



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
TESIS DE GRADO

TITULO : DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCIÓN DE
BIXINA A PARTIR DE ACHIOTE

Escuela: Ingeniería Química.
Facultad: Ingenierías Físico - Químicas.

Autores: Nombre: Luz Milda Rueda Velásquez
Código: 1953382
Carrera: Ingeniería Química.

Nombre: Mauren Judith Niño Zambrano
Código: 1963340
Carrera: Ingeniería Química.

Codirectores: Nombre: Jorge Enrique Pulido Flórez
Cargo: Profesor Titular Escuela Ing. Química - UIS.

Nombre: Carlos Fernando Guerra Hernández
Cargo: Profesor Auxiliar Escuela Ing. Química – UIS

DEDICATORIA

Un hijo es la creación más grande que hacen los hombres en unión con Dios, este libro va dedicado a mi hijo, Omar Andrés, que es lo más grande que me ha dado la vida y que ha sido el motor que me ha impulsado a hacer muchas cosas, inclusive ésta, que se ha convertido en el centro de mi vida y que en los momentos difíciles ha sido el motivo de siempre continuar.

A mis padres, Roque Julio y Rosa María, especialmente a mi madre que ha sