica de colorante en la producción de quesos en base a los datos de la producción de leche en el país y del colorante que más se emplea en el país para la producción de quesos.

4.2.1 CALCULO DE LA DEMANDA TEORICA DE COLORANTE DE ACHIOTE PARA LA PRODUCCION DE QUESOS EN EL SALVADOR

La demanda teórica de colorante se hará en base a la producción de queso en el país y asumiendo que todo el queso producido lleva colorante en la dosis recomendada por el fabricante del colorante MARSHAL, el cual es el mayormente utilizado en el país, según información proporcionada por el Lic. Juan Carlos Nosiglia de New Zealand Milk Products (El Salvador), S. A. de C. V.

Según la Red Nacional de Infraestructura para la Regulación y Procesamiento de la Producción Ganadera (Abril, 1996), la Producción Diaria de leche: 1,106,774 botellas, producida por 197,633 vacas en ordeño provenientes de las tres regiones del país, de este total de leche, 35% es destinada para leche fluida, 45 % para la producción de queso y el resto es utilizada para la producción de crema, sorbetes, yogurt y otros productos lácteos.

de botellas de leche diarias para producir queso = $0.45 * 1,106,774$ botellas

de botellas de leche diarias para producir queso = 498,048 .3 botellas

Entonces se asume que toda la leche destinada para la fabricación de queso se le agrega colorante en la proporción de 5 cc por cada 500 botellas de leche, de acuerdo a la dosificación recomendada por los fabricantes de MARSHAL.

Demanda teórica diaria = $498,048 .3 \text{ botellas} * \frac{5 \text{ cc de colorante}}{500 \text{ botellas}}$

Demanda teórica diaria = 4,980 .48 cc

Entonces diariamente se estarían demandando 4,980 cc de colorante con las características de MARSHAL.

4.3 ANALISIS DE LA OFERTA

Actualmente ninguna empresa se dedica a la elaboración del colorante natural obtenido a partir del Achiote "Bixina", únicamente se conocen empresas que se dedican a la importación y distribución de dicho colorante, entre estas se pueden mencionar las que se presentan en el Cuadro 4.2. Esta información fue obtenida por un sondeo de mercado realizado por los autores.

CUADRO 4.2 Distribuidores de Colorantes a base de Extracto de Annato a nivel Nacional (El Salvador)

Empresa Distribuidora	Nombre del Colorante	Procedencia	Características y usos del colorante
C. IMBERTON	Annatto Food Color Marshal	Guatemala	Para lácteos y productos alimenticios. La presentación del producto es en solución aceitosa y es fabricada por la empresa Rhône-Poulenc. Contiene Extracto de Annato (achiote, agua, hidróxido de potasio y no más de 0.5% de aceite de castor). Se usa de 4 a 5 cc de colorante doble fuerza por cada 500 litros de leche. La cantidad a usar depende del tono de color deseada. Diluir la cantidad de colorante con 20 volúmenes de agua y mezclarlos vigorosamente en la leche antes de agregar el coagulante.
Rhône-Poulenc	Annatto Food Colors, "FCC"	Guatemala	Distribuye a la Empresa UNISOLA el colorante denominado "Norblina" el cual es un polvo soluble en agua hecho de un extracto alcalino de la semilla del árbol de Achiote, <i>Bixa orellana</i> , carbonato de potasio. Puede ser usado para colorear la mayoría de comidas que tienen fase acuosa. A menudo es usado en aplicaciones donde la forma en polvo es requerida, como mezclas para hornear, mezclas para helados, cereales, sazonadores. El rango de uso sugerido es de 0.001% a 0.05% en el producto terminado, dependiendo de la intensidad de color deseada.

pasa...

...continúa

CUADRO 4.2 Distribuidores de Colorantes a base de Extracto de Annato a nivel Nacional (El Salvador)

Empresa Distribuidora	Nombre del Colorante	Procedencia	Características y usos del colorante
<p>PRODEINTER: Es distribuidor de la empresa PIA INDUSTRIAS S. A. de Guatemala, la cual presenta dos tipos de colorantes para la industria láctea</p>	<p>SUPER SIMPLE FUERZA</p>	<p>Guatemala</p>	<p>Es un líquido oscuro con olor característico a Annato, de naturaleza alcalina . Esta elaborado a partir de Annato de características hidrosolubles, que permite la coloración de la leche, quesos y cremas desde un color crema pálido hasta un naranja intenso dependiendo de la dosificación que se utilice. La dosificación que se recomienda puede iniciarse con 5cc por cada 100 litros de leche los que producirán una coloración crema pálido, hasta aproximadamente 50 cc por cada 100 litros que producirán un amarillo anaranjado intenso. El nivel adecuado deberá ser adaptado de acuerdo a las necesidades del fabricante.</p>
	<p>COLORANTE NUMERO VI,</p>	<p>Guatemala</p>	<p>El colorante es un líquido oscuro de apariencia aceitosa, con olor característico a Annato. El nivel adecuado deberá de ser adaptado de acuerdo a las necesidades del fabricante. También recomiendan el uso en común del COLORANTE SUPER SIMPLE FUERZA, para un mejor resultado en quesos procesados. La dosificación de este colorante es igual que la anterior.</p>

FUENTE: Hojas Técnicas Proporcionadas por los Distribuidores acá indicados

4.4 MERCADO MUNDIAL DE COLORANTES NATURALES (PLACIEX, 1991)

El achiote se comercializa internacionalmente en forma de semilla, si bien ciertos países productores, especialmente la India, son capaces de ofrecer actualmente extractos de Annato cristalino y pulverizado de la más alta pureza.

Existe también cierta cantidad exportada de varios tipos de soluciones de Annato por ciertos países industrializados que importan la semilla sin elaborar o semielaborada. La más alta calidad de semilla es producida en Jamaica y en otras islas del Caribe (con un promedio de 3% de bixina), siguiéndoles Perú (2% a 2.5 % de bixina)

Aunque la producción comercial del Achiote se halla bastante bien distribuida por las regiones tropicales, los principales países productores están en Latinoamérica (Perú, Ecuador, Colombia, Brasil, Bolivia y México), la región del Caribe (República Dominicana y Jamaica), la India, Sri Lanka y Kenya; y en menor escala figuran Malasia, Filipinas, Turquía y Angola. En el Cuadro 4.3 se presentan los principales países exportadores de achiote a nivel mundial.

En general, la producción se obtiene, a partir del tercer año de siembra, durante un período de 10 a 12 años. Los rendimientos varían de región a región (dependiendo del tipo de planta, suelo y clima), con un promedio de 300 a 600 kilos por hectárea, lográndose entre 750 y 900 kilogramos por hectárea.

La oferta de Achiote, está sujeta a considerables fluctuaciones debido a condiciones climáticas. Un límite a tales fluctuaciones es la cosecha silvestre de este arbusto. Así, cuando los precios son altos, la oferta disponible se incrementa con la recolección de Achiote silvestre, mientras que cuando los precios son bajos, ocurre lo contrario cesando este tipo de recolección.

CUADRO 4.3 Principales Países Exportadores de Achiote a Nivel Mundial

Región / País Exportador	Exportadores Promedio (1986-1989) TON/año	Porcentaje del Total Mundial	Principal Comprador
Total Mundial	5,300 - 6,300	100	
América Latina	2,850 - 3,400	53.8	Estados Unidos, CEE, Canadá, Japón, Países de Latinoamérica
Perú	2,300 - 2,500	41.8	
República Dominicana	300 - 400	6.0	Estados Unidos Venezuela Japón, RFA Canadá, Estados Unidos
Colombia	100 - 200	2.5	
Ecuador	50	0.8	
Jamaica y otros	150 - 250	3.5	
África	1,750 - 2,000	32.5	Japón, Estados Unidos, Dinamarca, Países Bajos
Kenya	1,750 - 1,950	31.7	
Otros	50	0.8	CEE; Estados Unidos. Rusia, Europa Oriental
Asia (India, Sri Lanka, Turquía, Filipinas, Taiwan)	700 - 900	13.7	

FUENTE: Programa Latinoamericano y del Caribe de Información Comercial y de Apoyo al Comercio Exterior, 1991.

4.4.1 SEGMENTOS DE MERCADO (PLACIEX, 1991)

El consumo mundial de colorante de Achiote se divide aproximadamente en cincuenta por ciento entre aplicaciones y componentes solubles en aceite y cincuenta por ciento solubles en agua o emulsionados.

En los países en desarrollo, el Achiote se emplea principalmente como condimento para colorear ciertos platos, como sopas, arroz y carnes, dado que su sabor es casi insípido y es totalmente inofensivo al ingerirse.

El patrón general de uso a nivel mundial de este colorante se dirige a la industria de productos lácteos (fabricación de quesos, helados, etc.) al procesamiento de pescado y elaboración de especialidades alimenticias (snack food, etc.); en confecciones (tintorería); en cosmética (esmalte para uñas, lacas, etc.); en la avicultura (da color amarillo a la yema de huevo) y en otros usos tales como en cerámica, repelentes de insectos aplicables directamente sobre la piel, cera para pisos, zapatos y muebles.

5.0 NORMAS TECNICAS DE CALIDAD

Las normas ICAITI (34 192) para colorantes (relacionadas con el Achiote) son las siguientes:

COLORANTES

Los aditivos indicados en el presente capítulo deberán ser declarados en la etiqueta del producto envasado que los contiene, mediante su nombre específico y el tipo de colorante que corresponde. Adicionalmente, en el caso de la tartrazina se deberá indicar el nombre sinónimo "Amarillo # 5", ya que algunas personas son alérgicas a este colorante.

Colorantes naturales. Los colorantes naturales que se permiten para consumo humano son Aceite de zanahoria, Acido carmínico, Achiote, Annato, Azafrán, Beta caroteno, Beta Apo 8' carotenal, Beta Apo 8' carotenoide, Bixina, Cacao, Cantaxantina, Carmín, Caramelo, Carbón, Clorofila, Clorofila que contiene cobre con sales de sodio y potasio, Cúrcuma, Curcumina, Enocianina, Esteres metílico y etílico de Acido Beta Apo 8' carotenoide, Extracto de Bija, Extracto de color uva Concord,

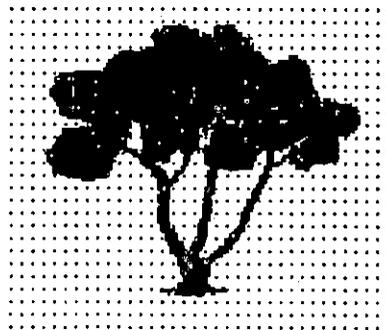
Gluconato Ferroso, Oleorresina de Cúrcuma, Oleorresina de Paprika, Paprika, Polvo de remolacha, Riboflavina, Sulfato de Calcio y Xantófila.

En lo referente a la Bixina (el cual es el mismo apartado para achiote y Extracto de Bija), las normas ICAITI dicen lo siguiente:

Bixina: Pueden emplearse los extractos en aceite (conteniendo principalmente el componente Bixina) y los extractos acuosos (conteniendo principalmente el componente Norbixina, producto de hidrólisis de la Bixina en forma de sal de potasio o de sodio); dichos extractos pueden usarse solos o mezclados en cantidad no mayor de 10 miligramos calculados como bixina, por Kilogramo de producto terminado.

Para el diseño de la viñeta del producto que se sugiere comercializar se tomaron como base las Normas Generales del Codex Alimentarius para el Etiquetado de los Alimentos Preenvasados, las cuales se presentan en el Anexo B, y la viñeta propuesta se presenta en la Figura 2.

COLORANTE DE ACHIOTE



1 GALON (3.79 L)

INGREDIENTES: ACHIOTE, AGUA Y
BENZOATO DE SODIO COMO PRESERVANTE

USO: AGREGAR 5 CC DE SUSPENSION Y DILUIR
EN 100 CC DE AGUA O LA CANTIDAD NECESARIA
PARA LA TONALIDAD DE COLOR DESEADA

PRODUCTO CENTROAMERICANO HECHO EN EL SALVADOR
POR LA COOPERATIVA DE LA HACIENDA SAN ALFONSO, SAN
JUAN TALPA, DEPARTAMENTO DE LA PAZ

CONSUMIR ANTES DE:
DIC / 98

LOTE # 000

AGITASE ANTES DE USAR
REFRIGERERESE DESPUES DE ABIERTO

FIGURA 2. VIÑETA PROPUESTA PARA LA COMERCIALIZACION DEL COLORANTE DE ACHIOTE

6.0 LOCALIZACION DE LA HACIENDA DONDE SE LLEVARA A CABO EL PROYECTO

La Hacienda "San Alfonso se encuentra ubicada en el cantón Veracruz, municipio de San Juan Talpa, departamento de La Paz. En la Figura 3 se muestra un croquis de la ubicación de la mencionada Hacienda.

Actualmente cuentan con cinco manzanas cultivadas con cinco variedades de Achiote, con las cuales se realizarán posteriormente las pruebas de laboratorio para determinar cuál de ellas contiene la mayor cantidad de Bixina. La distancia con las que fueron sembrados los arboles de achiote en la hacienda "San Alfonso" es de 3 m entre árbol y árbol, y de 3 m entre surco y surco.

6.1 MUESTREO DE LA PLANTACION DE LA HACIENDA

Para seleccionar el área a muestrear se hizo un recorrido por toda la plantación de achiote, haciendo un sondeo de las posibles áreas a seleccionar, para luego escogerla tomando como base los siguientes criterios:

- a) **Altura:** En la parcela seleccionada todos los árboles deben de tener aproximadamente la misma altura o la diferencia no debe de ser muy marcada.
- b) **Floración:** Tomar en cuenta si todos los árboles están con flores cuando se hace el muestreo.
- c) **Desarrollo - Vigor:** Todos los árboles de la parcela deben tener igual o similar desarrollo, deben tener una altura y diámetro del tronco muy similar.
- d) **Sanidad Vegetal:** En la muestra no deben haber árboles con ramas secas o deficiencia de hojas, no deben de estar enfermos, en otras palabras el árbol debe de encontrarse sano.

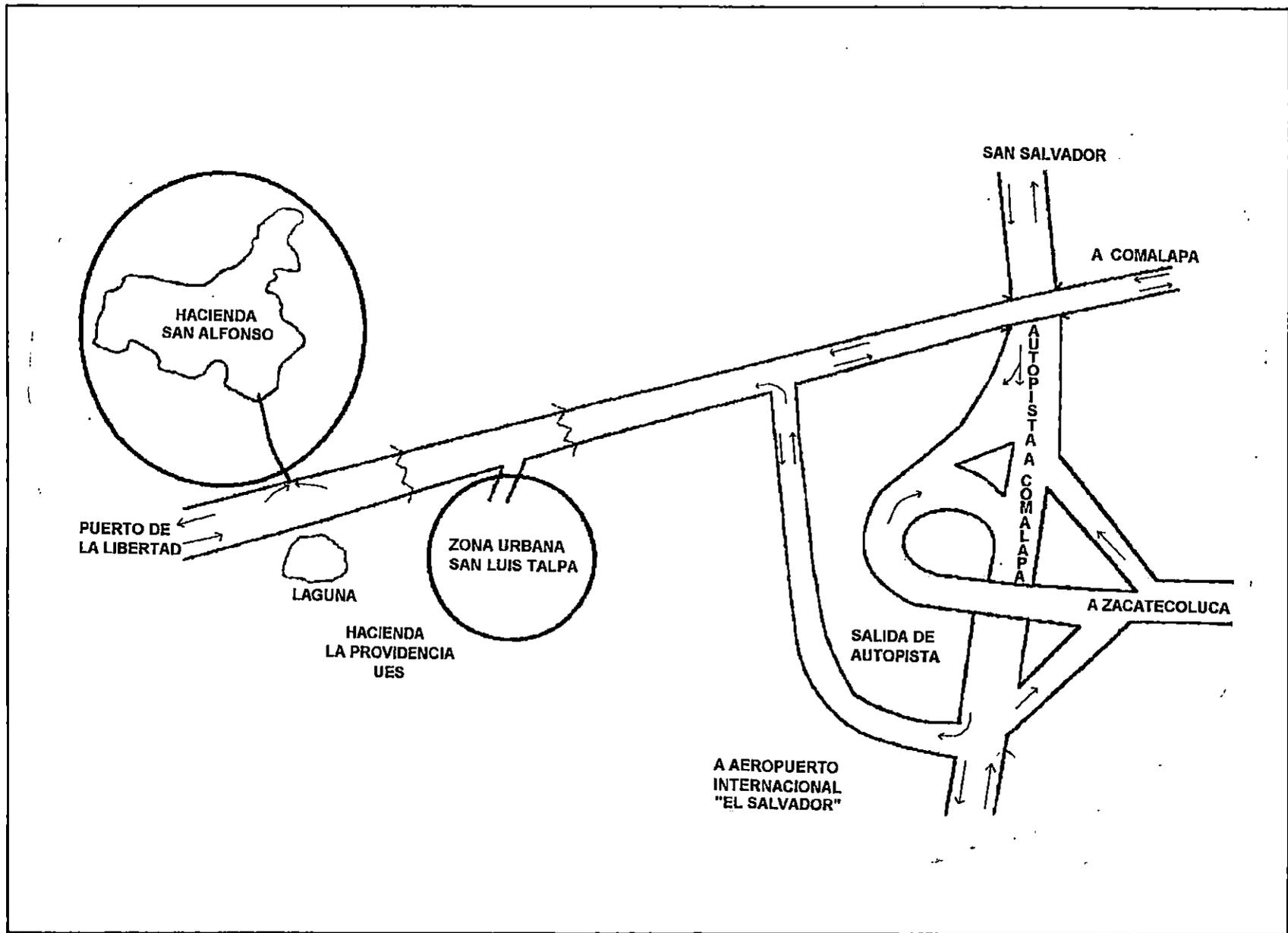


FIGURA 3. Localización de la Hacienda Donde se Llevará a Cabo el Proyecto

Los pasos que se siguieron para tomar la muestra son:

Se observó detenidamente toda la plantación para poder tener una mejor idea de las condiciones de todos los árboles.

Tomando en cuenta los criterios antes mencionados, se prosigió a clasificar la plantación en parcelas adecuadas, regulares o no utilizables, y posteriormente se hizo la elección de la parcela a utilizar.

Se determinó la cantidad de árboles de cada variedad en la parcela seleccionada y se ubicaron en un diagrama adecuado:

La densidad de siembra es de 3 m x 3 m, 52 árboles, 5 variedades encontradas, las cuales se clasificaron como A, B, C, D, y E, en base a la forma de las cápsulas, además se encontraron árboles que estaban floreciendo, árboles secos y árboles que no tenían cápsulas ni flores.

Los frutos o cápsulas varían en cuanto a su forma, observándose formas redondas, acorazonadas, lancetadas y oblongas y están cubiertas por muchos apéndices (pelos) que pueden ser largos, medianos ó cortos, aunque existen variedades que no los tienen.

En el Cuadro 6.1, se presentan las características de las cápsulas de las variedades presentes en la Hacienda clasificadas por los autores como A, B, C, D, y E; para las dimensiones promedio se tomaron 5 cápsulas de cada variedad.

La clasificación de las variedades se hizo cortando las cápsulas de cada árbol del área seleccionada para luego ordenarlas como se presenta en el Diagrama del cuadro 6.2, mostrando las diferentes variedades en los diferentes surcos, los cuales se encuentran sembrados a una distancia de 3 m x 3 m.

**CUADRO 6.1. Características Promedio de las Cápsulas de las Variedades
Existentes en la Hacienda San Alfonso**

Variedad	Forma	Apéndices	Largo	Ancho	Espesor
A	Redondeada	largos	5.45 cm	3.72 cm	2.68 cm
B	Largas, lancetadas	cortos	6.53 cm	2.41 cm	1.37 cm
C	Acorazonadas	medianos	5.31 cm	3.24 cm	1.45 cm
D	Acorazonadas	pequeños, casi no presenta	5.85 cm	3.10 cm	1.64 cm
E	Almadrada	pequeños	5.27 cm	3.22 cm	1.56 cm

Terminología:

A: Árboles de la variedad clasificada como A

B: Árboles de la variedad clasificada como B

C: Árboles de la variedad clasificada como C

D: Árboles de la variedad clasificada como D

E: Árboles de la variedad clasificada como E

F: Árboles en floración

NT: Árboles que no tienen cápsula

S: Árboles secos

Cantidad de árboles por variedad:

Variedad A: 4

Variedad B: 3

Variedad C: 13

Variedad D: 3

Variedad E: 5

Árboles con flores (F): 1

Árboles secos(S): 2

No tiene cápsulas(NT): 21

Total de árboles muestreados: 52

Árboles cortados, secos y sin producción: 24

Árboles con frutos: 28

Área Total muestreada 683 m²

Área Total sembrada: 5 manzanas, 34,940 m²

Porcentaje de siembra muestreado: 2 %

**CUADRO 6.2 Ubicación de las Diferentes Variedades de Achiote
Dentro de la Parcela Escogida para el Muestreo**

9	NT	B	C			B
8	NT	C	C	NT	E	A
7	NT	NT	NT	A	C	C
6	NT	B	C	C	C	D
5	NT	C	E	NT	D	NT
4	NT	A	C	F	NT	NT
3	NT	C	NT	NT	C	S
2	NT	S	NT	NT	E	A
1	NT	C	NT	E	D	E
# de árboles	1	2	3	4	5	6
# de surco						

6.2 DETERMINACION DE LA PRODUCCION MAXIMA DE ACHIOTE EN LA HACIENDA SAN ALFONSO

Para una plantación de achiote ya establecida la producción máxima es de 40 qq / manzana* año. Para la Hacienda San Alfonso que posee 5 manzanas, la producción máxima anual es:

$$\text{producción máxima} = 40 \frac{\text{qq}}{\text{manzana} \cdot \text{año}} * 5 \text{ manzanas} * 100 \frac{\text{libras}}{\text{qq}}$$

$$\text{producción máxima} = 20,000 \frac{\text{lb}}{\text{año}}$$

7.0 DETERMINACION DE LA VARIEDAD QUE POSEE MAYOR CANTIDAD DE COLORANTES TOTALES Y BIXINA

Después de clasificadas las variedades de achiote encontradas en la plantación se prosiguió a agrupar las cápsulas de cada variedad de achiote y luego se sacaron las semillas.

De cada variedad de achiote se pesaron tres muestras iguales y se llevaron a peso constante (para eliminar la humedad) colocándolas en la estufa a 40 °C, para luego hacer la determinación del porcentaje de colorante total y porcentaje de bixina que posee cada variedad, siguiendo el procedimiento descrito en el Método rápido para el análisis de semilla de Achiote, descrito en la sección 3.9.

Cada una de las pruebas se realizó por triplicado para cada variedad leyendo en el espectrofotómetro a las longitudes de onda de 404 nm y 500 nm.

En el Cuadro 7.1 se presentan los resultados obtenidos entre las variedades utilizando el método rápido para análisis de semilla de achiote, y en el Cuadro 7.2 los correspondientes promedios.

CUADRO 7.1 Resultados de Porcentaje de Bixina y de Colorante Total por Variedad de Achiote Utilizando el Método Rápido para el Análisis de Semilla de Achiote

PRUEBA # 1				
Variedad	Absorbancia $\lambda = 404 \text{ nm}$	Absorbancia $\lambda = 500 \text{ nm}$	% de Bixina (% PIP)	% de Colorante Total (%PIP)
A	0.42	0.63	11.15	15.73
B	0.5	0.73	12.92	18.46
C	0.5	0.85	15.05	20.04
D	0.52	0.83	14.69	20.13
E	0.55	0.75	13.28	19.61
PRUEBA # 2				
Variedad	Absorbancia $\lambda = 404 \text{ nm}$	Absorbancia $\lambda = 500 \text{ nm}$	% de Bixina (% PIP)	% de Colorante Total (%PIP)
A	0.41	0.64	11.33	15.68
B	0.51	0.72	12.74	18.51
C	0.5	0.85	15.05	20.04
D	0.56	0.85	15.05	21.11
E	0.5	0.77	13.63	18.99
PRUEBA # 3				
Variedad	Absorbancia $\lambda = 404 \text{ nm}$	Absorbancia $\lambda = 500 \text{ nm}$	% de Bixina (% PIP)	% de Colorante Total (%PIP)
A	0.4	0.64	11.33	15.50
B	0.52	0.73	12.92	18.82
C	0.5	0.85	15.05	20.04
D	0.55	0.85	15.05	20.92
E	0.5	0.75	13.28	18.73

**CUADRO 7.2 Promedios de Porcentaje de Bixina y de Colorantes
Totales por Variedad de Achiote**

Variedad	% de Bixina (%P/P)	% de Colorante Total (%P/P)
A	11.27	15.64
B	12.86	18.60
C	15.05	20.04
D	14.93	20.72
E	13.40	19.11

7.1 ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE BIXINA EN LAS VARIEDADES DE ACHIOTE.

El análisis consiste en plantear una hipótesis sobre las medias de los tratamientos (medias de los contenidos de Bixina en las variedades de achiote) y las conclusiones se aplican solo a los niveles del factor considerado en el análisis (contenido de Bixina en las variedades de Achiote).

El análisis de varianza se aplica a los resultados de porcentaje de bixina para determinar si entre las variedades de achiote existe diferencia estadística representativa.

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 7.3, y el análisis de varianza aplicado se encuentra en el anexo C.

CUADRO 7.3 Resultados del análisis de Varianza entre variedades de achiote

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media de cuadrados	Fo calculado	Fo de tablas *
Entre variedades	29.523	4	7.38	351.4	380.94
Error dentro de variedades	0.21	10	0.021		
Total	29.733	14			

*(Ver Anexo C)

Para un nivel de confianza del 95% se tiene que $F_0 = 380.94$ (de tablas) es mayor que F_0 calculado = 351.4, lo cual indica que existe diferencia estadística significativa en el contenido de Bixina de las variedades de achiote analizadas.

Aplicando el Método Estadístico de Análisis de la Mínima Diferencia Significativa (DMS ó LSD en inglés), se tiene que los promedios de contenido de Bixina de las variedades A, B, D y E son estadísticamente diferentes entre sí y que para las variedades C y D son estadísticamente iguales; mostrando al mismo tiempo los mejores promedios en cuanto a contenido de Bixina, variando entre 14.93% P/P y 15.05% P/P.

8.0 PRUEBAS PARA LA DETERMINACION DE LOS PARAMETROS DE OPERACION PARA LA EXTRACCION DE BIXINA CON AGUA

Se colocaron 3 muestras de semillas de achiote mezclado de todas las variedades (de 100 g cada una) en remojo con agua a temperatura ambiente en beakers de 500 mL para observar en cuanto tiempo las semillas crecían al máximo. En el Cuadro 8.1 se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

CUADRO 8.1 Pruebas de aumento de volumen de semillas de achiote en remojo con respecto al tiempo de remojo.

Tiempo (horas)	Volumen de muestra (mL) (100 g de semillas con agua)			Volumen de agua agregada (mL)		
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
0	130	130	130	100	100	100
0.75	180	190	190	50	50	50
2	230	225	230	-	-	-
3.5	250	250	240	50	50	50
12	300	300	300	50	50	50
13	300	300	300	-	-	-
14	300	300	300	-	-	-
15	300	300	300	-	-	-

Como se observa en el Cuadro 8.1, para un tiempo 0 el volumen de muestra (que son los 100 g de semilla más los 100 mL de agua) es de 130 mL, quedando las semillas completamente cubiertas por el agua, después de 45 minutos las semillas habían absorbido parcialmente el agua, agregando después 50 mL más de agua; después de 2 horas, las semillas tenían un volumen de 230 mL aproximadamente, después de 3 horas y media las semillas median un volumen aproximado de 250 mL y habían consumido toda el agua agregada por lo que se le puso 50 mL más, después de 12 horas el volumen de las semillas se mantuvo constante en 300 mL y ya no siguieron absorbiendo más agua.

El volumen de las semillas al final del tiempo de remojo aumentan aproximadamente 3 veces el volumen inicial de las semillas con agua. Al dejar las semillas en remojo estas absorben el agua y se hinchan de tal manera que se vuelven de forma esférica facilitando el desprendimiento del colorante, pero al dejarlas mucho tiempo en remojo estas toman una consistencia muy blanda que al agitarlas se destruyen.

Con estas pruebas hechas se tomó en cuenta la importancia del crecimiento de las semillas con agua para una agitación que hiciera eficiente el proceso de extracción del colorante.

Para determinar el proceso óptimo se realizaron 9 pruebas, con un peso de muestra constante de 300 g, pero utilizando procesos diferentes, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- a) Tiempo de remojo de las semillas
- b) Tiempo de calentamiento de las semillas
- c) Volumen de agua a utilizar en el remojo
- d) Volumen de agua a utilizar para el lavado de las semillas
- e) Tiempo de agitación en el calentamiento
- f) Tiempo de agitación antes del lavado de las semillas (después del calentamiento de las semillas si lo hay)
- g) Tiempo de evaporación del extracto
- h) Tiempo de agitación usando baño de María.

Estos parámetros fueron elegidos en base a las observaciones hechas en las pruebas anteriores. En cada prueba algunos parámetros se mantuvieron fijos mientras se variaban otros.

Lo anterior se hizo con el objeto de conocer de que modo influye individualmente cada uno de los parámetros en la extracción del colorante, comprobándose que el de mayor importancia es el tiempo de agitación.

El resumen de los parámetros de operación utilizados en la extracción se presentan en el Cuadro 8.2. y un resumen sobre observaciones al proceso se muestra en el Cuadro 8.3.

Material y Equipo utilizado en las pruebas:

- a) Beakers de 1 L,
- b) Una olla de cocina, un olla de lámina galvanizada
- c) Una cocina de gas propano de tres quemadores,
- d) Un colador plástico,
- e) Agitadores de vidrio,
- f) Agua de la red de ANDA
- g) Moldes de aluminio de 50 mL.

CUADRO 8.2 Parámetros de operación de pruebas de extracción con agua para 300 g de semilla de achiote procesadas

# de prueba	Tiempo de remojo (horas)	Tiempo de calentamiento (horas)	Volumen de agua de remojo (mL)	Volumen de agua en lavado de semillas (mL)	Agitación en calentamiento de semillas	Tiempo de agitación antes del lavado (min)	Tiempo de evaporación de extracto (horas)	Tiempo de secado en Baño María (horas)*
1	48	1:00	750	1,400	Moderado (**)	10	2:40 con gas	7:09
2	0:00	1:00	200	800	Moderado	10	2:00 con gas	7:08
3	0:00	0:30	600	800	Moderado	10	2:00 con gas	
4	0:20	0:00	300	800	Agitación sin calentamiento	15	1:30 con gas	
5	0:30, agua caliente	0:00	300	700	Agitación sin calentamiento cada 5 min. por 1 min.	15		
6	0:30, con agitación cada 5 minutos	0:45	300	600	Moderado	15		
7	0:00	0:30	600	750	Moderado	10		
8	0:30	0:30	300	1,200	Moderado	15	5 días de secado al ambiente	
9	2:00	0:15	300	900	Moderado	15	4:00 con gas	

(*) Sólo las primeras dos muestras se pusieron en baño maría porque el tiempo de evaporación fue muy largo

(**) Cuando se menciona agitación moderada, se refiere a que esta se hace aproximadamente cada 5 minutos para que el calentamiento de las semillas sea uniforme, evitando que las semillas del fondo se calienten más que las de la superficie

CUADRO 8.3 Resultados de las pruebas de Extracción acuosa de Bixina para 300 g de semilla de achiote

# de muestra	Resultados
1	Contaminada con hongos
2	No contaminada y con una humedad final de 5.6 %
3	No contaminada con hongos. Las semillas muestran mayor decoloración. Con una humedad final del 31%
4	Contaminada con hongos
5	Contaminada con hongos
6	Contaminada y con olor a fermentado
7	Contaminada con hongos
8	Contaminada con hongos
9	Contaminada con hongos

Todas las muestras que se contaminaron con hongos tenían una humedad entre 41 y 50%, y el hongo apareció aproximadamente una semana después de la extracción.

En cada prueba realizada se estuvo controlando la temperatura tanto en el calentamiento de las semillas (la temperatura se mantuvo entre 80 y 90 °C), como en la evaporación del extracto (la temperatura se mantuvo entre 90 y 92 °C).

El 80% de las muestras evaporadas (muestras 1, 4, 5, 6, 7, 8 y 9) se contaminaron con bacterias y hongos ya que después de la evaporación las muestras no se llevaron a sequedad completa, teniendo todavía una humedad alta creando así un medio propicio para el crecimiento de microorganismos.

Algunas de las muestras no se contaminaron (muestras 2 y 3) y se les determinó la humedad la cual oscilaba entre 5 y 6 %.

El mejor proceso de estas pruebas se escogió en base a la decoloración que presentaban las semillas al final del proceso, asumiendo que las semillas que se encontraban mayormente decoloradas eran a las que se les había extraído la mayor cantidad de colorante. Después del lavado, las semillas se pusieron a secar al sol y al estar estas completamente secas se podía observar que tanto se había desprendido el colorante, observándose unas semillas más decoloradas que otras pudiéndolas comparar fácilmente cuando aun se encontraban húmedas.

La prueba que dio mejor resultado en cuanto a la decoloración de las semillas fue la No. 3. Esta prueba no necesitó remojo, y al calentar las semillas estas aumentaron de volumen tal manera que al agitarlas se pudo desprender el colorante fácilmente.

Con estas pruebas se pudo determinar que el calentamiento de las semillas y la agitación son las variables de operación más importantes para obtener un buen rendimiento en el proceso. En la Figura 4 se presenta el Diagrama de Flujo de la muestra # 3, la cual fue la que al final las semillas mostraron mayor decoloración que en las otras pruebas.

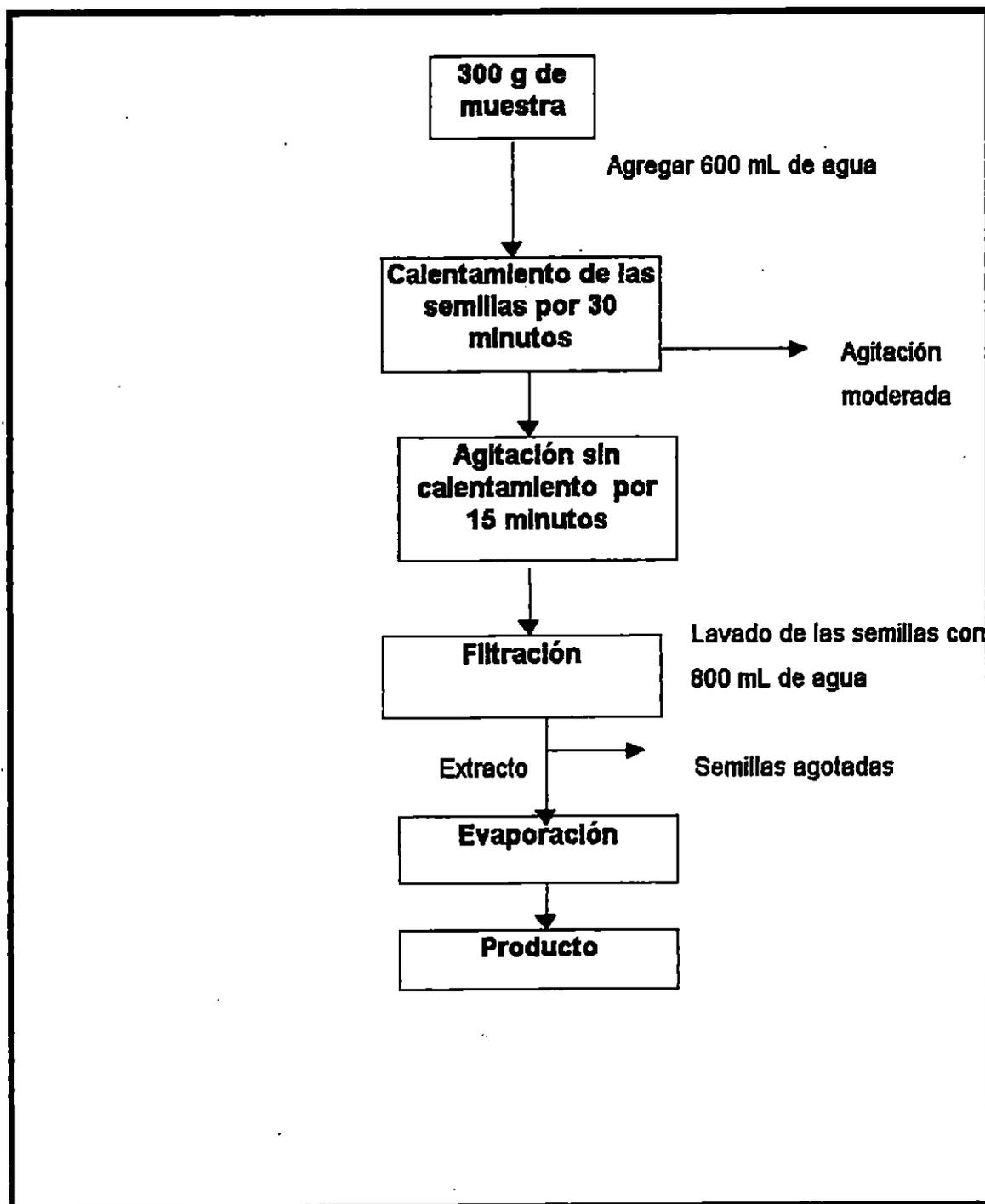


FIGURA 4. Diagrama de Flujo para el proceso de la muestra No.3

Una vez determinado el mejor procedimiento a seguir para la extracción de bixina, se prosiguió a realizar las pruebas de escalamiento con muestras por triplicado de 1, 5, 10 y 12 libras, tomando en cuenta los siguientes parámetros: tiempo de extracción, tiempo de calentamiento, temperatura de calentamiento, tiempo de agitación las cuales combinadas llevan a la obtención del proceso que posteriormente se sugiere utilizar para la extracción.

9.0 PRUEBAS DE ESCALAMIENTO DEL PROCESO ARTESANAL PARA LA EXTRACCION DE BIXINA CON AGUA.

Para el escalamiento del proceso se hicieron 4 pruebas por triplicado pruebas con diferentes cantidades de achiote, empezando con 1, 5, 10 y finalizando con 12 libras. El procedimiento a seguir para cada una de las pruebas fue el siguiente:

Se pesan las semillas, luego se depositan en una olla, se les agrega agua (hasta cubrir las semillas) e inmediatamente se ponen al fuego por un tiempo de 30 minutos agitándolas moderadamente (para un calentamiento uniforme y evitando que la temperatura aumente a más de 90 °C), después del calentamiento las semillas se bajan del fuego y se agitan por 30 minutos en forma ininterrumpida agregando una cantidad de agua a temperatura ambiental para facilitar la agitación y disminuir un poco la temperatura de las semillas, luego se lavan con agua para extraer la mayor cantidad de colorante, posteriormente se cuelean para calentar el extracto hasta que alcance ebullición.

9.1 CONDICIONES DE OPERACION DEL PROCESO

Para llevar a cabo cada prueba de extracción de bixina fue necesario el control de ciertas variables de operación tales como: Temperatura de calentamiento de las semillas, Tiempo de agitación de las semillas después del calentamiento, Tiempo de

calentamiento, Temperatura de evaporación del extracto y Tiempo de calentamiento del extracto.

9.1.1 TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO DE LAS SEMILLAS DE ACHIOTE.

Para que la bixina no se degrade su temperatura no debe pasar de 125 °C (Herrera, 1971), es por esto que durante el calentamiento de las semillas se trabajó a temperaturas que oscilaron entre los 85 y 90 °C.

Para que la temperatura no aumentara al aplicar fuego directo, se agitaron las semillas constantemente para que el calentamiento de las mismas fuera uniforme garantizando así la estabilidad de la bixina.

9.1.2 TIEMPO DE AGITACION DE LAS SEMILLAS DESPUES DEL CALENTAMIENTO

La agitación de las semillas es muy importante , porque esta ayuda mucho al desprendimiento del colorante, al frotarse las semillas unas con otras, pero teniendo el cuidado de que la agitación no sea demasiado fuerte para no destruir las semillas ya que después del calentamiento quedan un poco blandas por la absorción del agua.

Se trabajó con tiempos de 10, 15 y 30 minutos, ya que dependiendo de la cantidad de semillas a procesar así es el tiempo requerido de agitación, para que las semillas logren una mayor interacción en el desprendimiento del colorante. El tiempo de agitación con el que se trabajó al final fue de 30 minutos.

En las pruebas realizadas a medida que se iba incrementando el tamaño de muestra hubo necesidad de aumentar el tiempo de agitación, teniendo la dificultad de que al llegar a la prueba de 12 libras la agitación se volvió más difícil por la cantidad de semillas a remover, no pudiendo aumentar mas de 30 minutos el tiempo de agitación

por lo agotador del esfuerzo realizado, por lo que se considera que para cantidades mayores de 12 libras se hace necesario el uso de un agitador mecánico, para lograr una mayor eficiencia en el proceso de extracción.

9.1.3 TIEMPO DE CALENTAMIENTO DE LAS SEMILLAS.

El calentamiento de las semillas con agua es importante ya que se pretende que con el calor estas aumenten de tamaño sin la necesidad del remojo (la acción del calor y el agua hacen que el crecimiento de las semillas sea mucho más rápido que al dejarlas en remojo un tiempo determinado). Como las semillas toman una forma casi esférica el desprendimiento del colorante se vuelve mucho más fácil y rápido. Aunque el tiempo de calentamiento depende de la cantidad de semillas a procesar, se trabajó con dos tiempos: un tiempo de 30 minutos para procesar 1,5 y 10 libras y otro de 40 minutos para procesar 12 libras.

10.0 RESULTADO DE LAS PRUEBAS DE ESCALAMIENTO

En el Cuadro 10.1 se presentan los promedios de los parámetros utilizados y de las cantidades de agua utilizadas para cada una de las pruebas de Escalamiento de la Planta de Extracción acuosa de Bixina.

CUADRO 10.1 Parámetros de Operación para la Extracción Acuosa de Bixina en Lotes de 1, 5, 10 y 12 libras a partir de Semilla de Achiote en Oro

Muestra	Cantidad de agua utilizada	Tiempo de calentamiento (min)	Tiempo de agitación (min)	Volumen de extracto (L)	Tiempo de evaporación (horas)
1 libra	633 mL para calentamiento	30	10	1.067 L	1:50 horas
	300 mL para agitación				
	567 mL para lavado				
	Total de agua: 1.5 L				
5 libras	3 L para calentamiento	30	30	6 L	3:45 horas
	1 L para agitación				
	5 L para lavado				
	Total de agua: 9 L				
10 libras	8 L para calentamiento	30	30	12 L	8:06 horas
	2 L para agitación				
	10 L para lavado				
	Total de agua: 20 L				
12 libras	9 L para calentamiento	40	30	13 L	9:30 horas
	3 L para agitación				
	11 L para lavado				
	Total de agua: 23 L				

10.1 PRUEBAS DE LABORATORIO PARA EL ESCALAMIENTO DE LA PLANTA DE EXTRACCION DE BIXINA

Para el diseño de la planta se llevaron a cabo una serie de pruebas en las cuales se tomaron muestras de 1lb, 5 lb, 10 lb y 12 lb de semilla de achiote en oro a las cuales se les hizo la extracción de colorante con agua y se les determinó el rendimiento

obtenido (g de colorante / g semilla en oro * 100), porcentaje de humedad, el cual se determinó secando una porción de la muestra hasta llevarlo a peso constante. Cada una de las pruebas se realizó por triplicado. Los datos obtenidos se presentan en el Cuadro 10.2, y en el Cuadro 10.3 se resumen los Promedios obtenidos de las Pruebas de Laboratorio para el Escalamiento de la Planta de Extracción Acuosa de Bixina:

CUADRO 10.2 Resumen de datos obtenidos de la extracción acuosa de bixina a nivel de laboratorio, para muestras de 1, 5, 10 y 12 libras de achote

Tamaño de muestra (lb)	Tamaño de muestra (g)	Peso de colorante húmedo extraído (g)	Porcentaje de Humedad (g de agua/g de colorante * 100)	Peso de colorante seco (g)	Rendimiento (peso de colorante seco / peso de semilla en oro * 100)
1	454	85.3	51.25	41.58	9.16
1	454	88.1	55.68	39.05	8.60
1	454	82.5	48.23	42.71	9.41
5	2,270	437.2	44.37	243.93	10.71
5	2,270	432.7	45.00	237.98	10.48
5	2,270	441.5	47.66	231.08	10.18
10	4,540	445.2	27.66	322.06	7.09
10	4,540	501.8	30.23	350.11	7.71
10	4,540	506.6	31.29	348.09	7.67
12	5,448	730.9	46.73	389.35	7.15
12	5,448	740.7	47.54	388.57	7.13
12	5,448	747.4	45.27	409.05	7.51

CUADRO 10.3 . Promedios de los Resultados de Extracción Acuosa de Bixina a Nivel de Laboratorio para muestras de 1, 5, 10 y 12 libras de Achiote

Tamaño de muestra (lb)	Tamaño de muestra (g)	Peso de colorante húmedo extraído (g)	Porcentaje de Humedad (g de agua/g de colorante * 100)	Peso de colorante seco (g)	Rendimiento (peso de colorante seco / peso de semilla en oro * 100)
1	454	85.3	51.72	41.11	9.06
5	2,270	437.1	45.68	237.66	10.46
10	4,540	484.5	29.73	340.09	7.49
12	5,448	739.7	46.51	395.66	7.26

Como puede observarse en el Cuadro 10.3, la Prueba de Escalamiento en la que se obtuvo mayor rendimiento de extracción fue en la de 5 libras, por lo que los resultados de ésta son los que se toman como base para escalarlo al tamaño propuesto para la Planta de Extracción de Bixina con Agua.

10.2 DESCRIPCION DEL PROCESO DE PRODUCCION PROPUESTO PARA EXTRAER LA BIXINA

El proceso se ha dividido en 5 etapas:

- a) Limpieza y selección de las semillas
- b) Pesado de las semillas
- c) Agitación y calentamiento
- d) Filtrado y lavado
- e) Calentamiento y adición del preservante

- a) **Limpieza y selección de las semillas:** Esta etapa será realizada en forma manual para eliminar todo tipo de impurezas que puedan llevar las semillas tales como palillos, pedazos de cápsulas después de la aporreada que se le hace a las cápsulas para sacar las semillas.
- b) **Pesado de las semillas:** se pesarán 15 porciones de 5 libras, diariamente para completar el total de 75 libras diarias que se desean procesar.
- c) **Agitación y calentamiento:** Se colocarán 5 libras de achiote en cada olla y la agitación durante el calentamiento será realizada en forma manual y moderada. Agregar a cada porción de 5 libras 3 Litros de agua. Después del calentamiento agregar 1 Litro de agua en cada olla y agitar las semillas por 30 minutos en forma constante.
- d) **Colado y lavado:** Lavar las semillas de cada recipiente con 5 Litros de agua. Después colar el extracto pasando las semillas y el extracto por un colador y colocar cada porción en un recipiente diferente (5 volúmenes de extracto en 5 recipientes).
- e) **Calentamiento y adición del preservante:** el extracto se calentará hasta ebullición durante 5 minutos y se le agregará la cantidad de preservante indicada en la sección de los Balances de Materia, para posteriormente envasarlo en caliente.

Los resultados esperados para el procesamiento de 75 libras se calculan en base a un factor de 15 (ya que las 75 libras se dividieron en 3 porciones de 25 libras cada una las que a su vez se dividieron en 5 porciones de 5 libras).

Después de realizar una serie de pruebas de laboratorio el proceso que se propone para la Extracción de Bixina se presenta en la Figura número 5:

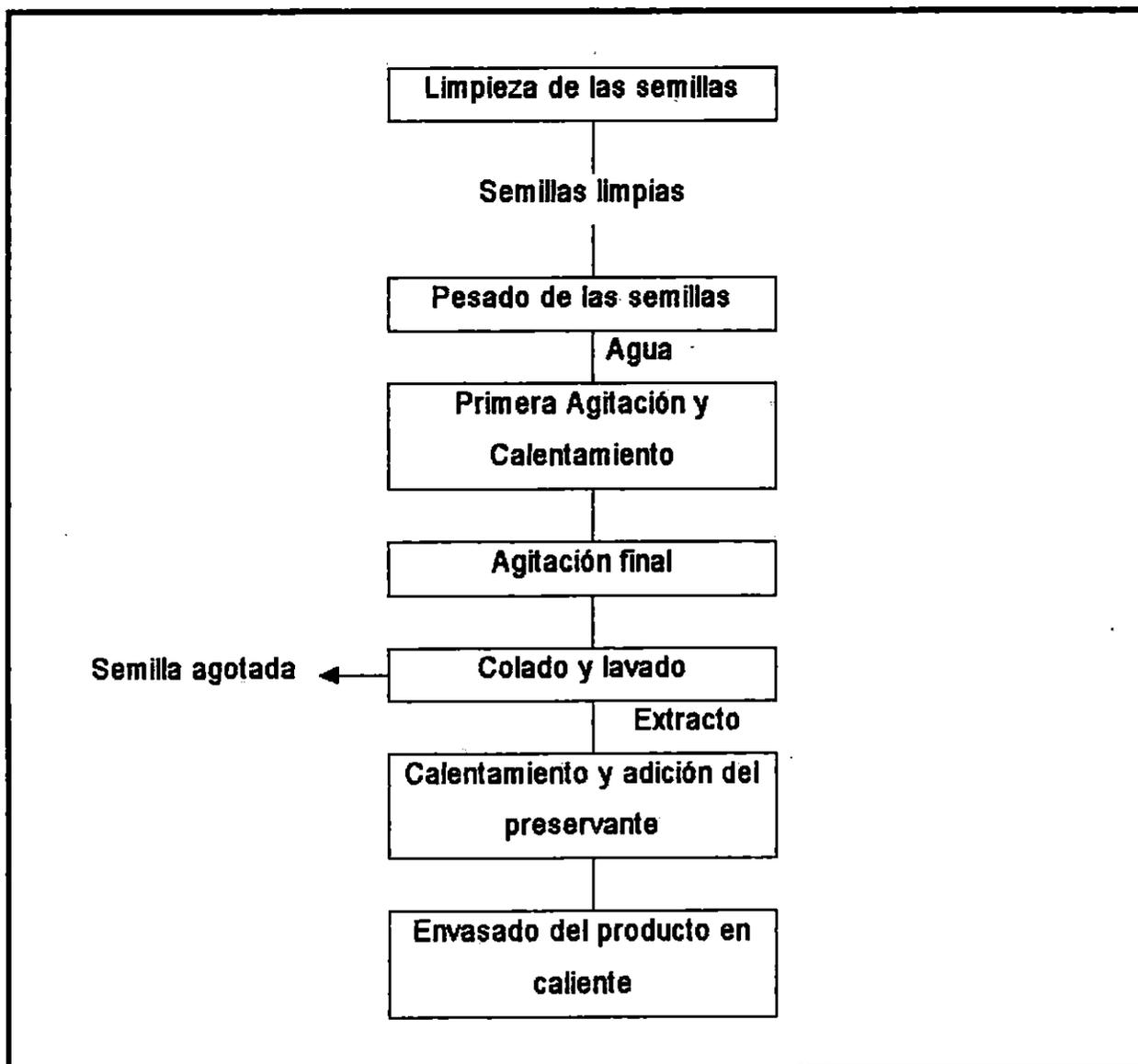


FIGURA 5. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL PROCESO PROPUESTO PARA LA EXTRACCIÓN ACUOSA DE BIXINA A PARTIR DE SEMILLAS DE ACHIOTE EN ORO

10.3 PROPUESTA DEL PROCESAMIENTO DEL ACHIOTE PARA REALIZARLO EN LA HACIENDA SAN ALFONSO

Se sugiere procesar 75 libras de achiote diarios repartidas en tres porciones de 25 libras cada uno y estas a la vez divididas en 5 porciones de 5 libras cada uno, tomando como base la prueba de extracción de 5 libras, por ser la que dio los mejores resultados (mayor rendimiento de extracción).

Además se ha considerado que para un día una persona puede procesar 3 lotes de 5 libras cada uno realizándolo de la siguiente manera recomendada:

30 minutos de calentamiento de semillas con el agua

30 minutos de agitación

30 minutos para el lavado y colado de las semillas y el extracto

10 minutos para el calentamiento final y la adición del preservante

30 minutos para el envasado

20 minutos para el lavado del material

Para cada lote se calcula que se necesitarían dos horas con treinta minutos, lo que indica que cada persona para procesar 3 lotes se tardaría 7 horas con 30 minutos por día.

10.4 PRODUCTO QUE SE SUGIERE OBTENER

El producto que se sugiere producir es una suspensión acuosa de Bixina, la cual posee 4.2 g de bixina por Litro de suspensión (ver sección de Balances de Materia), y se conserva con Benzoato de Sodio en dosis de 1 g de preservante por Kg de producto terminado (Codex, 1989) las características fisicoquímicas del producto se presentan en el Cuadro 12.1

10.5 DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE BIXINA Y DE COLORANTES TOTALES DE MUESTRAS COMERCIALES Y DEL PRODUCTO OBTENIDO

Las muestras comerciales a las cuales se les determinó el porcentaje de Bixina y de colorantes totales fueron tres, y de cada una de ellas se pesaron 5 gramos de su presentación original y las que eran líquidas se llevaron a sequedad, posteriormente se disolvieron en cloroformo, siguiendo el procedimiento presentado en el Método rápido para el análisis de semilla de achiote.

Las características de las muestras evaluadas son las siguientes y los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 10.4:

- a) MUESTRA 1: muestra sólida de origen mexicano que contiene como ingredientes colorante de achiote, sal, ácido cítrico y otras especias.
- b) MUESTRA 2: muestra líquida alcalina pH = 13.2, de la cual se pesaron 5 gramos líquidos y posteriormente se puso a secar a temperatura de 105 °C se enfrió y se disolvió en cloroformo.

CUADRO 10.4 Resultados de Porcentaje de Bixina y de Colorante Total de Muestras Comerciales y del Colorante Obtenido

Nombre comercial de la muestra	Absorbancia $\lambda = 404 \text{ nm}$	Absorbancia $\lambda = 500 \text{ nm}$	% de Bixina	% de Colorante Total
Muestra 1	0.18	0.35	6.20	7.80
Muestra 2	0.22	0.58	10.27	11.53
Colorante obtenido	0.29	0.6	10.62	13.03

Como puede observarse en los resultados presentados en el Cuadro 10.3 el colorante obtenido contiene mayores porcentajes de Bixina y de Colorantes Totales que las muestras comerciales.

11.0 DISEÑO PRELIMINAR DE UNA PLANTA ARTESANAL DE OBTENCION DE BIXINA A PARTIR DE SEMILLAS DE ACHIOTE EN ORO UTILIZANDO EL METODO DE EXTRACCION CON AGUA

Entre los Parámetros tomados en cuenta para el Diseño se considera que uno de gran importancia es la Localización de la Planta.

Para la localización se seleccionaron zonas ubicadas dentro de las posibles zonas preferenciales de ubicación para industrias húmedas en El Salvador según el mapa de la Figura I del Anexo F.

De acuerdo a lo anterior, la planta podría estar ubicada dentro de las instalaciones de la Hacienda San Alfonso, ya que en el mapa del Anexo F la Hacienda se encuentra localizada dentro de la zona preferencial de ubicación para industrias húmedas.

Además se desea ubicar la planta cercana a la plantación del achiote para que la recolección, transporte y almacenamiento de las semillas se faciliten.

11.1 VARIABLES EVALUADAS

Las variables de localización consideradas de mayor importancia para el buen funcionamiento de la planta son:

- a) **Disponibilidad de Materia Prima.** Dado que la cosecha del Achiote es anual, se requiere que la planta disponga de una bodega para el almacenamiento de las semillas

- b) **Disponibilidad de Desechos.** Este factor se considera que es muy importante debido a que después de su procesamiento queda un volumen grande de semillas aún con cierta cantidad de colorante que no pudo ser desprendido durante la extracción, las cuales se pretenden secar y posteriormente utilizarlas como alimento animal especialmente de aves de corral, como fertilizante o como combustible debido a que presenta un alto poder calorífico de 7597.6 Btu / lb, el análisis fue realizado en el laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química, los cálculos se presentan en el Anexo D.

- c) **Disponibilidad de Agua.** En este proceso se requiere agua en cantidad y de buena calidad. El agua de la cual se dispone en la Hacienda es de la red de ANDA. Los análisis fisicoquímicos del agua de la Hacienda fueron realizados en el Laboratorio Químico de ESPINSA (Especialidades Industriales S. A.), los resultados de dichos análisis se presentan en el Cuadro 11.1.

- d) **Clima.** El clima de la zona deberá ser adecuado para garantizar que la semilla de Achiote no se contamine con hongos debido a la humedad.

- e) **Disponibilidad de Mano de Obra.** El personal de la planta está constituido principalmente por habitantes de la zona y personas pertenecientes a la cooperativa.

CUADRO 11.1 Resultados del Análisis Físicoquímico del agua disponible en la Hacienda "San Alfonso"

Sustancia ó Análisis	Valor del agua de la Hacienda	Valor Tolerable ^a
pH	7.2	6.5 - 8.5
Sólidos Totales Disueltos	118.87 mg /L	1000 mg /L
Color (escala colorimétrica de Platino-Cobalto)	No detectable	15 unidades de color verdadero
Turbidez (unidades NTU)	0.5 unidades	5 unidades de turbidez nefelométrica
Hierro	0.08 mg /L	0.3 mg /L
Manganeso	No detectable	0.1 mg /L
Dureza	42.55 mg /L (como CaCO ₃)	500 mg /L (como CaCO ₃)
Sulfatos	18.75 mg /L	400 mg /L

^a FUENTE: Guías para la Calidad del Agua Potable. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. 1985.

11.2 CAPACIDAD DE LA PLANTA

En la determinación de la capacidad de la planta se tomaron en cuenta factores tales como, la disponibilidad de materia prima (producción anual de achiote de la Hacienda San Alfonso), cantidad a procesar, la cantidad de semillas de achiote que una persona es capaz de manipular y agitar, además de tomar la prueba de laboratorio que dio el mayor rendimiento de extracción (sección 10.1).

La planta se ha dimensionado para poder procesar 75 libras de semilla en oro diarias, divididas en 3 lotes de 25 libras cada uno, los cuales a su vez están divididos en 5 porciones de 5 libras cada uno, manejado por cinco personas, es decir que cada persona procesará diariamente 15 libras de achiote en tres turnos de 2 horas cada

uno. Aunque posteriormente si se desea en la planta se podría procesar una mayor cantidad de semillas.

11.3 BALANCES DE MATERIA Y ENERGIA

Para realizar los Balances de Materia y Energía se utilizará como base la prueba de Escalamiento de 5 libras por haber sido la que dio los mejores resultados (mayor rendimiento de extracción)

11.3.1 BALANCES EN LA ETAPA DE EXTRACCION Y CONCENTRACION

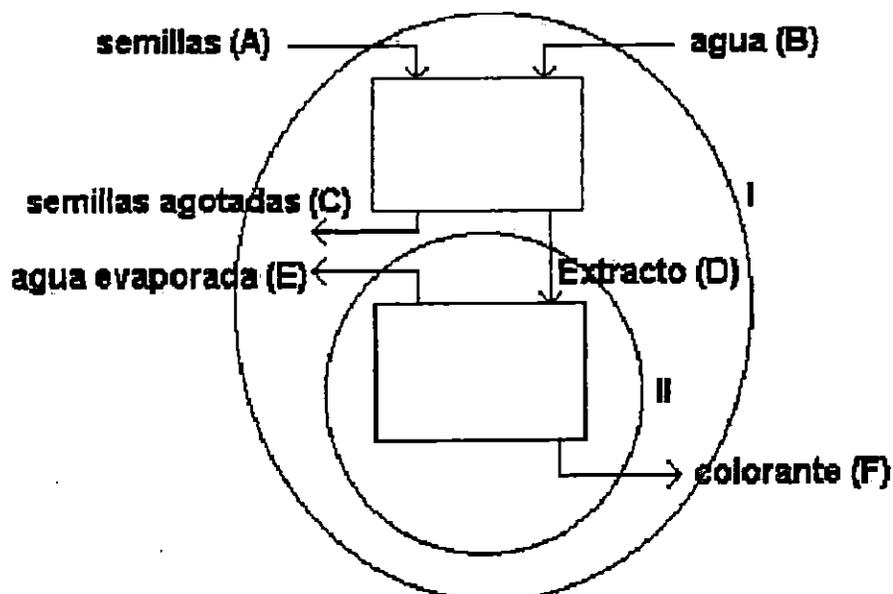
Base de Cálculo: 5 lb de semilla en oro (2,270 g) (A)

9 litros de agua entrando (B)

6 litros de extracto (D)

437.1 g de colorante húmedo obtenido con 45.68 % de humedad y
10.62% de bixina (F)

3 litros de agua absorbida por las semillas (xC)



Balance Global en I:

$$A + B = C + E + F$$

$$2,270 \text{ g} + 9,000 \text{ g} = C + E + 437.1 \text{ g}$$

$$C + E = 10,832.9 \text{ g} \quad (1)$$

Balance de Agua en I:

$$B = xC + E + 0.4568 F$$

$$9,000 \text{ g} = 3,000 \text{ g} + E + 0.4568 (437.1 \text{ g})$$

$$9,000 = 3,000 + E + 199.67 \text{ g}$$

$$E = 5,800.33 \text{ g de agua evaporada en la concentración del colorante} \quad (2)$$

Sustituyendo (2) en (1):

$$C + 5,800.33 = 10,832.9$$

$$C = 10,832.9 - 5,800.33$$

$$C = 5,032.57 \text{ g (semillas agotadas)}$$

- **Cálculo de la cantidad de extracto producida (D)**

Balance Global en II:

$$D = E + F$$

$$D = 5,800.33 \text{ g} + 437.1 \text{ g}$$

$$D = 6,237.43 \text{ g de Extracto acuoso}$$

- **Cálculo del porcentaje de humedad de las semillas agotadas**

Semillas agotadas secas:

$$5,032.57 \text{ g de semillas húmedas} - 3,000 \text{ g de agua} = 2,032.57 \text{ g de semillas secas}$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso de agua contenido en las semillas}}{\text{peso de las semillas húmedas}} \cdot 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{3,000 \text{ g}}{5,032.57} \cdot 100$$

$$\text{Humedad} = 59.61 \%$$

- **Cálculo de la densidad del extracto (ρ):**

$$\rho = \text{masa} / \text{volumen}$$

$$\rho = \frac{6,237.43 \text{ g}}{6,000 \text{ mL}}$$

$$\rho = 1.039 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

El cálculo de la densidad del Extracto también se encontró experimentalmente (El análisis fue realizado en el Laboratorio Químico de Especificidades Industriales S. A.), dando como resultado 1.019 g / mL.

- **Cálculo de la cantidad de Benzoato a agregar por cada porción de 5 libras: (Codex , 1989).**

Según el CODEX ALIMENTARIUS, la cantidad de Benzoato permitida es de 1000 mg de Benzoato de sodio por 1 Kg de producto terminado.

Cantidad de Benzoato = 6.237 Kg de extracto acuoso *

$$1000 \frac{\text{mg de Benzoato}}{\text{Kg de producto terminado}}$$

Cantidad de Benzoato = 6,237 mg = 6.237 g = 0.22 onzas

- **Balance de Bixina en II:**

El colorante seco (cs) en F = (1 - 0.4568) * 437.1 g

cs = 237.43 g

Bixina en el colorante seco = 237.43 * 0.1062

Bixina = 25.22 g

- **Cálculo de la concentración de bixina en el extracto acuoso:**

$$\text{Concentración de Bixina} = \frac{\text{g de Bixina en el Extracto}}{\text{volumen Total del extracto}}$$

$$\text{Concentración de Bixina} = \frac{25.22 \text{ g}}{6 \text{ L}}$$

$$\text{Concentración de Bixina} = 4.20 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

Cambiando la base a 75 libras de semillas en oro:

(Todos los resultados del balance de 5 libras se multiplican por el factor de 15)

Semillas en oro entrando : 75 libras

Agua entrando : 135,000 g = 135 litros

Semillas agotadas : 75,488.55 g con 59.61 % de humedad

Extracto : 93,561.45 g = 90 litros

Cantidad Total de Benzoato de Sodio a agregar = 93.51 g = 3.3 onzas

- **Bixina Total Producida**

Concentración de Bixina en el extracto acuoso: 4.20 g / Litro

$$\text{Bixina Total producida} = 90 \text{ L} \cdot 4.20 \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$\text{Bixina Total Producida} = 378 \text{ g}$$

- **Balance de Energía para 5 libras de achote procesadas**

Cálculo del Calor Total requerido para calentar las semillas con el agua en la etapa de extracción el colorante y para calentar el extracto obtenido para agregarle el preservante (Q)

Temperatura de a la cual se concentra = 90 °C = 194 °F

Temperatura ambiente promedio = 30 °C = 86 °F

Temperatura a la cual se calienta = 90 °C = 194 °F

$$\text{QT} = \text{calor total} = Q_1 + Q_2$$

Q_1 = calor ganado por las semillas y por el agua en el calentamiento de temperatura ambiente a 90 °C

$$Q_1 = m_S C_{pS} \Delta T + m_{AGUA} C_{pAGUA} \Delta t$$

Donde:

m_S = masa de semillas de achote a procesar = 5 libras = 2,270 g

m_{AGUA} = masa de agua al inicio del calentamiento = 9,000 g = 19.82 libras

C_{pS} = capacidad calorífica de las semillas (Ver el cálculo en el Apéndice D2)

C_{pAGUA} = calor específico del agua

$$Q_1 = \left[5 \text{ libras} \cdot 454 \frac{\text{g}}{\text{libra}} \cdot 0.1855 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ Btu}}{252 \text{ cal}} \cdot (90 - 30)^\circ\text{C} \right] \\ + 19.82 \text{ libras} \cdot 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \cdot (194 - 86)^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = 2,240.82 \text{ BTU}$$

Q_2 = calor ganado por el colorante y por el agua en el calentamiento de temperatura ambiente a 90 °C

$$Q_2 = m_C C_{pC} \Delta T + m_{H_2O} C_{pH_2O} \Delta t$$

Donde:

m_S = masa de colorante en el extracto 237.43 g = 0.5229 lb

m_{H_2O} = masa de agua en el extracto = 6,000 g = 13.22 libras

C_{pC} = capacidad calorífica del colorante (Ver el cálculo en el Apéndice D2)

C_{pH_2O} = calor específico del agua

$$Q_2 = \left[0.5229 \text{ libras} \cdot 0.33 \frac{\text{Btu}}{\text{libra}^\circ\text{F}} + 13.21 \text{ libras} \cdot 1 \frac{\text{Btu}}{\text{libra}^\circ\text{F}} \right] \cdot (194 - 86)^\circ\text{F}$$

$$Q_2 = 1,446.4 \text{ Btu}$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

Sustituyendo datos:

$$Q_T = 3,687.22 \text{ Btu}$$

- **Cálculo del Calor Total requerido para el procesamiento de 75 libras de achote (Q_T)**

m_S = masa de semillas de achote a procesar = 75 libras

m_{AGUA} = masa de agua al inicio del proceso = 135 litros = 297.36 libras

m_C = masa de colorante seco en el extracto = 3,561.45 g = 7.84 libras

m_{H_2O} = masa de agua en el extracto = 90,000 g = 198.24 libras

$$Q_1 = m_S C_{pS} \Delta T + m_{AGUA} C_{pAGUA} \Delta t$$

$$Q_2 = m_C C_{pC} \Delta T + m_{H_2O} C_{pH_2O} \Delta t$$

$$Q_T = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = \left[75 \text{ libras} \cdot 454 \frac{\text{g}}{\text{libra}} \cdot 0.1855 \frac{\text{cal}}{\text{g}^\circ\text{C}} \cdot \frac{1 \text{ Btu}}{252 \text{ cal}} \cdot (90 - 30)^\circ\text{C} \right]$$

$$+ 297.36 \text{ libras} \cdot 1 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}^\circ\text{F}} \cdot (194 - 86)^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = 33,618.76 \text{ Btu}$$

$$Q_2 = \left[7.84 \text{ libras} \cdot 0.33 \frac{\text{Btu}}{\text{libra}^\circ\text{F}} + 198.24 \text{ libras} \cdot 1 \frac{\text{Btu}}{\text{libra}^\circ\text{F}} \right] \cdot (194 - 86)^\circ\text{F}$$

$$Q_2 = 21,689.34 \text{ Btu}$$

Para el procesamiento de 75 libras de achote el calor total requerido es:

$$Q_T = 33,618.76 \text{ Btu} + 21,689.34 \text{ Btu}$$

$$Q_T = 55,308.09 \text{ BTU}$$

- **Cálculo de la cantidad de gas necesaria para el procesamiento de 75 libras de achote (mg)**

Poder calorífico del gas propano = $19,886.26 \frac{\text{BTU}}{\text{lb}}$ (Van Wylen, 1992)

$$\text{mg} = \frac{Q_T}{\text{Poder calorífico del gas propano}}$$

$$\text{mg} = \frac{55,308.09 \text{ Btu}}{19,886.26 \frac{\text{Btu}}{\text{lb}}}$$

$$\text{mg} = 2.78 \text{ libras de gas}$$

- **Cálculo de la duración del gas propano**

$$\text{tiempo de duración del gas} = \frac{\text{capacidad del sistema de gas}}{\text{libras de gas necesarias por día}}$$

$$\text{tiempo de duración del gas} = \frac{100 \text{ libras de gas}}{2.78 \frac{\text{libras de gas}}{\text{día}}} = 36 \text{ días}$$

11.4 CALCULO DE LA CANTIDAD DE SEMILLAS QUE SE REQUERIRIAN ANUAL- MENTE PARA LA PRODUCCION DE LA SUSPENSION ACUOSA DE BIXINA

Se pretende que en la planta se laboren 5 días a la semana y 52 semanas al año; sobre esta base se hace el cálculo de la cantidad de achote que se requiere anualmente:

Diariamente se requieren 75 libras de achote, entonces anualmente se requieren:

$$\text{Achote requerido anualmente} = 75 \frac{\text{libras}}{\text{día}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}}$$

$$\text{Achote requerido anualmente} = 19,500 \frac{\text{libras}}{\text{año}}$$

En el Cuadro 11.2 se presentan la cantidad de achote requerida para la producción anual y la cantidad de achote disponible en la hacienda para una plantación de 5 manzanas ya establecida.

CUADRO 11.2 Achote disponible y achote requerido para la
producción anual

Cantidad requerida de achote	Cantidad disponible de achote
19,500 lb / año	20,000 lb / año

11.5 CANTIDADES DE COLORANTE A PRODUCIR DIARIA, MENSUAL Y ANUAL- MENTE

En el Cuadro 11.3 se presentan las cantidades de colorante que se producirían diaria, mensual y anualmente, esto sobre la base de los Balances de Materia y tomando en cuenta que la concentración de bixina en la suspensión acuosa es de 4.2 g /Litro.

**CUADRO 11.3 Cantidades de suspensión acuosa de Bixina y de Bixina a producir
diaria, mensual y anualmente**

Producción diaria	Producción mensual	Producción anual
23 galones de suspensión	460 galones de suspensión	5,980 galones de suspensión
366.11 g de Bixina	7,322.3 g de Bixina	95,189.6 g de Bixina

12.0 EL PRODUCTO EN EL MERCADO

El producto que se pretende comercializar es la suspensión acuosa de Bixina, la cual puede ser utilizada en la industria de alimentos, ya sea en la fabricación de quesos o en la panificación, también puede ser utilizada en la cocina doméstica.

De acuerdo a lo presentado en la clasificación de productos, en la parte del Aspecto Teórico de la Comercialización, el producto se clasifica como un producto industrial, no durable, tangible, ampliado, genérico y diferenciado. Dentro de los productos industriales, está catalogado como material de procesamiento.

12.1 CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO QUE SE SUGIERE COMERCIALIZAR

En el Cuadro 12.1 se resumen las Características Físicoquímicas del Producto Terminado que se sugiere comercializar, los análisis presentados fueron realizados en el Laboratorio de Control de Calidad de SUMMA INDUSTRIAL y en el Laboratorio Químico de ESPINSA:

CUADRO 12.1 Características Físicoquímicas del Producto Terminado

Propiedad	Unidades	Observaciones
pH	5.6	Realizado con Medidor de pH marca ORION
Color	175,000 unidades (como color verdadero)	Realizado con Fotómetro de Filtros marca ORBECO-HELLIGE
Color	4.24, 70, 9.9 (rojo, ama – rillo, azul respectiva-mente)	Realizado con Colorímetro marca Lovibond
Concentración de Bixina	4.20 g / L	Realizado por medio del Método Rápido para Análisis de Semilla de Achiote y Balances de Materia
Aditivos	1 g de Benzoato de Sodio por Kg de producto terminado	Codex Alimentarius(1989)

12.1.1 PRESENTACION DEL PRODUCTO

El producto se vendería en envases de 1 galón y con un precio de 75 colones, el cual es competitivo con los colorantes que se comercian actualmente en el país.

12.1.2 MODO DE EMPLEO

Sí es utilizado para la elaboración de queso, se recomienda utilizar 5 cc por cada 500 L de leche, esta dosis fue seleccionada tomando como base otro colorante que contiene cantidades similares de bixina y de colorantes totales, si el colorante va a ser utilizado en otra industria se recomienda agregar la cantidad de suspensión que brinde la tonalidad de color deseada. Para uso casero se recomienda agregar la cantidad que brinde la tonalidad deseada en el alimento.

12.2 CONTROL DE CALIDAD

12.2.1 PRESERVACION DEL PRODUCTO TERMINADO

Dadas las características del producto terminado, para evitar la proliferación de bacterias es que se le pretende agregar Benzoato de Sodio como preservante.

Aunque existen algunas especulaciones sobre la acción de algunos preservantes, en la mayoría de los casos es poco conocido el mecanismo por el cual las bacterias son inhibidas o destruidas por la acción de químicos (Heid, 1963).

Ha sido teorizado que los benzoatos y compuestos relacionados pueden destruir las membranas de las células e inhibir microorganismos, o competir con coenzimas necesarias para la acción enzimática de las células (Heid, 1963).

El ácido benzoico, benzoato de sodio, el ácido parahidroxibenzoico y compuestos relacionados como el ácido vanílico y el metil propil éster, son compuestos blancos cristalinos. Estos materiales pueden ser añadidos a los alimentos como un polvo mezclado íntimamente con el producto o puede ser disuelto en agua en la cual el alimento es sumergido para propósitos de aplicación (Heid, 1963).

Considerando que el ácido benzoico no es muy soluble en agua, las sales sódicas de este son más frecuentemente usadas.

El Benzoato de sodio es usado para extender la vida de almacenamiento. Ha sido demostrado que los benzoatos son más efectivos en alimentos ácidos (pH 4.0 ó menor). Por esta razón la mayoría de usos de estos materiales ha sido en jugos de frutas, concentrados de frutas, mermeladas, preservados, jarabes (syropes) y productos similares. Cuando es usado en productos como los anteriores, la sal se disuelve directamente sobre el producto (Heid, 1963).

Por todo lo anterior es que se decidió agregarle Benzoato de sodio como preservante al producto terminado en la dosis recomendada por el Codex Alimentarius de 1,000 mg por Kilogramo de producto terminado.

12.2.2 ANALISIS BACTERIOLOGICO

Al producto terminado se le realizaron dos análisis bacteriológicos en el Laboratorio de Especialidades Microbiológicas Industriales S. A. de C. V. (ESMI) (Ver Anexo E), uno a una muestra sin preservante y el otro a una muestra con benzoato de sodio como preservante, esto con el fin de comparar y a la vez de comprobar la acción del benzoato de sodio, Los resultados de ambos análisis se presentan a continuación en el Cuadro 12.2 :

CUADRO 12.2 Análisis Bacteriológico de Muestras de Producto Terminado con Preservante y Sin Preservante

Análisis	Resultados Muestra sin preservante	Resultados Muestra con preservante
Bacterias Coliformes Totales	Menos de 0.3 NMP/100mL	Menos de 0.3 NMP / mL
Recuento Total de Bacterias (ufc / mL)	460,000	Menos de 10

12.2.3 HIGIENE Y SEGURIDAD DE LA PLANTA DE EXTRACCION DE BIXINA

La Seguridad Industrial es una parte muy importante para el buen desarrollo de las actividades productivas de la empresa. Así también incide en forma representativa en lo económico, ya sea en los costos causados por daños personales como materiales.

Con respecto a la higiene y a la prevención de riesgos en el personal, esto juega un papel muy importante en la calidad del producto que se está produciendo, debido a que las personas manipulan directamente con sus manos la materia prima y el producto terminado (al momento de envasarlo), por lo tanto se hace necesario que la persona que se encuentre encargada de la planta realice inspecciones en la higiene del personal tomando como base el formato que aparece la Figura 12 del anexo F.

En cuanto a la seguridad industrial se recomienda tener una dotación de extintores para el área de producción y en cada una de las bodegas, por cualquier eventualidad, además de explicarle al personal la manera en que los extintores se utilizan.

12.3 CANALES DE DISTRIBUCION QUE SE SUGIERE UTILIZAR PARA LA COMERCIALIZACION DEL PRODUCTO

De acuerdo a los descrito en la parte del Aspecto Teórico de la Comercialización (Anexo A), los Canales de Distribución que recomiendan utilizar son el Directo de una etapa y de dos etapas, con el primero podría estarse abarcando el mercado de casero y con el segundo el mercado industrial porque se contaría con un intermediario que sería el encargado de distribuírse los

13.0 ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO PARA EL PROCESO PROPUESTO

En esta sección se incluyen las dimensiones, el material de construcción y otras características del equipo a utilizar en el proceso. En el Diagrama de flujo del proceso aparecen ubicados, aunque cierto equipo se utiliza en más de una operación, esto con el fin de minimizar los costos. En el Anexo F se muestran los Diagramas del Equipo.

El equipo que se pretende utilizar es:

- a) Balanza para pesar la Materia Prima (semillas de achiote en oro)
- b) Recipientes para Limpieza y Extracción
- c) Sistema de Calentamiento
- d) Sistema de Gas
- e) Sistema de Agitación
- f) Sistema de Colado
- g) Recipiente para semillas agotadas
- h) Sacos para almacenar el achiote
- i) Mueble para guardar cucharas, y otros
- j) Tarimas para almacenamiento del achiote
- k) Embudos para el envasado

a) Balanza: se utilizará para pesar la materia prima y el producto terminado. La balanza consiste en un indicador de peso y un recipiente para colocar la muestra previa a su limpieza. Se seleccionará una balanza de tipo pendular y con 50 libras de capacidad por su practicidad y costo. La precisión es de 4 onzas.

Costo: ₡ 399.50

b) Recipientes para Limpieza y Extracción: La cantidad de semilla a procesar es de 75 libras diarias dividida en tres lotes de 5 libras cada uno, por lo que para la selección del recipiente se tomó en cuenta el volumen ocupado por 10 libras de semilla el cual es de $12,556 \text{ cm}^3$, tomando en cuenta que las semillas crecen el doble de su volumen durante la cocción, por lo tanto se determinó que el volumen mínimo de los recipientes es de $25,112.32 \text{ cm}^3$. (Ver Figura 2 del Anexo F).

Por lo anterior se determinó usar un recipiente que se pueda adquirir fácilmente y el que se consideró que era el más adecuado tiene las siguientes características:

- Diámetro: 36.5 cm
- Altura: 29.0 cm
- Capacidad: $30,344.05 \text{ cm}^3$
- Material de construcción: lámina galvanizada
- Costo: ₡ 35.00

Las dimensiones del recipiente permiten tener un margen de seguridad del 17%.

c) Sistema de Calentamiento: Para seleccionar el sistema de calentamiento se tomaron en cuenta los siguientes aspectos: (Ver Figura 3 del Anexo F)

- Que funcionara con gas propano
- Que fuera práctico (poco mantenimiento)
- Fácil adquisición (Disponible en el mercado)
- Tamaño de los recipientes de extracción

Por lo que se determinó utilizar una cocina de tipo Industrial (Hot Plate) con cinco hornillas en serie, la cual se ajusta a las necesidades del proceso. Las características de la cocina son:

- Cinco quemadores de 4 pulgadas de diámetro
- Angulo de 1 pulgada
- Soportes de tubo industrial de 1 pulgada
- Válvula para el gas
- 1 regulador de gas
- Soportes para el recipiente de extracción de hierro de $\frac{1}{4}$ de pulgada
- Costo ₡ 3,000
- Dimensiones
- Largo: 3 metros
- Ancho: 0.75 metros
- Altura: 1.10 metro

d) Sistema de Gas: Consiste de un cilindro de gas con capacidad de 100 libras.

e) Sistema de Agitación: Para la agitación tanto en la cocción como en la concentración del colorante se empleará una cuchara metálica (petre). Esta puede ser adquirida en cualquier mercado a un costo de ₡ 10 (Ver Figura 2 del Anexo F).

f) Sistema de Colado: Con el fin de separar el extracto de las semillas agotadas es necesario colarlo, por lo que se pretende utilizar para este fin unos coladores plásticos con maneral, los cuales son de fácil manejo. (Ver Figura 4 del Anexo F)

Las características de los coladores son:

- Diámetro: 18 cm
- Altura: 9 cm
- Largo del maneral: 16 cm
- Material de construcción: Polietileno
- Abertura de malla: 1 mm
- Diámetro del hilo: 0.5 mm
- Costo: ₡ 6.35 c/u

g) Recipiente para semillas agotadas: Para recolectar las semillas agotadas se utilizarán recipientes de polietileno con las siguientes características:

- Capacidad: 20 galones
- De boca ancha
- Costo: ₡ 86.34 c/u

h) Recipientes para agregar el agua utilizada en las diversas operaciones: Se utilizarán recipientes graduados con capacidad de 5 litros, el material es de polietileno y su costo unitario es de ₡ 44.50.

i) Tanque de almacenamiento de agua: El volumen de agua a utilizar diariamente para procesar 75 libras de semilla de achiote en oro es de 135 litros = 35.62 galones. Por lo tanto se utilizarán tanques de almacenamiento de 20 galones, de polietileno.

j) Mueble para guardar cucharas y otros: Es de madera y sus dimensiones se presentan en la Figura 5 del anexo F. Tiene un costo aproximado de ₡ 300.

k) Estante para producto terminado: Es de madera y sus dimensiones son de 2 m de alto x 1.2 m de ancho x 3.40 m de largo, con cuatro niveles (Ver Figura 6 del Anexo F). Tienen un costo aproximado de ₡ 450.

La capacidad de envases por estante de acuerdo a las dimensiones establecidas y con un espacio de 2 cm entre envase y envase es:

$$\text{A lo ancho : } \frac{1.2 \text{ m}}{0.2 \frac{\text{m}}{\text{envase}}} = 6 \text{ envases}$$

$$\text{A lo largo: } \frac{3.4 \text{ m}}{0.2 \frac{\text{m}}{\text{envase}}} = 17 \text{ envases}$$

Capacidad Total por estante = 17 x 6 x 4 niveles

Capacidad Total por estante = 408 envases

Para la producción mensual la cantidad de estantes necesarios es :

$$\# \text{ de estantes} = \frac{1 \text{ estante}}{408 \text{ galones}} * 460 \text{ galones producidos}$$

$$\# \text{ de estantes} = 1.13$$

Entonces se pondrían 2 estantes, para prevenir la falta de espacio para el almacenamiento del producto terminado.

- I) Sacos para almacenamiento del Achiote:** Son de polipropileno con capacidad de 100 libras por saco y con las siguientes dimensiones: 85 cm x 55 cm. Tienen un costo de \$2.50 por saco (Nota: son de segunda mano).

Necesidad de sacos conteniendo la cantidad requerida de achiote:

$$\# \text{ de sacos necesarios} = \frac{19,500 \frac{\text{lb de achiote}}{\text{año}}}{100 \frac{\text{lb}}{\text{saco}}} = 195 \text{ sacos}$$

m) Tarimas para almacenamiento de producto terminado: Las tarimas son de reglas de madera de pino, las cuales constan de 19 reglas de 4 pulgadas con un espaciado de 1 pulgada entre regla y regla. Las dimensiones de las tarimas se presentan en la Figura 7 del Anexo F.

Se utilizarán 4 tarimas para colocar 48 sacos por tarima en estibas de 4 con 12 sacos por estiba.

Capacidad de sacos por tarima = 48 sacos / tarima

$$\text{Tarimas requeridas} = \frac{195 \text{ sacos}}{48 \frac{\text{sacos}}{\text{tarima}}}$$

$$\text{Tarimas requeridas} = 4 \text{ tarimas}$$

De acuerdo a la información dada por un Carpintero particular el costo de las reglas de madera de pino es de ₡ 4 / 33 p lg, entonces el costo por tarima es:

$$\text{Costo por tarima} = \frac{₡ 4.00}{33 \text{ p lg}} * 100 .5 \frac{\text{p lg}}{\text{regla}} * 24 \frac{\text{reglas}}{\text{tarima}}$$

$$\text{Costo por tarima} = ₡ 292 .36$$

Además la mano de obra más los clavos necesarios es de 50 colones por tarima, dando un costo aproximado de ₡350 cada una.

n) Embudos para el envasado del producto: Los embudos son de material plástico y tienen un costo de ¢ 3.50 cada uno. Las dimensiones se presentan en la Figura 8 del Anexo F.

En el Cuadro 12.1 se presentan los Costos del Material y Equipo no instalado al igual que las referencias de dichos costos

CUADRO 13.1 Costo no instalado del equipo de la Planta de Extracción de Bixina

Equipo	Cantidad	Costo Unitario (¢)	Costo Total (¢)	Lugar de cotización*
Balanza	1	399.50	399.50	Almacenes Freund
Recipientes de limpieza y Extracción	7	35.00	245.00	Supermercado Selectos
Sistema de calentamiento	1	3000.00	3000.00	Centro de Cocinas
Sistema de Agitación	5	10.00	50.00	Supermercado Selectos
Coladores	6	6.35	38.10	Supermercado Selectos
Recipientes para semillas agotadas	2	86.34	172.68	Salvaplastic
Recipientes para agregar agua durante el proceso	6	44.50	237.00	Supermercado Selectos
Tanque para almacenamiento de agua	4	86.34	345.36	Salvaplastic
Sistema de gas de 100 libras	1	763.1	763.1	Tropigas
Mueble para guardar los utensilios usados en el proceso	1	500	500	Carpintero particular
Tarimas	4	350	1,400	Carpintero particular
Estante para producto terminado	2	400	800	Carpintero particular
Sacos para almacenamiento del achiote	195	2.50	487.50	Sacos sintéticos de Centro América
Embudos	6	3.50	21.00	Supermercados Selectos
		TOTAL	¢8,459.24	

* Ver Otras Referencias página 122

14.0 DETERMINACION DE LOS COSTOS DE PRODUCCION POR DIA

- a) **Semillas de achote:** El costo de semillas que se presenta es el que se obtuvo de la corta y aporreda del achote en la hacienda. El costo es de ₡ 2.15 / libra

$$\text{Por día el costo de semillas} = \frac{₡ 2.15}{\text{libra}} * 75 \frac{\text{libras}}{\text{día}}$$

$$\text{Costo diario de semillas} = ₡ 161.25$$

- b) **Agua:** El agua utilizada diariamente para procesar 75 libras de achote es de 135 L. El agua es proveniente de la red de ANDA, la cual tiene un costo de ₡ 1.65 / m³.

$$\text{El costo diario de agua} = 135 \text{ L} * 1 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{L}} * \frac{₡ 1.65}{\text{m}^3}$$

$$\text{Costo diario de agua} = ₡ 0.25$$

- c) **Salarios:** Las personas que procesarán el achote serán 5, ganando ₡ 30/día (por ser esto lo que actualmente cobran los habitantes de las cercanías de la hacienda). También se contrataría a un vendedor que posea vehículo para que sea el encargado de vender el producto semanalmente (1 vez por semana), este vendedor ganaría un promedio de ₡100/día. Además se contaría con una persona encargada de la administración de la planta (facturación, despacho de pedidos y de supervisar la planta, esta persona tendría un salario de ₡ 100/día.

$$\text{Costo total diario por salarios} = ₡ 100 + ₡ 100 + 5 \text{ personas} * \frac{₡ 50}{\text{persona}}$$

$$\text{Costo diario por salarios} = ₡ 450$$

- d) **Envases:** Los cuales serán con capacidad de un galón y de material plástico (opaco), estos tienen un costo de ₡ 2 / envase

$$\text{Costo total diario por envases} = 90 \text{ L} * \frac{1 \text{ galón}}{3.79 \text{ L}} * \frac{₡ 2}{\text{galón}}$$

$$\text{Costo total diario por envases} = ₡ 46 \text{ (Referencia: SALVAPLASTIC)}$$

- e) **Viñetas o etiquetas:** Estas serán puestas en los envases de un galón y tienen las siguientes dimensiones: 11.5 cm de alto x 20 cm de largo. Tienen un costo de ¢60 el ciento, siendo el costo unitario de ¢ 0.60. Diariamente se estarían utilizando 23 viñetas, por lo que el costo diario por viñetas es:

$$\text{Costo diario por viñetas} = \frac{\text{¢ } 0.60}{\text{viñeta}} \cdot 23 \frac{\text{viñetas}}{\text{día}}$$

$$\text{Costo diario por viñetas} = \text{¢ } 13.80$$

Referencia: Tipografía Gutenberg. Sr. Juan José Navarrete

- f) **Costo diario por gas:** Sabiendo el gasto aproximado de gas utilizado diariamente:

$$\text{Costo diario de gas} = \frac{\text{¢ } 7.631}{\text{lb de gas}} \cdot 2.78 \frac{\text{lb de gas}}{\text{día}}$$

$$\text{Costo diario de gas} = \text{¢ } 21.21$$

- g) **Preservante:** El preservante que se utilizará es Benzoato de sodio el cual tiene un costo de ¢ 42.94 por Kilogramo.

$$\text{Costo diario de preservante} = \frac{\text{¢ } 42.94}{\text{Kg}} \cdot 0.09351 \text{ Kg}$$

$$\text{Costo diario de preservante} = \text{¢ } 4.015$$

Referencia FALMAR

En el CUADRO 14.1 se muestra el resumen de los costos de producción por día y el total.

CUADRO 14.1 Costos de producción diarios

Material	Costo (colones)
Semillas	161.25
Agua	0.25
Salarios	450
Envases	46
Vañetas	13.80
Gas	21.21
Benzoato de sodio	4.015
TOTAL	696.53

Costos Indirectos: Se ha estimado como costos indirectos los materiales utilizados para la limpieza, papelería, y otros imprevistos, y se asumen como el 10 % de los costos totales de producción por día, dando un total de 70 colones por día, por lo tanto el costo por galón de la suspensión acuosa es:

El costo por galón es:
$$\frac{\text{Costo total diario}}{\text{volumen total producido por día}}$$

$$\text{Costo por galón} = \frac{\text{¢ 766.53}}{23 \text{ galones}}$$

$$\text{Costo por galón} = \text{¢ 33.33}$$

15.0 DESCRIPCION Y COSTOS DE INSTALACIONES

Para las instalaciones de la planta se colocaría un techo tipo duralita, las paredes serían de ladrillo tipo calavera y el piso sería encementado, los materiales necesarios para la construcción de la planta y su costo se presentan en el Cuadro 15.1

La Distribución de la planta se presenta en la Figura 9 del anexo F y cada una de las partes de la planta se describen a continuación:

a) BODEGA PARA EL ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

En ésta área se almacenaría la semilla de achiote de la cosecha anual dentro de sacos sintéticos de polipropileno. Cabe mencionar que para mantener la calidad del achiote hay que tomar precauciones contra la humedad y la temperatura, es por estas razones que los sacos se estibarán en tarimas de madera con las dimensiones de 97 plg x 100.5 plg.(Figura 7 del Anexo F); se pondrían 12 sacos por nivel en 4 estibas, es decir 48 sacos por tarima. En lo referente a la humedad los sacos irían colocados encima de la tarima y no estarían en el piso, ni tampoco las tarimas junto a la pared.

La bodega de Materia Prima tiene las siguientes dimensiones 7.6 m x 9 m y su distribución se presenta en la Figura 10 del Anexo F.

b) BODEGA PARA ALMACENAMIENTO DE PRODUCTO TERMINADO

El área de almacenamiento de producto terminado depende de la cantidad de producción de colorante que se realice. Las dimensiones de la Bodega de producto terminado son 5.4 m x 5.4 m y la distribución se presenta en la Figura 11 del Anexo F.

c) BODEGA PARA ENVASES

En esta área se colocarán los envases los cuales son distribuidos en bolsas conteniendo 30 envases de 1 galón, para lo cual se ha calculado que se ocupará un espacio de 3 m x 3 m, para almacenar los envases que se ocuparán mensualmente.

d) PATIO DE SECADO

Es el lugar a donde se pondrán las semillas agotadas, las cuales después de un secado solar pueden ser utilizadas como combustible o como suplemento alimenticio para animales.

e) PLANTA DE PROCESAMIENTO

Es a donde se llevará a cabo la extracción del colorante y en ese espacio se colocarían la cocina, la balanza, la pila, el mueble para el almacenamiento de ollas, cucharas coladores . Las dimensiones son de 13 m x 13 m.

f) PILA PARA OPERACIONES DE LIMPIEZA

Esta consta de dos lavaderos y una pila al centro, la cual tiene las siguientes dimensiones 2.5 m de largo x 0.75 m de ancho x 0.9 m de alto y está construida de ladrillo y cemento.

Cuadro 15.1 Detalle del Costo de Contrucción e Instalaciones (Puestos En Planta)

Instalación	Material	Cantidad	Costo Unitario (₡)	Costo Total (₡)	Referencia (1998) ⁷
Techo	Lámina tipo duralita de 2.44 m x 0.98 m	46	120.85	5,559.10	AMANCO
	Lámina tipo duralita de 3.05 m x 0.98 m	23	151.05	3,474.15	
	Lámina tipo duralita de 3.66 m x 0.98 m	46	181.25	8,337.50	
	Estructura de hierro para el techo			15,600	DIDELCO
PAREDES	Alacranes de hierro (3.8 qq de varillas de ½ ")	23	203.4 por quintal de hierro *	772.92	Negocios Internacionales
	Columnas (8 qq, 64 varillas de hierro de ½ ")	24	203.4 por quintal de hierro *	1,627.2	Negocios Internacionales
	Ladrillos tipo calavera	9,971	1.13	11,267.23	Suministros Venezuela
	Arena	12 m ³	85	1,020	Suministros Venezuela
	Grava	6 m ³	200	1,200	Suministros Venezuela
	Cemento	146 bolsas	37.50	5,475	Suministros Venezuela
PUERTAS	Puerta de hierro de 1m de ancho x 2 m de largo	3	412.45	1,237.35	HECASA

Pasa...

... Continuación

Cuadro 15.1 Detalle del Costo de Construcción e Instalaciones (Puestos En Planta)

Instalación	Material	Cantidad	Costo Unitario (₡)	Costo Total (₡)	Referencia (1998)*
PUERTAS	Puerta de hierro de 1.5 de nacho x 2 m de alto	1	618.07	618.07	HECASA
	Puerta de hierro de 2 m de ancho x 2 m de alto	1	824.00	824.00	HECASA
PORTON	Portón de metálico de 3 m de ancho x 2.5 m de alto	1	4,187.78	4,187.78	INDUMETASI
VENTANAL	Ventanas tipo Solaire 1 m de alto x 3 de ancho	2	550.00	1,110.00	MARIO'S
	Ventanas tipo Solaire de 1 m de alto x 2 m de ancho	2	360.00	720.00	MARIO'S
			TOTAL	₡63,030.3	

* Ver Otras Referencias página 122

1 quintal de hierro = 8 varillas de ½ " de 6 m de largo

Nota: Todos los costos ya incluyen IVA

Costos por mano de obra de la construcción, instalación eléctrica y tuberías de agua :75,000 (Ref. Constructor particular).

COSTO TOTAL POR INSTALACIONES: ₡ 138,030.30

16.0 CALCULO DEL CONSUMO APARENTE (CA)

CA = Producción anual + Importaciones - Exportaciones

Tomando un promedio de Importaciones y exportaciones de achiote de los años de 1990 a 1996 presentados en el Cuadro 4.1 se tiene:

Importaciones : 2,210.86 Kg

Exportaciones : 1,771.1 Kg

Producción anual en la Hacienda : 19,500 lb = 8,843.54 Kg

Sustituyendo estos datos:

CA = 8,843.54 Kg + 2,210.86 Kg - 1,771.1 Kg

CA = 9,282.69 Kg

17.0 ANALISIS FINANCIERO

El análisis financiero tiene como objetivo establecer la relación entre ingresos y gastos y la situación económica de una empresa.

17.1 ESTADO FINANCIERO DE FLUJO DE FONDOS (Vilbrandt, 1949)

Para analizar el estado financiero de flujo de fondos se requiere calcular el Valor Actual Neto (VAN), El factor de Actualización y la Tasa Interna de Retorno. Tomando como $i = 16\%$ (porcentaje de interés de los préstamos bancarios)

Las ecuaciones a utilizar son las siguientes:

Despejando "i" de la Ecuación de la TIR

$$\text{Tasa Interna de Retorno: } \sum_{T=0}^{T=N} (I_t - E_t) \frac{1}{(1+i)^T} = 0$$

$$\text{Valor Actual Neto: } \sum_{T=0}^{T=N} (I_t - E_t) \frac{1}{(1+i)^T}$$

$$\text{Factor de Actualización: } \frac{1}{(1+i)^T}$$

- **Análisis de Flujo de Fondos para 5 años de producción**

Para el análisis se toma la siguiente base:

Los egresos Totales para el año 0 están constituidos por los Costos por Instalaciones + Los costos de producción anual + Costos por equipo, y a partir del año 1 los egresos sólo estarán comprendidos por los costos de producción anual. Los ingresos estarían comprendidos por el total de la venta anual de la suspensión acuosa.

$$\text{Ingresos anuales} = 75 \frac{\text{colones}}{\text{galón}} * 5,980 \frac{\text{galones}}{\text{año}}$$

$$\text{Ingresos anuales} = 448,500 \text{ colones}$$

- **Cálculo de los costos de producción anual**

En la planta se pretende que se trabajen 5 días a la semana y 52 semanas al año, es sobre esta base que se hace el análisis financiero. Los gastos de producción anual son:

$$\text{gastos de producción anual} = \text{gastos de producción diarios} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}}$$

$$\text{gastos de producción anual} = 766.53 \frac{\text{colones}}{\text{día}} * 5 \frac{\text{días}}{\text{semana}} * 52 \frac{\text{semanas}}{\text{año}}$$

$$\text{gastos de producción anual} = \text{C} 199,297.80$$

En el Cuadro 17.1 se presenta el Cálculo del Valor Actual Neto y de la Tasa Interna de Retorno

CUADRO 17.1 Análisis de Flujo de Fondos

Año	Ingresos	Egresos	Flujo Neto	Factor de actualización	VA
0	0	345787.3	-345787.0	1.0000	-345787.34
1	448500	199297.8	249202.2	0.8621	214837.21
2	448500	199297.8	249202.2	0.7431	185182.15
3	448500	199297.8	249202.2	0.6406	159638.92
4	448500	199297.8	249202.2	0.5523	137634.37
5	448500	199297.8	249202.2	0.4761	118645.16
VAN =					470150.50

TIR = 66%

Van > 0 y TIR > 16%, por lo tanto el proyecto resulta rentable

OBSERVACIONES

- 1. Al elegir el Achiote como materia prima para la extracción del colorante natural, se pretende crear una alternativa de reactivación de éste tipo de cultivos en el país.**
- 2. El procedimiento seleccionado para la extracción de bixina con agua se prefirió sobre otros métodos existentes para dicho objetivo (como extracción con álcali o con cloroformo), tomando en cuenta principalmente parámetros como el daño a la salud y al medio ambiente que provocan algunos solventes utilizados para la extracción (por la presencia de trazas en el producto final) además de emanaciones de residuos como desechos.**
- 3. El proceso de extracción fue modificado ya que al principio se dejó una pasta de colorante con un 31% de humedad y posteriormente se optó por dejar una suspensión acuosa, lo anterior se debió a factores tales como el elevado consumo de gas y de tiempo durante la evaporación del agua, además que la solución acuosa es más fácil de utilizar, ya que no será necesario disolverlo para que pueda ser utilizada.**
- 4. La elección del procesamiento para una planta extractora de pigmento natural fue basada en la tendencia a nivel mundial de sustituir los pigmentos sintéticos por pigmentos naturales, debido a los problemas a la salud que los primeros pueden causar.**
- 5. Para garantizar el tiempo de vida útil del colorante, se decidió agregarle Benzoato de sodio en la cantidad recomendada por el Codex alimentarius que es de 1 g de Benzoato por Kilogramo de producto terminado, dicho preservante además es de fácil adquisición, bastante soluble en agua y aceptable para el consumo humano.**

CONCLUSIONES

- 1. Con el análisis estadístico se comprueba las variedades denominadas como C y D son las que contienen mayor contenido de bixina entre 14.93% y 15.05% y de colorantes totales del 20% al realizar pruebas utilizando el Método Rápido para Análisis de semilla de Achiote, es decir que estas variedades son las que dan un mayor aporte de colorantes y bixina en el producto final obtenido.**
- 2. Para el planteamiento del proceso que se propone utilizar en la planta se eligieron los resultados obtenidos en la prueba de escalamiento con 5 libras de achiote en la cual se obtuvo el mayor rendimiento de Extracción del 10.46%, lo cual puede ser debido a la facilidad del manejo manual de dicha cantidad de achiote.**
- 3. El colorante obtenido fue comparado con colorantes que actualmente se encuentran en el mercado salvadoreño, y presenta un 10.62 % de bixina y un 13.03% de colorantes totales, los cuales son cantidades mayores entre 3% y 41% de bixina y entre 11% y 40% de Colorantes Totales que las que poseen las muestras comerciales, esto hace que el producto obtenido sea de buena calidad y competitivo, ya que además se ha propuesto un precio de venta menor al de los que se comercializan en el país.**
- 4. Con el precio de 75 colones por galón que es el sugerido para la venta, se demuestra con el análisis financiero que el proyecto es rentable, por presentar un Valor Actual Neto de 547,880.943 colones y una Tasa Interna de retorno de 77% la cual es mayor que la tasa de interés del 16% que es la tasa de interés asumida para los préstamos bancarios.**

RECOMENDACIONES

1. El mercado hacia el cual va a ser dirigido el colorante extraído será para el intermedio, el cual comprende en su mayoría a los productores de quesos quienes en el país son los que más utilizan éste tipo de colorantes provenientes del achiote.
2. El colorante obtenido no sólo puede ser utilizado en alimentos; se recomienda además para otras industrias como en la fabricación de cosméticos.
3. Durante el procesamiento del achiote se recomienda que después de los cinco minutos de ebullición y de haberle agregado el preservante, el colorante debe de ser envasado inmediatamente, para evitar la contaminación del producto con bacterias u hongos. Además puede envasarse al vacío de forma casera para evitar la presencia de oxígeno en el producto y por consiguiente el crecimiento microbiano.
4. Se recomienda que se realice un análisis bacteriológico (bacterias coliformes totales, recuento total de bacterias) de cada lote (por ejemplo lo obtenido en una semana), para llevar un buen control de calidad, además de llevar a cabo la determinación de la vida de anaquel tomando varias muestras de un mismo lote y haciéndoles a cada una de ellas por separado y en diferentes tiempos el mismo análisis bacteriológico.
5. Debido a que el producto puede ser utilizado en la industria láctea o en la panificación, se recomienda de que sea agregado antes del calentamiento (por ejemplo antes de la pasteurización), para asegurar que el producto final obtenido no estará contaminado.

6. Se recomienda que los utensilios que van a ser utilizados en el proceso de extracción del colorante sean lavados antes y después de utilizarlos y que sean guardados en los lugares correspondientes, además las personas que realicen la extracción deberán de lavarse las manos antes de manipular el achiote y utilizar redes en el cabello para evitar todo tipo de contaminación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Alvarenga Alvarenga, M. L. et al. (1984). **“Comercialización de un Colorante Obtenido del Achote, en la Industria Panificadora Localizada en el Distrito de San Salvador”**. Trabajo de Graduación para optar al Grado de Licenciatura en Administración de Empresas. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Económicas. Escuela Administración de Empresas.
2. Arce, J. P. (1987). **“Aspectos sobre el Achote y Perspectivas para Costa Rica”**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Costa Rica.
3. Berganza Pimentel, J. L. (1985). **“Diseño Preliminar de una Planta de Obtención de Bixina a Partir del Achote Utilizando el Método de Extracción con Alcall”**. Tesis para optar al Grado de Ingeniero Químico. Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”. Facultad de Ingeniería. El Salvador.
4. Berrios, G. G. (1997) y Castro M.R. **“Evaluación del Potencial Energético de los Residuos Agrícolas Vegetales en El Salvador. Maíz y Caña de Azúcar”**. Trabajo de Graduación previo al título de Ingeniero Químico. Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
5. **CODEX ALIMENTARIUS**. (1989). Texto Abreviado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Organización Mundial de la Salud. UNESCO-OMS.
6. Coto Amaya, O. M. (1988). **“Aspectos Básicos sobre los Colorantes Naturales”**. División de Investigación Agrícola. Departamento de Fitotecnia. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. CENTA – MAG. El Salvador .

7. Coto Amaya, O. M.(1988). **“Métodos de Procesamiento y Usos del Colorante Natural del Achlote”**. División de Investigación Agrícola. Departamento de Fitotecnia. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. CENTA - MAG El Salvador .
8. Cram, D. J. y G. S. Hammond. (1963). **“Química Orgánica”**. Mc Graw Hill Book Company Inc. USA
9. Cross, J. S. et al. (1980). **“Mercadotecnia Industrial”**. Editorial Diana, 1º Edición. México.
10. Dendy, D .A. V. (1966). **“Annatto the Pigment of Bixa orellana ”**, East African Agricultural and Forestry Journal, Kenya.
11. Earle, R. L . (1968) . **“Ingeniería de Alimentos”**. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
12. Ganong, W. F. (1980). **“ Manual de Fisiología Médica ”** , 7º Edición, Editorial El Manual Moderno. México.
13. García Villatoro, M. A. et al. (1993). **“Estabilización del Colorante del Achlote (Bixina) en Formas Cosméticas”**. Trabajo de Graduación Previo a la opción del Grado de Licenciado en Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia.
14. Heid, J. L. et al. (1963). **“Food Processing Propertles”**. Westport Connecticut. The Avi Publishing Co. Inc. USA.

15. Herrera, A. V. (1971). **"Técnicas de Separación de la Bixina en el Achote y Comparación de las Propiedades de Costo, Fuerza de Coloración, Solubilidad y Estabilidad de este Colorante con los Colorantes Sintéticos Usados en el País y que Sustituyen a la Bixina"** Trabajo de Graduación para optar al Título de Ingeniero Químico. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
16. Himmelblau, D. M. (1982). **"Balances de Materia y Energía"**. Cuarta Edición. Prentice Hall, México.
17. Johnston, D. T. (1987). **"Achote una Alternativa Promisoria para Incluir en Sistemas del Pequeño Agricultor"**. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE, Costa Rica.
18. Kotler, P. (1970). **"Dirección de Mercadotecnia, Análisis, Planeación y Control"** Editorial Diana, 2º y 3º Edición, México.
19. McCabe W. L. et al. (1985). **"Operaciones Básicas de Ingeniería Química"** Cuarta Edición. McGraw Hill, México.
20. Marmion, D. M. (1979). **"Handbook of U. S. Colorants for Food, Drugs and Cosmetics"**, First Edition, Editorial John Wiley. USA.
21. Martínez, M. (1989). **"Resultados Preliminares en la Investigación de Colorantes Naturales"**. Técnico Laboratorio de Química Agrícola". Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. CENTA – MAG. El Salvador.
22. Montgomery, D. C. (1991). **"Diseño y Análisis de Experimentos"**. Editorial Iberoamericana. Primera Edición. México.

23. National Academy of Sciences. (1971). **"Food Colors"**. Washington, D. C.
24. Organización Panamericana de la Salud. Organización Mundial de la Salud. (1985). **"Guías para la Calidad del Agua Potable"**. Volumen I. Publicación Científica #481. Washington. USA
25. Red Nacional de Infraestructura para la Regulación y Procesamiento de la Producción Ganadera (1996). Fondo Salvadoreño para Estudios de Preinversión, El Salvador.
26. Rivera Erazo, C. I. (1988). **"Producción e Industrialización del Achote"** Trabajo de Graduación Previa Opción al Título de Ingeniero Industrial. Universidad Politécnica de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Departamento de Ingeniería Industrial.
27. Rivera S.(1980). **"El Cultivo del Achote"**, Ministerio de Agricultura, Guatemala.
28. Stanton, W. J. (1970). **"Fundamentos de Marketing"**, Ediciones del Castillo S. A., Madrid, España.
29. **Tablas de Vapor.** (1988). Ediciones Alfaomega. México.
30. Van Wylen, G. J. et al. (1992). **"Fundamentos de Termodinámica"**. Editorial Limusa. Noriega Editores. USA.
31. Webster, F. E. (1980). **"Curso de Mercadotecnia"**. Traducción. Dr. Rafael Ortíz, Universidad de Santander Bucaramanga, Colombia.

OTRAS REFERENCIAS

1. **Almacenes Freund. Metrocentro Norte Local 20, San Salvador.
Teléfono: 260-3189.**
2. **Supermercado Selectos. Blvd San Antonio Abad. Condominio Balam Acab, San Salvador.
Teléfono: 274-5005.**
3. **Centro de Cocinas. Consulta Telefónica. Col. San Mauricio, calle Principal Luna # 4, Montebello.
Teléfono: 274-0920.**
4. **Tropigas. Consulta Telefónica. Teléfono: 276-8576.**
5. **Sacos Sintéticos de Centroamerica. Consulta Telefónica. Km 10½ Carretera al Puerto de La Libertad, Nueva San Salvador.
Teléfono: 228-0143.**
6. **Tipografía Gutenberg. Consulta Telefónica. 6° calle Ote. # 925.
Teléfono: 222-4715.**
7. **Falmar S. A. de C. V. Consulta Telefónica. Col. Costa Rica, ave. Irazú # 166.
Teléfono: 270-0222.**
8. **Nosiglia, J.C. (1998) Consulta Telefónica. New Zealand Milk Products (El Salvador) S. A. de C. V. Carretera a Santa Tecla, Km 10, Residencial El Carmen # 5-6.
Teléfono: 278-6054**

9. **AMANCO (1998). Consulta Telefónica. Blvd. Del Ejército Nacional Km 3.
Teléfono: 293-1700**

10. **DIDELCO (1998). Consulta Telefónica. Antigua calle Ferrocarril # 1305.
Teléfono: 222-4190**

11. **Negocios Internacionales. Consulta Telefónica. 27 ave. sur # 756.
Teléfono: 222-6299**

12. **Suministros Venezuela. Consulta Telefónica. Blvd. Venezuela # 412.
Teléfono: 271-1332**

13. **HECASA. Consulta Telefónica. Blvd Del Ejército Nacional Km 5½, calle Claper.
Teléfono: 277-7299**

14. **MARIO'S. Consulta Telefónica. 10° calle pte. # 321. Teléfono: 222-1589**

15. **INDUMETASI. Consulta Telefónica. Final 1° ave. norte #1813. Teléfono: 226-0257**

ANEXOS

ANEXO A

COMERCIALIZACION DEL ACHIOTE Y DERIVADOS. ASPECTOS TEORICOS

CONSIDERACIONES GENERALES DEL MERCADO INDUSTRIAL

(Alvarenga, 1984).

El mercado industrial está integrado por individuos y organizaciones que adquieren bienes y servicios destinados a la producción de otros productos o servicios que van a vender o a alquilar.

Con frecuencia, los fabricantes de productos industriales son, a la vez, vendedores y compradores, en esta forma, tienen la oportunidad de utilizar sus compras para generar ventas, mediante la amenaza de retirar sus compras a menos que reciba pedidos de reciprocidad. Mientras en los mercados industriales se compran bienes y servicios con el fin principal de obtener beneficios, el mercado de consumo los compra para satisfacer un sin número de deseos y necesidades.

En consecuencia, las consideraciones que influyen en la decisión de compra de los clientes industriales, son principalmente : la calidad, los servicios y los precios.

Algunas características importantes que se deben tomar en cuenta al analizar el mercado industrial son las siguientes :

La demanda de bienes industriales es derivada, debido a que depende de la demanda de productos de consumo del cual forman parte los artículos industriales. Esto se traduce en el hecho de que el productor de bienes industriales puede dirigir una parte considerable de su programa promocional al último consumidor.

Un análisis del mercado industrial muestra que contiene relativamente pocas unidades de compra cuando se le compara con el mercado de consumo. En consecuencia, se debe tratar de definir con cuidado su mercado, según el tipo de industria y la localización geográfica.

Aún cuando el mercado industrial puede ser limitado en cuanto a número total de compradores, es grande en cuanto a su poder de compra, es decir que el poder de compra en el mercado industrial está concentrado en pocas empresas, lo que tiene considerable influencia sobre las políticas del vendedor en cuanto a sus canales de distribución.

Tienen mayor oportunidad de tratar en forma directa con los usuarios industriales. Los intermediarios no son tan esenciales como en el mercado de consumo. El comportamiento de compra industrial, al igual que el comportamiento de compra del consumidor, se inicia cuando se reconoce una necesidad.

Los compradores industriales tienen como necesidad primaria, la maximización de las utilidades de la empresa, por lo que sus metas de compra son las de obtener la combinación óptima de precio, calidad y servicio en los productos que compran.

En el mercado industrial, las empresas compran los productos con poca frecuencia, debido a ello es que se hace hincapié en los programas de publicidad y de ventas personales de los vendedores industriales.

Su publicidad debe mantener constantemente el nombre de la empresa ante el mercado y la fuerza de ventas debe visitar a los clientes potenciales con suficiente frecuencia para saber el momento en que están considerando hacer una compra.

El pedido industrial promedio es bastante más grande que en el mercado de consumo. Este hecho unido a la poca frecuencia de la compra significa que el vendedor industrial no puede permitirse perder ventas debido a ciertas causas como podrían ser : malos vendedores, precios fuera de competencia, entregas inciertas o malos productos.

Mediante un análisis cuidadoso del mercado, un fabricante o intermediario de bienes industriales puede desarrollar estrategias en cuanto a varias partes de la mezcla de la mercadotecnia.

VARIABLES CONTROLABLES DE LA MERCADOTECNIA.

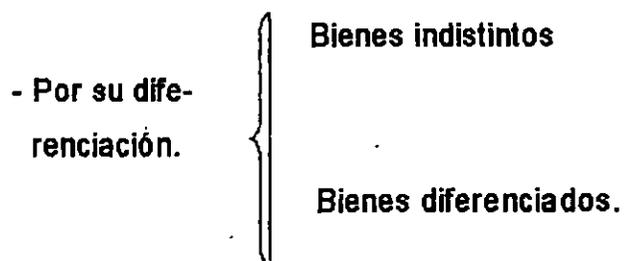
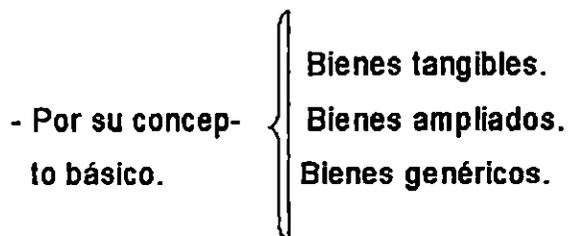
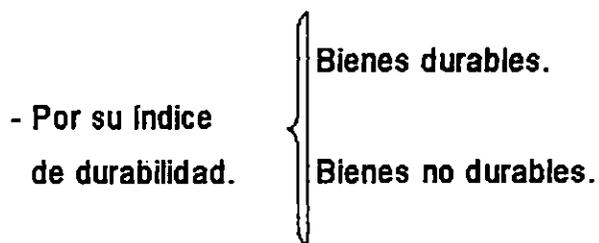
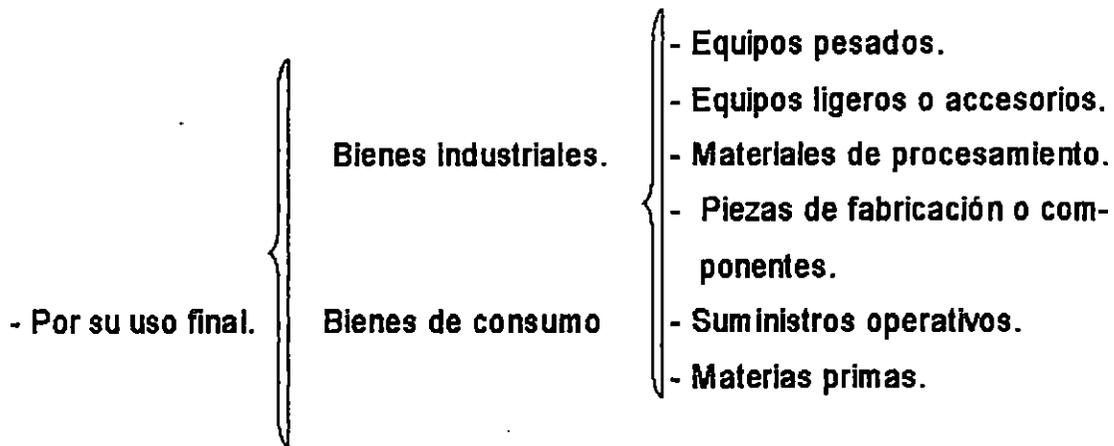
La clave del éxito de cualquier negocio estriba en la seguridad de que sus productos o servicios satisfagan las necesidades, preferencias y deseos de los consumidores.

Para ello, es necesario efectuar o dirigir diversas actividades comerciales, así por ejemplo, debe fabricarse el producto adecuado en el lugar correcto, a un precio justo y con la adecuada promoción, es decir, que se deben tomar una serie de decisiones, las cuales desempeñan un papel fundamental en la programación de la Mercadotecnia.

Dentro de esta programación se encuentran las variables controlables de Mercadotecnia, las cuales se agrupan en cuatro factores llamados "Cuatro P" y son : producto, precio, plaza (canales de distribución) y promoción.

PRODUCTO.

" Es un complejo de atributos, tangibles e intangibles incluyendo embalaje, color, precio, prestigio del fabricante y del vendedor y servicio del fabricante y del vendedor, que el comprador puede aceptar como algo que ofrece satisfacción a sus deseos o necesidades" (Stanton , 1970).

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS.

CANALES DE DISTRIBUCION.

Se definen los canales de distribución como un conjunto de ordenamientos contractuales que vincula a los fabricantes y a varias clases de intermediarios con los mercados de consumo.

En este trabajo se definirá , la ruta a través de la cual es transferido el producto desde el fabricante hasta el usuario industrial.

Su función primordial es desplazar las mercaderías hasta el comprador, proporcionándole servicios adecuados para satisfacer sus preferencias.

Dependiendo de la selección del canal que el fabricante haga para la distribución de sus productos, estos pueden ser directos e indirectos. Es directo si la comercialización se realiza sin intermediarios, o sea que se hace de fabricante a cliente, incluyéndose en este, decisiones de ventas tales como: visitas a domicilio a través de su propia fuerza de ventas, entrega de pedidos en la fábrica o por correo. Si el producto es distribuido a través de intermediarios, se está ante un canal indirecto.

ETAPAS DE LOS CANALES DE DISTRIBUCION.

En el proceso de distribución se identifican un determinado número de etapas originadas en el fabricante, para finalizar en el cliente, consumidor o usuario industrial. A continuación se detallan las etapas de los canales de distribución que se proponen para el producto en estudio:

Un canal directo para un mercado intermedio que se encuentra constituido por la industria láctea, especialmente en la elaboración de quesos y un canal indirecto para un mercado de consumo (para uso casero).

Canal Directo.

Fabricante —————> Usuario Industrial.

Canal Indirecto.

Fabricante. —————> Distribuidor —————> Consumidor.
Minorista
Mayorista.

ANEXO B

NORMAS GENERALES DEL CODEX ALIMENTARIUS PARA EL ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS PREENVASADOS

NORMAS GENERALES DEL CODEX ALIMENTARIUS PARA EL ETIQUETADO DE LOS ALIMENTOS PREENVASADOS (Codex Alimentarius, 1989)

La presente norma se aplica al etiquetado de productos preenvasados que se ofrecen como tales al consumidor para fines de hostelería. Sirve como base y referencia para la sección de etiquetado que figura en todas las normas del Codex para productos.

Esta norma se basa en el principio general de que los alimentos preenvasados no deberán describirse ni presentarse con una etiqueta o etiquetado en una forma que sea falsa, equívoca o engañosa, susceptible de crear en modo alguno una impresión errónea sobre su naturaleza bajo ningún aspecto.

En la etiqueta de los alimentos preenvasados deberá aparecer la siguiente información según sea aplicable al alimento que ha de ser etiquetado, excepto cuando expresamente se indique otra cosa en una norma individual del Codex (en algunas de ellas se hacen excepciones a la aparición de la información obligatoria):

- a) Nombre del alimento
- b) Lista de ingredientes
- c) Contenido Neto y peso escurrido
- d) Nombre y dirección
- e) País de origen
- f) Identificación del lote
- g) Marcado de la fecha e instrucciones para la conservación
- h) Instrucciones para el uso

En el caso de que el alimento tenga una norma Codex ya establecida, deberá utilizarse el nombre que figure en la norma. En los demás casos habrá de utilizarse el nombre establecido por las leyes o reglamentaciones nacionales.

También se puede emplear el nombre "acuñado" o de fantasía para un producto siempre que vaya acompañado por el nombre común reconocido del Codex o por el nombre prescrito por las reglamentaciones nacionales.

Cuando el alimento haya sido objeto de elaboración y la omisión de la información sobre la misma pudiera llamar a engaño al consumidor, entonces muy cerca del nombre común del alimento deberá aparecer el nombre de medios de cobertura, formas de presentación y tipo de tratamiento empleado en su elaboración (por ejemplo, deshidratado, concentrado, reconstituido, ahumado).

Deberán de declararse todos los ingredientes por orden decreciente de peso inicial en el momento de la fabricación del alimento. También es necesario declarar en la lista de ingredientes el agua añadida excepto cuando el agua forme parte de ingredientes como la salmuera, el jarabe o el caldo. No será necesario declarar el agua u otros ingredientes volátiles que se evaporen durante la fabricación.

En la Norma General sobre Etiquetado también se prevé el empleo del nombre generico: Especies o mezclas de especias, según sea el caso, cuando las especias y los extractos de especias no excedan el 2% en peso, solas o mezcladas en el alimento.

Además del empleo de nombres genéricos para algunos ingredientes, junto con el nombre específico o el número de identificación aceptado según lo exija la legislación nacional deberán emplearse los siguientes nombres genéricos para los aditivos alimentarios:

Antigulante(s), Antioxidante(s), Color(es), Emulsionante(s), Acentuador(es) del sabor, Agente(s) del glaseado, Conservante(s).

Contenido Neto y peso escurrido

La norma sobre etiquetado general exige la declaración del contenido neto en el Sistema Métrico empleado en unidades del "Système International". Cuando el alimento esté en forma líquida la declaración se hará por volumen, cuando esté en forma sólida se hará por peso, y cuando sean alimentos semisólidos o viscosos, la declaración se hará por peso volumen.

Nombre y Dirección

La norma exige que se indiquen el nombre y la dirección del fabricante, envasador, distribuidor, importador, exportador o vendedor del producto.

País de origen

La norma exige que se declare el país de origen cuando su omisión pueda resultar engañosa o equívoca para el consumidor. Además cuando un alimento se someta en un segundo país a una elaboración que cambie su naturaleza, el país en el que se efectúe ésta deberá considerarse como país de origen para fines del etiquetado.

Identificación del lote

La norma exige que cada envase lleve marcada de forma indeleble una identificación en clave o en lenguaje claro que permita identificar la fábrica productora y el lote.

Marcado de la fecha e instrucciones para la conservación

La norma especifica que se declare la fecha de duración mínima (consumir antes del...). Además, deberá declararse en la etiqueta cualquier condición especial para el almacenamiento del alimento si la validez de la fecha depende del mismo.

Instrucciones para el uso

En la etiqueta deberán figurar las instrucciones para el modo de empleo, en su caso, para asegurar una correcta utilización del alimento.

Requisitos obligatorios adicionales

Además de los requisitos obligatorios arriba indicados, cuando en el etiquetado de un alimento destaque la presencia de uno o más ingredientes que se consideran valiosos o costosos y que suelen caracterizar al producto, se deberá declarar el porcentaje inicial del producto (m/m) en el momento de la fabricación. Lo propio también vale para el etiquetado de un alimento cuando se destaque el contenido bajo o reducido de uno o más ingredientes.

Razones para preferir la fecha "Consumir preferentemente antes de"

La fecha de duración mínima o el "consumir preferentemente antes de" indica simplemente la estimación del fabricante sobre la duración de tiempo durante la cual el producto mantendrá determinadas características previstas relativas a la calidad. Al terminar el período de "consumir antes de..." el producto podrá seguir vendiéndose aunque pudiera muy bien darse algún deterioro en su calidad. Debe de quedar entendido que la venta de un alimento transcurrida la fecha de duración mínima no viola la legislación aplicada en la mayoría de países. En cambio, la venta de un alimento después de la fecha de expiración estipulada daría lugar a la violación de las leyes alimentarias en la mayoría de los países.

Por este motivo, debe emplearse con prudencia la fecha de expiración en circunstancias normales, que deberá quedar limitada a productos de importancia crítica como alimentos para niños de pecho.

El marcado de una fecha y en un código para la identificación del lote o cualquier otro control de calidad o para fines de seguridad de la calidad, no constituye marcado de la fecha a los efectos de las directrices del Codex. Sin embargo, no se excluirá el efecto de una fecha abierta para fines de control.

Presentación de la fecha de duración mínima en la etiqueta

La "fecha de duración mínima" (precedida por las palabras "consumir preferentemente antes del..."), deberá declararse indicando el día, mes y año en orden numérico no codificado con la salvedad de que para los productos con una duración superior a tres meses bastará con el año y el mes. El mes podrá indicarse con letras en los países donde éste uso no induzca a error al consumidor. En el caso de productos que exijan la declaración solamente del mes y año, y la duración del mismo sea válida hasta el final de un determinado año, podrá utilizarse como alternativa la expresión "final (del año indicado)".

La presentación de otras formas de marcado de la fecha en la etiqueta deberá aparecer en una forma análoga a la indicada más arriba para la fecha de duración mínima. Es decir, la declaración se hará en orden numérico no codificado.

ANEXO C

ANALISIS ESTADISTICO REALIZADO

C.I ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE BIXINA EN LAS VARIEDADES DE ACHIOTE.

El análisis consiste en plantear una hipótesis sobre las medias de los tratamientos (medias de los contenidos de Bixina en las variedades de achioté) y las conclusiones se aplican solo a los niveles del factor considerado en el análisis (contenido de Bixina en las variedades de Achioté).

El arreglo de los resultados de las pruebas de extracción de Bixina se hizo de la siguiente manera:

Cuadro C-1 Arreglo de resultados de pruebas

Variedad de Achioté	Repeticiones		
	1	2	3
A	11.15	11.33	11.33
B	12.92	12.74	12.92
C	15.05	15.05	15.05
D	14.69	15.05	15.05
E	13.28	13.63	13.28

El diseño estadístico es unifactorial porque sólo se evalúa el contenido de Bixina en las variedades de Achioté.

La hipótesis planteada para el análisis de varianza es: Entre las variedades de Achioté no existe diferencia estadística (esto quiere decir que las medias entre las variedades de Achioté son iguales).

El procedimiento a seguir para la comprobación de esta hipótesis se plantea en el Cuadro C-2

CUADRO C-2 Análisis de Varianza

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de Libertad	Media de Cuadrados	F ₀
Entre variedades	SS _{Variedades}	a-1	MS _{Variedades}	F ₀ = $\frac{MS_{\text{variedades}}}{MS_E}$
Error (dentro de variedades)	SS _E	N-a	MS _E	
Total	SS _T	N-1		

FUENTE: Montgomery, 1991

a= 5 (número de variedades de Achioté)

n= 3 (número de repeticiones realizadas a cada variedad de Achioté)

N= 15 (número total de pruebas realizadas)

SS_T = Suma total de cuadrados corregida

$$SS_T = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{y^2}{N} \quad \text{ecuación (1)}$$

SS_{Variedades} = Suma de cuadrados debida a las variedades de Achioté

$$SS_{\text{Variedades}} = \sum_{i=1}^a \frac{y_i^2}{n} - \frac{y^2}{N} \quad \text{ecuación (2)}$$

SS_E = Suma de cuadrados debida al error entre las variedades de Achioté

$$SS_E = SS_T - SS_{\text{Variedades}} \quad \text{ecuación (3)}$$

MS = Media de cuadrados

$$MS_{\text{Variedades}} = \frac{SS_{\text{Variedades}}}{a-1} \quad \text{ecuación (4)}$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{N - a} \quad \text{ecuación (5)}$$

F_0 = es la estadística para probar la hipótesis de igualdad de medias entre las variedades (este valor es comparado con un $F_{\alpha, a-1, N-a}$ de Tablas, si el $F_0 > F_{\alpha, a-1, N-a}$ la hipótesis se rechaza)

$$F_0 = \frac{MS_{\text{Variedades}}}{MS_E} \quad \text{ecuación (6)}$$

Cuadro C-3. Totales y promedios del arreglo planteado en el Cuadro C-1

Variedades	Totales (y_i)	Promedios (y_j)
A	33.81	11.27
B	38.58	12.86
C	45.15	15.05
D	44.79	14.93
E	40.19	13.39
	$Y_{..} = 202.52$	

De la ecuación (1) se tiene:

$$SS_T = (11.15)^2 + (11.33)^2 + (11.33)^2 + (12.92)^2 + (12.74)^2 + (12.92)^2 + (15.05)^2 + (15.05)^2 + (15.05)^2 + (14.69)^2 + (15.05)^2 + (15.05)^2 + (13.28)^2 + (13.63)^2 + (13.28)^2 - \frac{(202.52)^2}{15}$$

$$SS_T = 2764.023 - 2734.29$$

$$SS_T = 29.733$$

De la ecuación (2) se tiene:

$$SS_{\text{VARIETES}} = \frac{((33.81)^2 + (38.58)^2 + (45.15)^2 + (44.79)^2 + (40.19)^2)}{3} - \frac{(202.52)^2}{15}$$

$$SS_{\text{VARIETES}} = 29.523$$

De la ecuación (4) se tiene:

$$MS_{\text{Variedades}} = \frac{29.523}{5 - 1}$$

$$MS_{\text{Variedades}} = 7.38075$$

Siguiendo la metodología del análisis anterior, se incluye el error cometido por el número de repeticiones realizadas en cada variedad de achote:

CUADRO C-4 Sumatorias totales de cada una de las repeticiones

Repeticiones	1	2	3
Σ	67.09	67.8	67.63

$$SS_{\text{Repetición}} = \frac{(67.09)^2 + (67.8)^2 + (67.63)^2}{5} - \frac{(202.52)^2}{15}$$

$$SS_{\text{Repetición}} = 0.055$$

$$SS_E = SS_T - SS_{\text{Variedades}} - SS_{\text{Repetición}}$$

$$SS_E = 29.3733 - 29.523 - 0.055$$

$$SS_E = 0.155$$

$$MS_{\text{REPETICION}} = \frac{SS_{\text{REPETICION}}}{2} = \frac{0.055}{2}$$

$$MS_{\text{REPETICION}} = 0.0275$$

$$MS_E = \frac{SS_E}{8} = \frac{0.155}{8} = 0.01937$$

$$F_0 = \frac{MS_{\text{VARIETADES}}}{MS_E} = \frac{7.38075}{0.01937} = 380.9$$

$$F_0 = \frac{MS_{\text{REPETICION}}}{MS_E} = \frac{0.0275}{0.01937} = 1.4193$$

CUADRO C-5 Resultados de Análisis de Varianza Incluyendo el Error en Repeticiones

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Media de Cuadrados	F ₀ calculado	F ₀ de Cuadros		
					0.10	0.05	0.01
Entre variedades	29.523	4	7.38	380.9 *	2.81	3.84	7.01
Entre repeticiones	0.055	2	0.0275	1.42 **	3.11	4.46	8.85
Error	0.155	8	0.01937				
Total	29.733	14					

Comparando los resultados de F₀ calculado con F₀ de Cuadros del cuadro C-5, se observa que:

- * Hay una diferencia altísimamente significativa entre variedades.
- ** No hay diferencia estadística significativa entre repeticiones.

Evaluación del Coeficiente de varianza para determinar el error cometido al realizar las pruebas del laboratorio.

$$S = \sqrt{SS_E} = \sqrt{0.155} = 0.3937$$

$$\% CV = \frac{S}{\bar{Y}} * 100 = \frac{0.3937}{\left(\frac{202.52}{15}\right)} * 100 = 2.916$$

Al evaluar el coeficiente de variación se puede concluir que el error cometido al realizar las pruebas no es significativo.

C.II COMPARACION DE PAREJAS DE MEDIAS DE VARIEDADES DE ACHIOTE PARA DETERMINAR CUALES VARIEDADES DE ACHIOTE SON MEJORES ESTADISTICAMENTE

El método a utilizar es el de la Mínima Diferencia Significativa (LSD, del inglés least significant difference). Con este método solo se comparan las diferencias observadas entre cada par de promedios con el valor correspondiente de la LSD. Si cada diferencia de promedios ($|y_i - y_j|$) es mayor que LSD, se concluye que las medias poblacionales son diferentes. (Montgomery, 1991)

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, N-a} \sqrt{\frac{2 MS_E}{n}} \quad \text{ecuación (7)}$$

Para un $t_{\frac{\alpha}{2}, N-a}$ se tiene $\alpha=0.05$, $N-a=10$; $t = 2.228$, $MS_E = 0.021$ y $n = 3$ sustituyendo valores en la ecuación (7)

$$LSD = 2.228 * \sqrt{\frac{2 * 0.021}{3}}$$

$$LSD = 0.26362$$

Tomando los promedios de el Cuadro C-3 se tiene :

$$y_A = 11.27$$

$$y_B = 12.86$$

$$y_C = 15.05$$

$$y_D = 14.93$$

$$y_E = 13.39$$

Aplicandoles las diferencias de promedios a estos valores se tiene:

$$y_A - y_B = 11.27 - 12.86 = -1.59$$

$$y_A - y_C = 11.27 - 15.05 = -3.78$$

$$y_A - y_D = 11.27 - 14.93 = -3.66$$

$$y_A - y_E = 11.27 - 13.39 = -2.12$$

$$y_B - y_C = 12.86 - 15.05 = -2.19$$

$$y_B - y_D = 12.86 - 14.93 = -2.07$$

$$y_B - y_E = 12.86 - 13.39 = -0.53$$

$$y_C - y_D = 15.05 - 14.93 = 0.12^*$$

$$y_C - y_E = 15.05 - 13.39 = 1.66$$

$$y_D - y_E = 14.93 - 13.39 = 1.54$$

Todas las parejas de medias son significativamente diferentes a excepto de la que esta marcada con un (*) que es la única que no difiere significativamente, por lo que las variedades 3 y 4 son las que representan los valores más altos de contenido de bixina

CUADRO C-6 TABLAS DE PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCION F

$F_{0.05, v_1, v_2}$

		Grados de libertad del numerador (v_1)																		
Grados de libertad del denominador (v_2)	v_1																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.2	234.0	236.8	238.9	240.5	241.9	243.9	245.9	248.0	249.1	250.1	251.1	252.2	253.3	254.3	
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.10	2.06	2.01	
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92	
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88	
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84	
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	1.92	1.87	1.81	
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.78	
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	1.86	1.81	1.76	
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	1.84	1.79	1.73	
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71	
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27	2.22	2.15	2.07	1.99	1.95	1.90	1.85	1.80	1.75	1.69	
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25	2.20	2.13	2.06	1.97	1.93	1.88	1.84	1.79	1.73	1.67	
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24	2.19	2.12	2.04	1.96	1.91	1.87	1.82	1.77	1.71	1.65	
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22	2.18	2.10	2.03	1.94	1.90	1.85	1.81	1.75	1.70	1.64	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62	
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51	
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39	
120	3.93	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25	
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00	

CUADRO C-6 TABLAS DE PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCION F

$F_{0.01, \nu_1, \nu_2}$

Grados de libertad del numerador (ν_1)

ν_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	4052.0	4999.5	5403.0	5625.0	5764.0	5859.0	5928.0	5992.0	6022.0	6036.0	6106.0	6157.0	6209.0	6235.0	6261.0	6287.0	6313.0	6339.0	6366.0
2	98.50	99.00	99.17	99.25	99.30	99.33	99.36	99.37	99.39	99.40	99.42	99.43	99.45	99.46	99.47	99.47	99.48	99.49	99.50
3	34.12	30.82	29.46	28.71	28.24	27.91	27.67	27.49	27.35	27.23	27.05	26.87	26.69	26.00	26.50	26.41	26.32	26.22	26.13
4	21.20	18.00	16.69	15.98	15.52	15.21	14.98	14.80	14.66	14.55	14.37	14.20	14.02	13.93	13.84	13.75	13.65	13.56	13.46
5	16.26	13.27	12.06	11.39	10.97	10.67	10.46	10.29	10.16	10.05	9.89	9.72	9.55	9.47	9.38	9.29	9.23	9.11	9.02
6	13.75	10.92	9.78	9.15	8.75	8.47	8.26	8.10	7.98	7.87	7.72	7.56	7.40	7.31	7.23	7.14	7.05	6.97	6.88
7	12.25	9.55	8.45	7.85	7.46	7.19	6.99	6.84	6.72	6.62	6.47	6.31	6.16	6.07	5.99	5.91	5.82	5.74	5.65
8	11.26	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.18	6.03	5.91	5.81	5.67	5.52	5.36	5.28	5.20	5.12	5.03	4.95	4.86
9	10.56	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.61	5.47	5.35	5.26	5.11	4.96	4.81	4.73	4.65	4.57	4.48	4.40	4.31
10	10.04	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.20	5.06	4.94	4.85	4.71	4.56	4.41	4.33	4.25	4.17	4.08	4.00	3.91
11	9.65	7.21	6.22	5.67	5.32	5.07	4.89	4.74	4.63	4.54	4.40	4.25	4.10	4.02	3.94	3.86	3.78	3.69	3.60
12	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.64	4.50	4.39	4.30	4.16	4.01	3.86	3.78	3.70	3.62	3.54	3.45	3.36
13	9.07	6.70	5.74	5.21	4.86	4.62	4.44	4.30	4.19	4.10	3.96	3.82	3.66	3.59	3.51	3.43	3.34	3.25	3.17
14	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.28	4.14	4.03	3.94	3.80	3.66	3.51	3.43	3.35	3.27	3.18	3.09	3.00
15	8.68	6.36	5.42	4.89	4.56	4.32	4.14	4.00	3.89	3.80	3.67	3.52	3.37	3.29	3.21	3.13	3.05	2.96	2.87
16	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	4.03	3.89	3.78	3.69	3.55	3.41	3.26	3.18	3.10	3.02	2.93	2.84	2.75
17	8.40	6.11	5.18	4.67	4.34	4.10	3.93	3.79	3.68	3.59	3.46	3.31	3.16	3.08	3.00	2.92	2.83	2.75	2.65
18	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.84	3.71	3.60	3.51	3.37	3.23	3.08	3.00	2.92	2.84	2.75	2.66	2.57
19	8.18	5.93	5.01	4.50	4.17	3.94	3.77	3.63	3.52	3.43	3.30	3.15	3.00	2.92	2.84	2.76	2.67	2.58	2.50
20	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.70	3.56	3.46	3.37	3.23	3.09	2.94	2.86	2.78	2.69	2.61	2.52	2.42
21	8.02	5.78	4.87	4.37	4.04	3.81	3.64	3.51	3.40	3.31	3.17	3.03	2.88	2.80	2.72	2.64	2.55	2.46	2.36
22	7.95	5.72	4.82	4.31	3.99	3.76	3.59	3.45	3.35	3.26	3.12	2.98	2.83	2.75	2.67	2.58	2.50	2.40	2.31
23	7.88	5.66	4.76	4.26	3.94	3.71	3.54	3.41	3.30	3.21	3.07	2.93	2.78	2.70	2.62	2.54	2.45	2.35	2.26
24	7.82	5.61	4.72	4.22	3.90	3.67	3.50	3.36	3.26	3.17	3.03	2.89	2.74	2.66	2.58	2.49	2.40	2.31	2.21
25	7.77	5.57	4.68	4.18	3.85	3.63	3.46	3.32	3.22	3.13	2.99	2.85	2.70	2.62	2.54	2.45	2.36	2.27	2.17
26	7.72	5.53	4.64	4.14	3.82	3.59	3.42	3.29	3.18	3.09	2.96	2.81	2.66	2.58	2.50	2.42	2.33	2.23	2.13
27	7.68	5.49	4.60	4.11	3.78	3.56	3.39	3.26	3.15	3.06	2.93	2.78	2.63	2.55	2.47	2.38	2.29	2.20	2.10
28	7.64	5.45	4.57	4.07	3.75	3.53	3.36	3.23	3.12	3.03	2.90	2.75	2.60	2.52	2.44	2.35	2.26	2.17	2.06
29	7.60	5.42	4.54	4.04	3.73	3.50	3.33	3.20	3.09	3.00	2.87	2.73	2.57	2.49	2.41	2.33	2.23	2.14	2.03
30	7.56	5.39	4.51	4.02	3.70	3.47	3.30	3.17	3.07	2.98	2.84	2.70	2.55	2.47	2.39	2.30	2.21	2.11	2.01
40	7.31	5.18	4.31	3.83	3.51	3.29	3.12	2.99	2.89	2.80	2.66	2.52	2.37	2.29	2.20	2.11	2.02	1.92	1.80
60	7.06	4.96	4.13	3.65	3.34	3.12	2.95	2.82	2.72	2.63	2.50	2.35	2.20	2.12	2.03	1.94	1.84	1.73	1.60
80	6.85	4.79	3.95	3.48	3.17	2.96	2.79	2.66	2.56	2.47	2.34	2.19	2.03	1.95	1.86	1.76	1.66	1.53	1.38
∞	6.63	4.61	3.76	3.32	3.02	2.80	2.64	2.51	2.41	2.32	2.18	2.04	1.88	1.79	1.70	1.59	1.47	1.32	1.00

Grados de libertad del denominador (ν_2)

CUADRO C-6 TABLAS DE PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCION F

$F_{0.10, \nu_1, \nu_2}$

α	ν_2	Grados de libertad del numerador (ν_1)																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	1	39.86	49.50	53.59	55.83	57.24	58.20	58.91	59.44	59.86	60.19	60.71	61.22	61.74	62.00	62.26	62.53	62.79	63.06	63.33
2	1	8.53	9.00	9.16	9.24	9.29	9.33	9.35	9.37	9.38	9.39	9.41	9.42	9.44	9.45	9.46	9.47	9.47	9.48	9.49
3	1	5.54	5.46	5.39	5.34	5.31	5.28	5.27	5.25	5.24	5.23	5.22	5.20	5.18	5.18	5.17	5.16	5.15	5.14	5.13
4	1	4.54	4.32	4.19	4.11	4.05	4.01	3.98	3.95	3.94	3.92	3.90	3.87	3.84	3.83	3.82	3.80	3.79	3.78	3.76
5	1	4.06	3.78	3.62	3.52	3.45	3.40	3.37	3.34	3.32	3.30	3.27	3.24	3.21	3.19	3.17	3.16	3.14	3.12	3.10
6	1	3.78	3.46	3.29	3.18	3.11	3.05	3.01	2.98	2.96	2.94	2.90	2.87	2.84	2.82	2.80	2.78	2.76	2.74	2.72
7	1	3.59	3.26	3.07	2.96	2.88	2.83	2.78	2.75	2.72	2.70	2.67	2.63	2.59	2.58	2.56	2.54	2.51	2.49	2.47
8	1	3.46	3.11	2.92	2.81	2.73	2.67	2.62	2.59	2.56	2.54	2.50	2.46	2.42	2.40	2.38	2.36	2.34	2.32	2.29
9	1	3.36	3.01	2.81	2.69	2.61	2.55	2.51	2.47	2.44	2.42	2.38	2.34	2.30	2.28	2.25	2.23	2.21	2.18	2.16
10	1	3.29	2.92	2.73	2.61	2.52	2.46	2.41	2.38	2.35	2.32	2.28	2.24	2.20	2.18	2.16	2.13	2.11	2.08	2.06
11	1	3.23	2.86	2.66	2.54	2.45	2.39	2.34	2.30	2.27	2.25	2.21	2.17	2.12	2.10	2.08	2.05	2.03	2.00	1.97
12	1	3.18	2.81	2.61	2.48	2.39	2.33	2.28	2.24	2.21	2.19	2.15	2.10	2.06	2.04	2.01	1.99	1.96	1.93	1.90
13	1	3.14	2.76	2.56	2.43	2.35	2.28	2.23	2.20	2.16	2.14	2.10	2.05	2.01	1.98	1.96	1.93	1.90	1.88	1.85
14	1	3.10	2.73	2.52	2.39	2.31	2.24	2.19	2.15	2.12	2.10	2.05	2.01	1.96	1.94	1.91	1.89	1.86	1.83	1.80
15	1	3.07	2.70	2.49	2.36	2.27	2.21	2.16	2.12	2.09	2.06	2.02	1.97	1.92	1.90	1.87	1.85	1.82	1.79	1.76
16	1	3.05	2.67	2.46	2.33	2.24	2.18	2.13	2.09	2.06	2.03	1.99	1.94	1.89	1.87	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72
17	1	3.03	2.64	2.44	2.31	2.22	2.15	2.10	2.06	2.03	2.00	1.96	1.91	1.86	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69
18	1	3.01	2.62	2.42	2.29	2.20	2.13	2.08	2.04	2.00	1.98	1.93	1.89	1.84	1.81	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66
19	1	2.99	2.61	2.40	2.27	2.18	2.11	2.06	2.02	1.98	1.96	1.91	1.86	1.81	1.79	1.76	1.73	1.70	1.67	1.63
20	1	2.97	2.59	2.38	2.25	2.16	2.09	2.04	2.00	1.96	1.94	1.89	1.84	1.79	1.77	1.74	1.71	1.68	1.64	1.61
21	1	2.96	2.57	2.36	2.23	2.14	2.08	2.02	1.98	1.95	1.92	1.87	1.83	1.78	1.75	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59
22	1	2.95	2.56	2.35	2.22	2.13	2.06	2.01	1.97	1.93	1.90	1.86	1.81	1.76	1.73	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57
23	1	2.94	2.55	2.34	2.21	2.11	2.05	1.99	1.95	1.92	1.89	1.84	1.80	1.74	1.72	1.69	1.66	1.62	1.59	1.55
24	1	2.93	2.54	2.33	2.19	2.10	2.04	1.98	1.94	1.91	1.88	1.83	1.78	1.73	1.70	1.67	1.64	1.61	1.57	1.53
25	1	2.92	2.53	2.32	2.18	2.09	2.02	1.97	1.93	1.89	1.87	1.82	1.77	1.72	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52
26	1	2.91	2.52	2.31	2.17	2.08	2.01	1.96	1.92	1.88	1.86	1.81	1.76	1.71	1.68	1.65	1.61	1.58	1.54	1.50
27	1	2.90	2.51	2.30	2.17	2.07	2.00	1.95	1.91	1.87	1.85	1.80	1.75	1.70	1.67	1.64	1.60	1.57	1.53	1.49
28	1	2.89	2.50	2.29	2.16	2.06	2.00	1.94	1.90	1.87	1.84	1.79	1.74	1.69	1.66	1.63	1.59	1.56	1.52	1.48
29	1	2.89	2.50	2.28	2.15	2.06	1.99	1.93	1.89	1.86	1.83	1.78	1.73	1.68	1.65	1.62	1.58	1.55	1.51	1.47
30	1	2.88	2.49	2.28	2.14	2.03	1.98	1.93	1.88	1.85	1.82	1.77	1.72	1.67	1.64	1.61	1.57	1.54	1.50	1.46
40	1	2.84	2.44	2.23	2.09	2.00	1.93	1.87	1.83	1.79	1.76	1.71	1.66	1.61	1.57	1.54	1.51	1.47	1.42	1.38
60	1	2.79	2.39	2.18	2.04	1.95	1.87	1.82	1.77	1.74	1.71	1.66	1.60	1.54	1.51	1.48	1.44	1.40	1.35	1.29
120	1	2.75	2.35	2.13	1.99	1.90	1.82	1.77	1.72	1.68	1.65	1.60	1.55	1.48	1.45	1.41	1.37	1.32	1.26	1.19
∞	1	2.71	2.30	2.08	1.94	1.85	1.77	1.72	1.67	1.63	1.60	1.55	1.49	1.42	1.38	1.34	1.30	1.24	1.17	1.00

Nota: $F_{0.10, \nu_1, \nu_2} = 1/F_{0.90, \nu_2, \nu_1}$

CUADRO C-7
PUNTOS PORCENTUALES DE LA DISTRIBUCION t

ν	.40	.25	.10	.05	.025	.01	.005	.0025	.001	.0005
1	.325	1.000	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	127.32	318.31	636.62
2	.289	.816	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.089	23.326	31.598
3	.277	.765	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.213	12.924
4	.271	.741	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	.267	.727	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	.265	.727	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	.263	.711	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.019	4.785	5.408
8	.262	.706	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	.261	.703	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	.260	.700	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	.260	.697	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	.259	.695	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	.259	.694	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	.258	.692	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	.258	.691	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	.258	.690	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	.257	.689	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	.257	.688	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	.257	.688	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	.257	.687	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	.257	.686	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	.256	.686	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	.256	.685	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.767
24	.256	.685	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	.256	.684	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	.256	.684	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	.256	.684	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	.256	.683	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	.256	.683	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	.256	.683	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	.255	.681	1.303	1.684	2.021	2.423	2.784	2.971	3.307	3.551
60	.254	.679	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
120	.254	.677	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	.253	.674	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

ν = grados de libertad.

*Adaptado, con permiso, de *Biometrika Tables for Statisticians*, Vol. 1, 1a. ed., por E. S. Pearson y H. O. Hartley, Cambridge University Press, Cambridge, 1966.

ANEXO D

EVALUACION DEL PODER CALORIFICO Y CAPACIDAD CALORIFICA DEL ACHIOTE

D-1 CALCULO DEL PODER CALORIFICO DE LA SEMILLA DE ACHIOTE

El término de "Poder Calorífico" o "Calor de Reacción" se emplea frecuentemente para expresar el calor transmitido de la cámara de combustión o de reacción a temperatura constante. (Van Wylen, 1992)

El Poder calorífico de las semillas de achiote fue calculado en un Calorímetro marca Parr, para lo cual fue necesario moler las semillas y posteriormente tamizarlas para hacer unas pastillas a las cuales se les determinó el poder calorífico.

Los cálculos descritos a continuación brindan el Poder Calorífico de la muestra con humedad como la que existía cuando la muestra fue pesada. Este puede ser convertido a libre de humedad y otras bases secas por la determinación de la humedad contenida de aire-muestra seca y usando la conversión formulada publicada en el Método ASTM D3180 y otras referencias de tecnología de combustibles.

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
0	23.57
1	23.57
2	23.57
3	23.57
4	23.57
5	23.58
5.5	23.70
6	24.48
6.5	24.86
7	25.08
7.5	25.22
8.0	25.29
8.5	25.35
9.0	25.37

Pasa...

...Continúa

Tiempo (minutos)	Temperatura (°C)
9.5	25.39
10	25.40
10.5	25.40
11	25.41
12	25.41
13	25.41
14	25.41
15	25.40
16	25.40
17	25.39
18	25.39

$$V_{\text{NaOH}} = 9.1 \text{ mL}$$

$$\text{Alambre Total} = 10 \text{ cm}$$

$$\text{Alambre sobrante} = 2.4 \text{ cm}$$

$$T_a = 23.58 \text{ °C}$$

$$T_c = 25.41 \text{ °C}$$

$$a = 5 \text{ minutos}$$

$$b = 6.36$$

$$c = 11$$

$$T_1 = 23.57$$

$$T_5 = 23.58$$

$$T_{18} = 25.39$$

$$a_6 = 10 - 2.4 = 7.6 \text{ cm}$$

$$r_1 = 23.58 - 23.57 = 0.002$$

$$r_2 = \frac{25.39 - 25.41}{7} = -0.00285$$

7

$$T = (25.41 - 23.58) - 0.002(6.36 - 5) - (-0.00285) * (11 - 6.36)$$

$$T = 1.840504$$

$$e_1 = 9.1$$

$$e_3 = 2.7 (7.6) = 20.52$$

$$PC = 7597.6 \text{ Btu/lb}$$

El análisis fue realizado por el Ing. Gonzalo Gustavo Berrios en el Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de El Salvador.

FUENTE DE CALCULOS: (Berrios y Castro, 1997)

D-2 CALCULO DE LA CAPACIDAD CALORIFICA DE LAS SEMILLAS DE ACHIOTE Y DE LA BIXINA

1. CALCULO CAPACIDAD CALORIFICA DE LAS SEMILLAS (Earle, R.L. , 1968)

Para el cálculo del Cp de las semillas se utiliza la siguiente ecuación, la cual es generalmente usada para la determinación del Cp de varios alimentos. En esta ecuación sólo se requiere el dato de la humedad de las semillas, la cual fue determinada en el Laboratorio Químico de ESPINSA, dando como resultado 7.63 % de humedad

$$C_p = (P / 100) + 0.2 (100 - P)/100 (=) \text{Kcal / Kg } ^\circ\text{C}$$

Donde P = Humedad de las semillas = 7.63

Sustituyendo datos:

$$C_{p\text{SEMILLAS}} = (7.63 / 100) + 0.2 (100 - 7.63) / 100$$

$$C_{p\text{SEMILLAS}} = 0.1855 \text{ Kcal / Kg } ^\circ\text{C}$$

2. CALCULO DE LA CAPACIDAD CALORIFICA DEL COLORANTE (Himmelblau, 1982)

Para evaluar el calor específico del colorante se ha asumido que todo lo extraído es Bixina ($\text{C}_{25} \text{H}_{30} \text{O}_4$) y se ha usado la Regla de Koop, la cual establece que a temperatura ambiente, la suma de las capacidades caloríficas de los elementos constituyos es aproximadamene igual a la capacidad calorífica del compuesto sólido

Base de Cálculo: 1 mol de Bixina

$$\text{C: } 25 * 1.8 = 45.0 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F}$$

$$\text{H: } 30 * 2.3 = 69.0 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F}$$

$$\text{O: } 4 * 4.0 = 16.0 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F}$$

$$C_p (\text{C}_{25} \text{H}_{30} \text{O}_4) = 130 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F}$$

$$C_p (\text{Bixina}) = 130 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F} * 1 \text{ lbmol de bixina / 394.52 libras}$$

$$C_p (\text{Bixina}) = 0.33 \text{ Btu / lbmol } ^\circ\text{F}$$

ANEXO E

RESULTADOS DE ANALISIS BACTERIOLOGICOS DE MUESTRAS DE ACHIOTE

E1. SIN PRESERVANTE

E2. CON PRESERVANTE



LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S. A. de C. V.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS - CONSULTORIA
Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504

San Salvador, 14 de Septiembre de 1998

E1

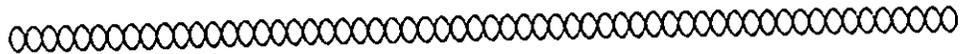
Ingeniera
ANA MELIDA CHICAS
Presente

Estimada Ing. Chicas:

Por este medio estamos remitiendole los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados en una muestra:

Muestra : Achiote en suspensión
Recibida laboratorio : 07 de Septiembre 1998
Hora : 1:10 P.M.

Análisis	Resultado
Bacterias coliformes totales, NMP/100mL	Menos de 0.3
Recuento total de bacterias, ufc/mL	460,000



Notas:

NMP: Número Mas Probable.
ufc: unidades formadoras de colonias.
Método de análisis: BAM (Bacteriological Analytical Manual del FDA).

Atentamente,

ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.

Elvia Beronice Huevo de Oliva
DRA. Elvia Beronice Huevo de Oliva
Laboratorio de Investigación en
Microbiología





LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES. S. A. de C. V.
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS - CONSULTORIA
 Inscrito en el Consejo Superior de Salud Pública con el número 504

San Salvador, 01 de Octubre de 1998

E2

Ingeniera
 ANA MELIDA CHICAS
 Presente

Estimada Ing. Mélida Chicas:

Por este medio estamos remitiendole los resultados de los análisis bacteriológicos efectuados en una muestra:

Muestra	:	Achiote en suspensión
Recibida laboratorio	:	28 de Septiembre 1998
Hora	:	10:40 A.M.

Análisis	Resultado
Recuento total de bacterias, ufc/mL	Menos de 10
Bacterias coliformes totales, NMP/mL	Menos de 0.3

~~~~~

Notas:

ufc: unidades formadoras de colonias.

NMP: Número Mas Probable.

Método de análisis BAM (Bacteriological Analytical Manual del FDA)

Atentamente,

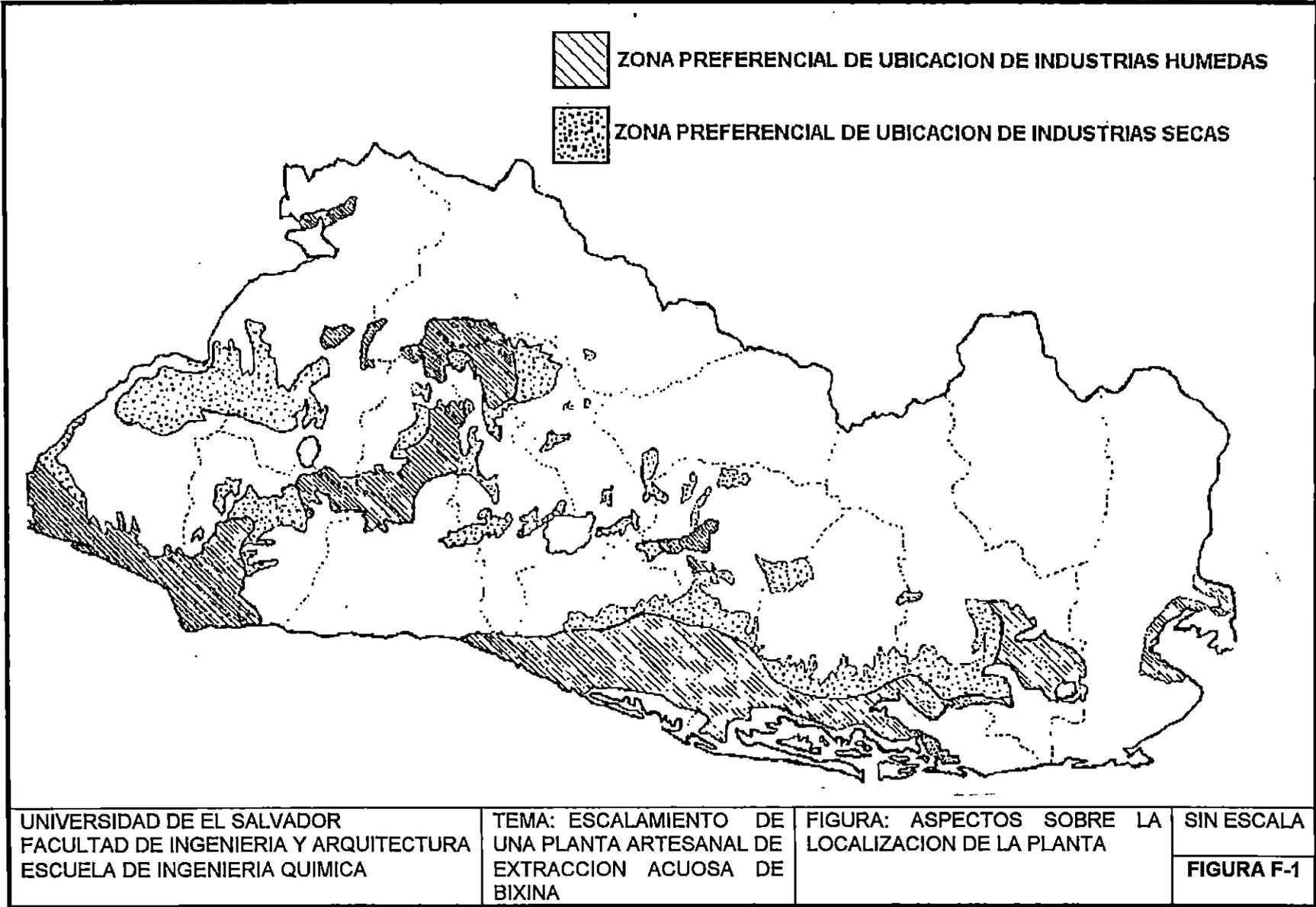
ESPECIALIDADES MICROBIOLÓGICAS INDUSTRIALES, S.A. DE C.V.

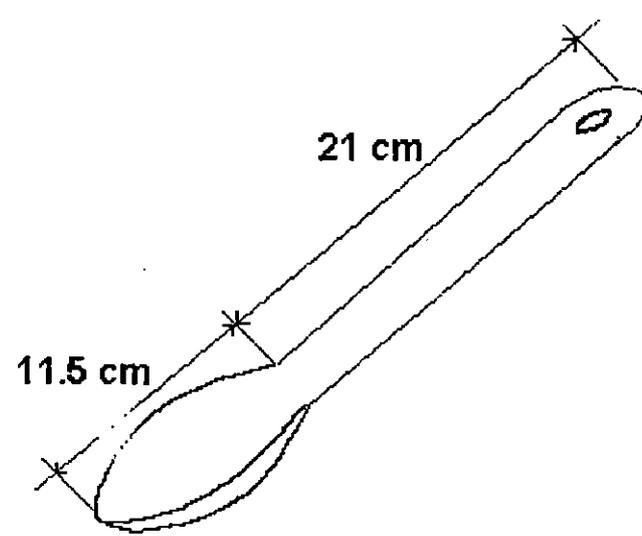
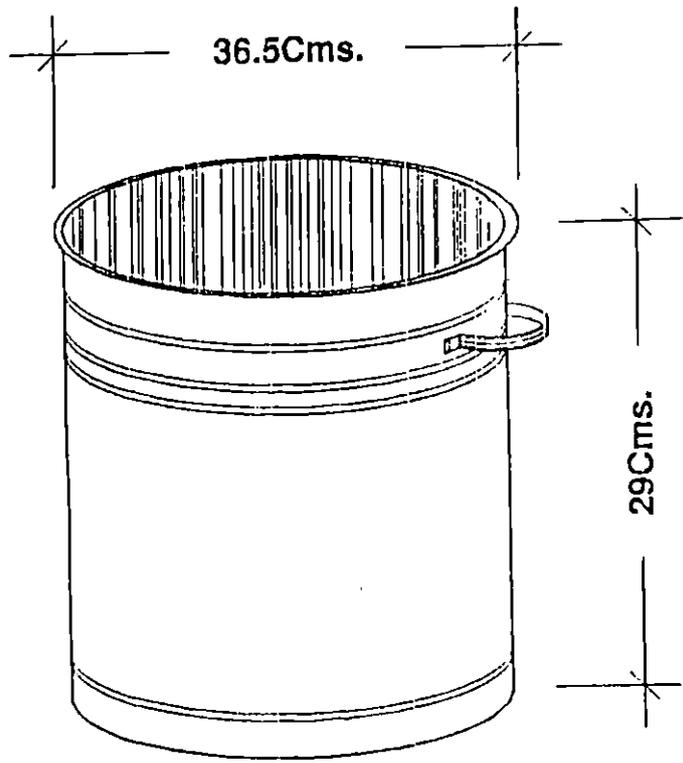
*Elvia Berenice Huazo de Oliva*  
 Dra. Elvia Berenice Huazo de Oliva  
 Laboratorio de Investigación en  
 Microbiología



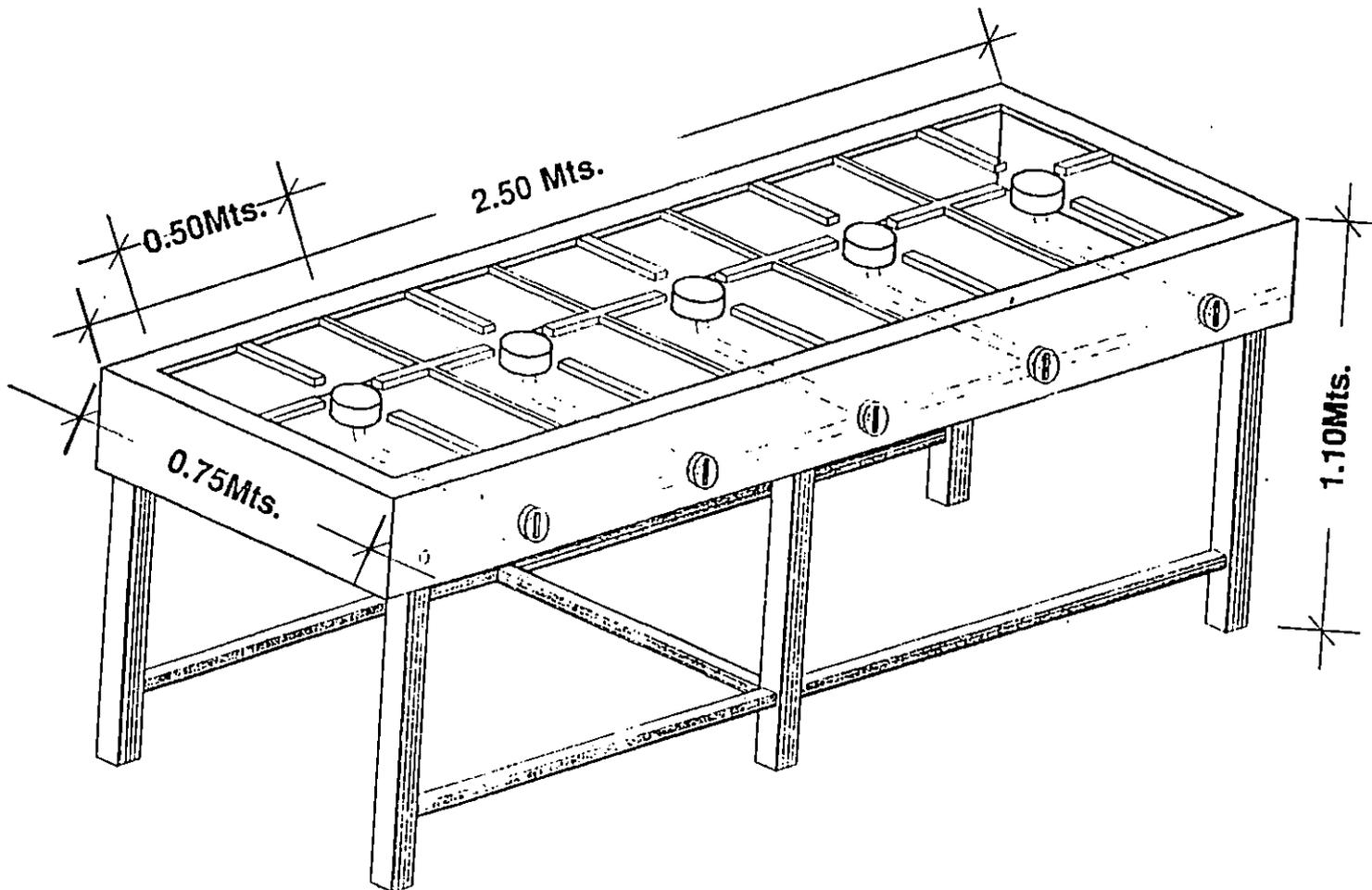
## **ANEXO F**

# **INFORMACION GENERAL DE LA UBICACION Y EL DISEÑO DE LA PLANTA PRODUCTORA DE BIXINA**





|                                                                                                      |                                                                                    |                                                                |                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA | TEMA: ESCALAMIENTO DE<br>UNA PLANTA ARTESANAL DE<br>EXTRACCION ACUOSA DE<br>BIXINA | FIGURA: RECIPIENTE DE EXTRAC -<br>CION Y CUHARA PARA AGITACION | SIN ESCALA<br>FIGURA F-2 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------|

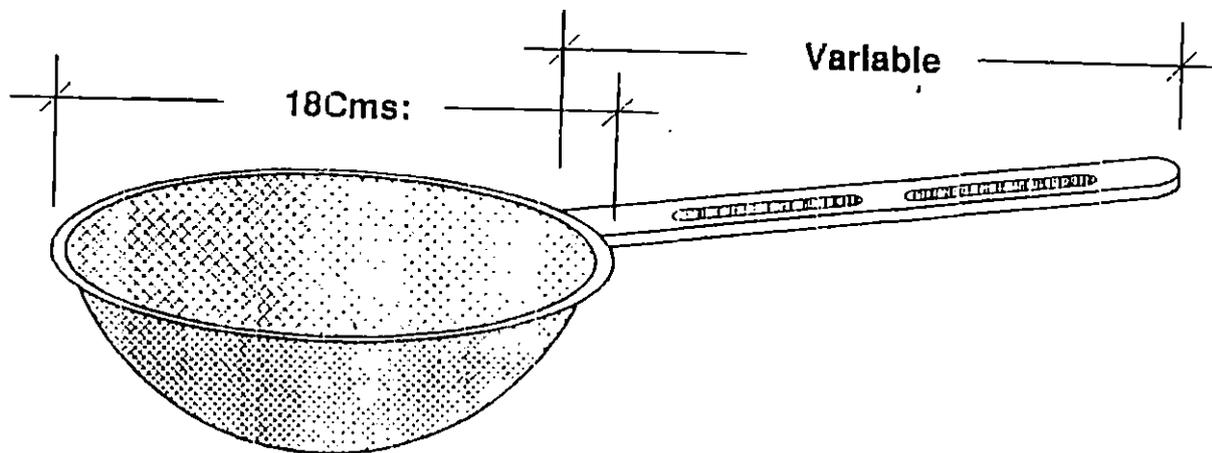


UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TEMA: ESCALAMIENTO DE  
 UNA PLANTA ARTESANAL DE  
 EXTRACCION ACUOSA DE  
 BIXINA

FIGURA: SISTEMA DE CALENTA-  
 MIENTO

SIN ESCALA  
 FIGURA F-3



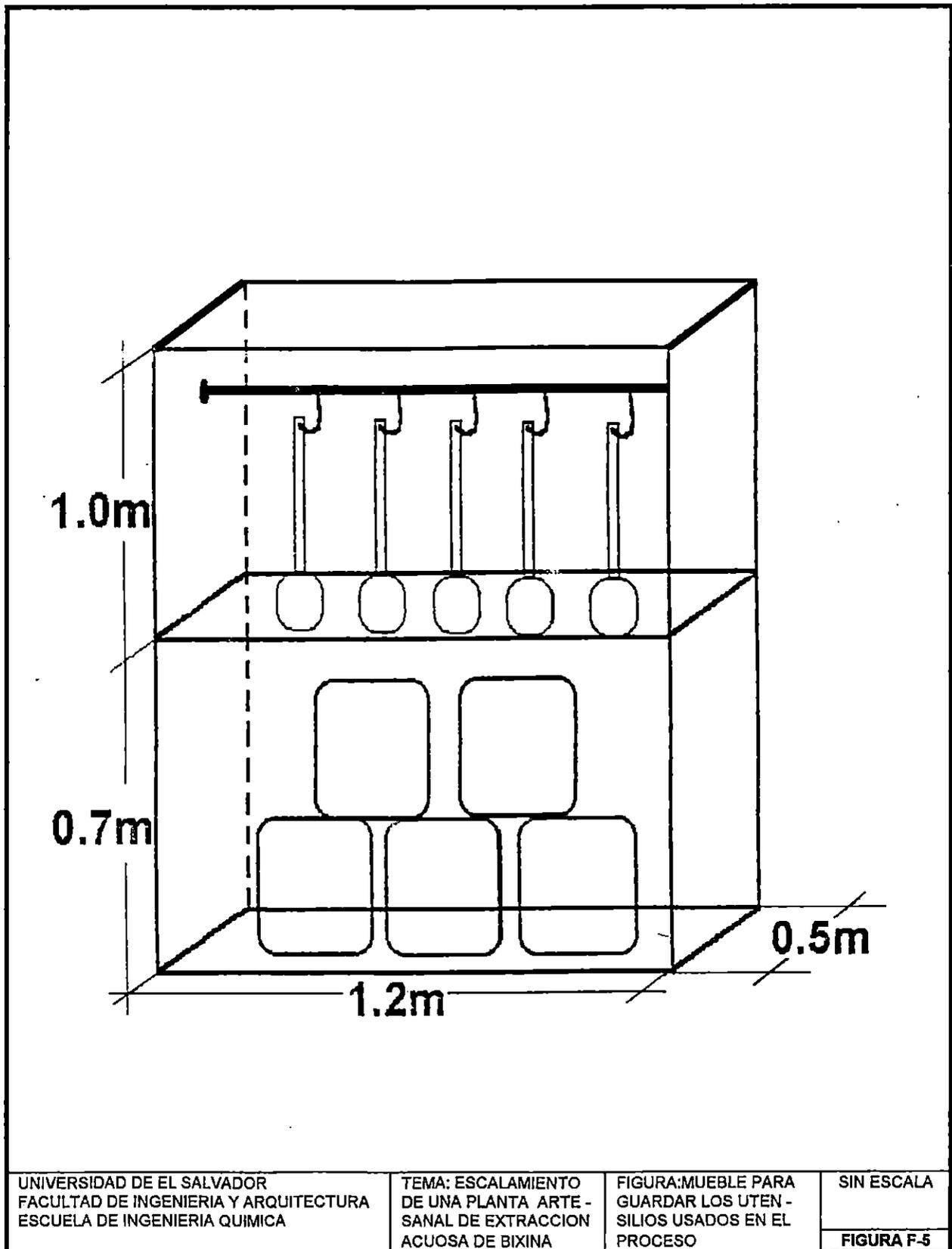
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

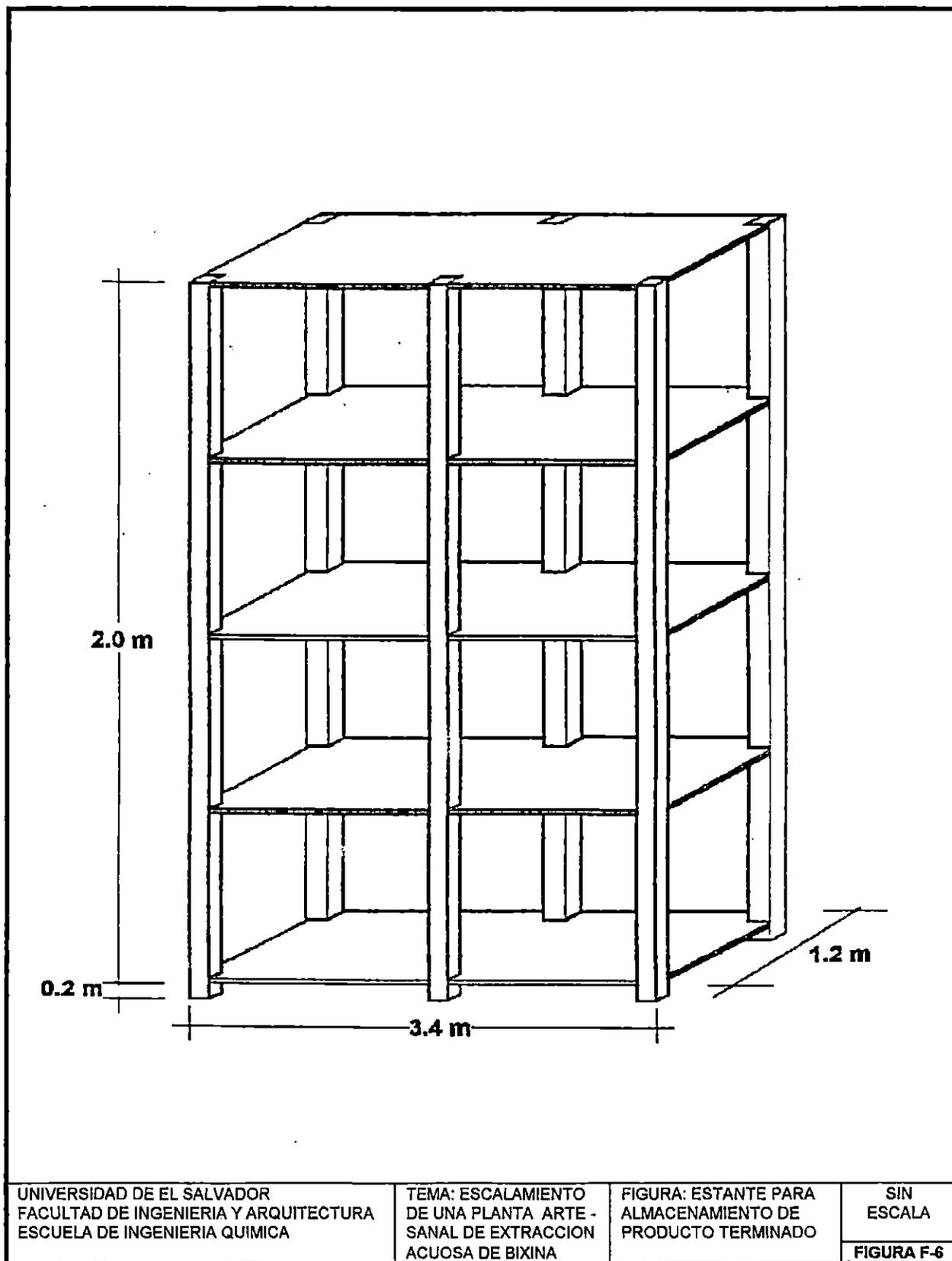
TEMA: ESCALAMIENTO DE  
 UNA PLANTA ARTESANAL DE  
 EXTRACCION ACUOSA DE  
 BIXINA

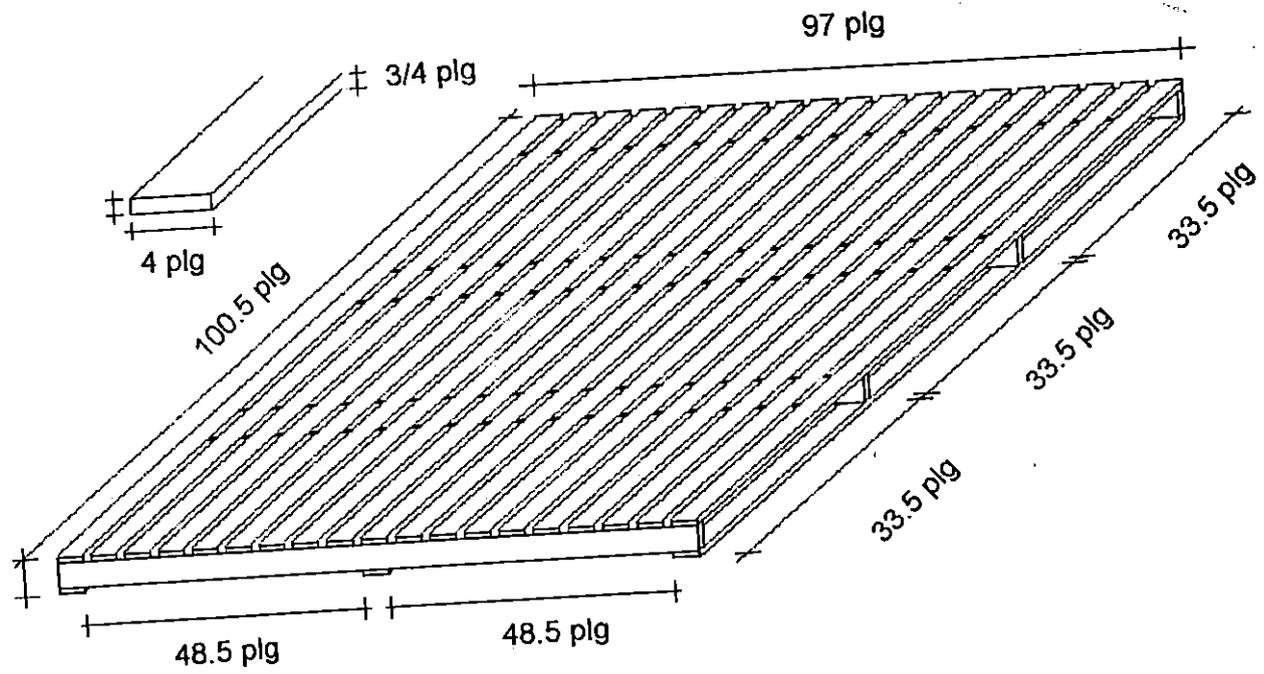
FIGURA: COLADOR

SIN ESCALA

FIGURA F-4







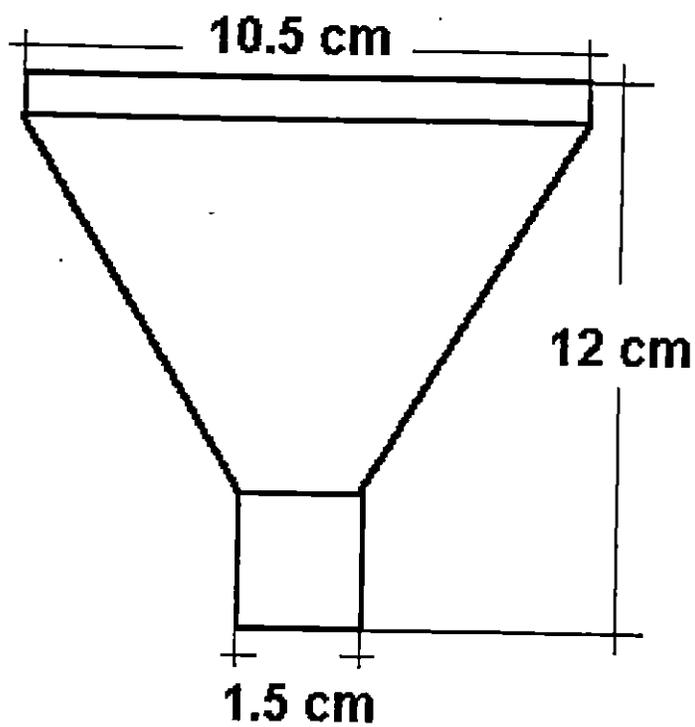
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TEMA: ESCALAMIENTO DE  
 UNA PLANTA ARTESANAL DE  
 EXTRACCION ACUOSA DE  
 BIXINA

FIGURA: TARIMA PARA MATERIA  
 PRIMA

SIN ESCALA

FIGURA F-7



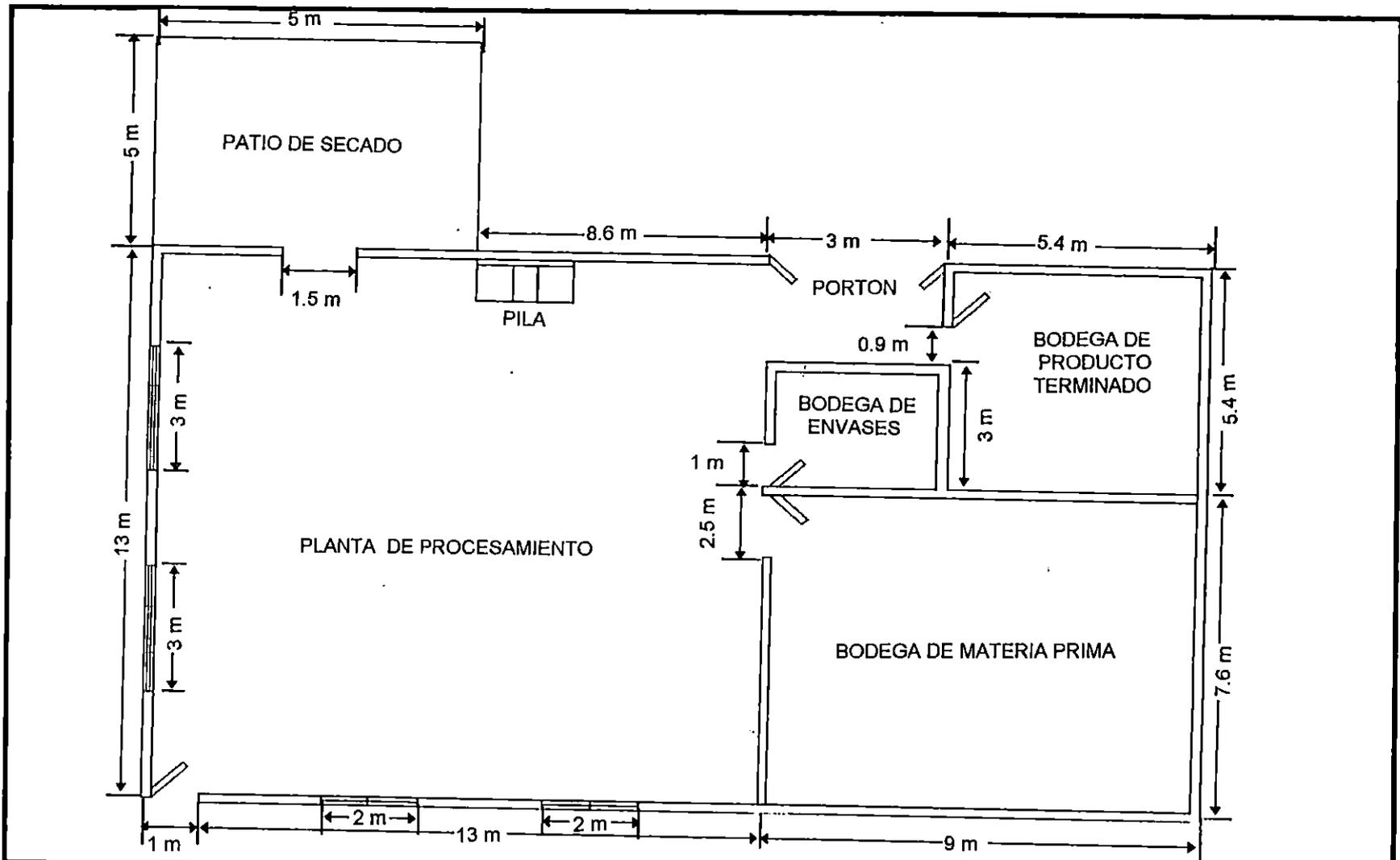
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TEMA: ESCALAMIENTO  
DE UNA PLANTA ARTE -  
SANAL DE EXTRACCION  
ACUOSA DE BIXINA

FIGURA: EMBUDO PARA  
ENVASADO

SIN ESCALA

FIGURA F-8



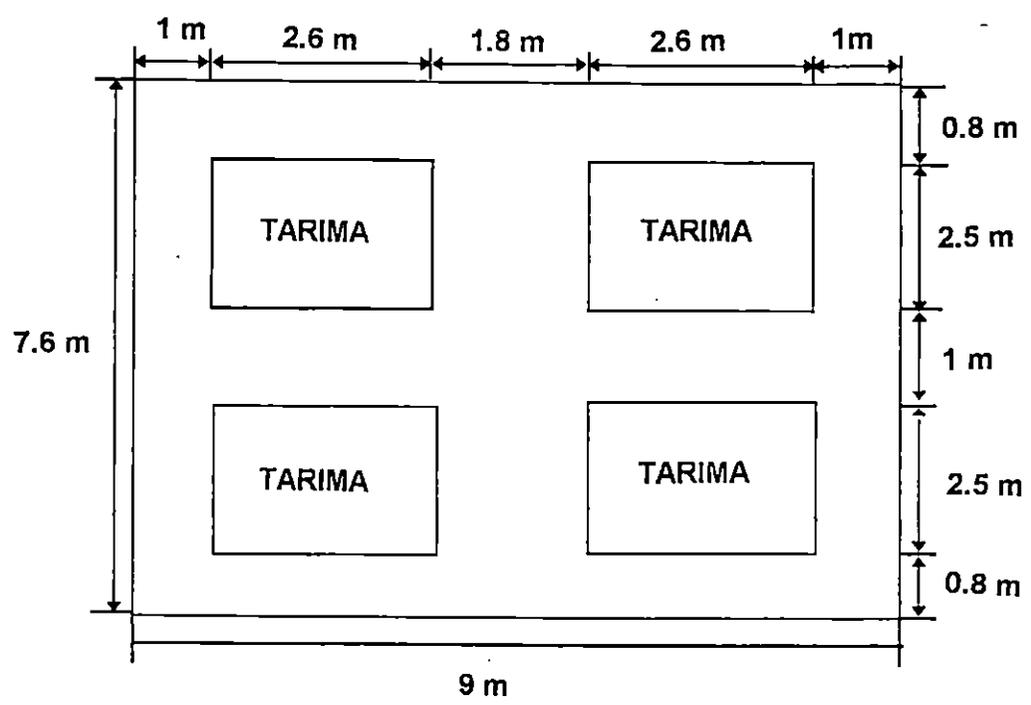
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TEMA: ESCALAMIENTO DE  
 UNA PLANTA ARTESANAL DE  
 EXTRACCION ACUOSA DE  
 BIXINA

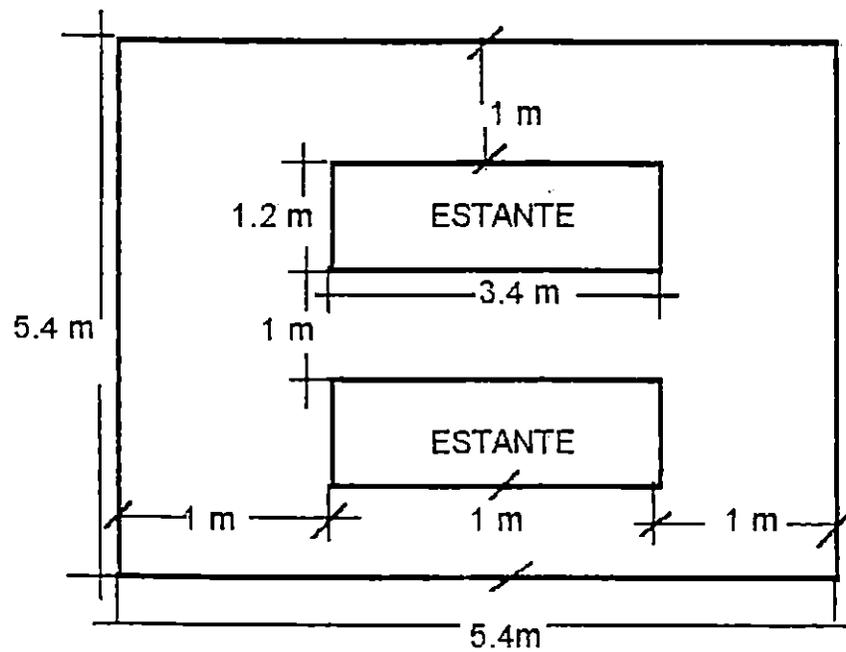
FIGURA: DISTRIBUCION EN PLANTA

SIN ESCALA

FIGURA F-9



|                                                                                                      |                                                                                      |                                                            |             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-------------|
| UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR<br>FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA<br>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA | TEMA: ESCALAMIENTO<br>DE UNA PLANTA ARTE-<br>SANAL DE EXTRACCION<br>ACUOSA DE BIXINA | FIGURA: DISTRIBUCION<br>DE LA BODEGA DE MA-<br>TERIA PRIMA | SIN ESCALA  |
|                                                                                                      |                                                                                      |                                                            | FIGURA F-10 |



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

TEMA: ESCALAMIENTO  
DE UNA PLANTA ARTE-  
SANAL DE EXTRACCION  
ACUOSA DE BIXINA

FIGURA: DISTRIBUCION  
DE LA BODEGA DE PRO-  
DUCTO TERMINADO

SIN ESCALA

FIGURA F-11

FECHA: \_\_\_\_\_

HORA: \_\_\_\_\_

JEFE DE TURNO: \_\_\_\_\_

**1. PERSONAL EN GENERAL**

Están usando mascarillas \_\_\_\_\_

Están usando anillos, aretes u otras joyas: \_\_\_\_\_

Usan gabacha o delantal \_\_\_\_\_

Usan redes para el cabello \_\_\_\_\_

**2. LIMPIEZA DEL PERSONAL**Se lavan las manos con jabón antibacterial antes de  
manipular el achiote \_\_\_\_\_

Lavan los utensilios antes y después de utilizarlos \_\_\_\_\_

**3. OTRAS OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  
(F) SUPERVISOR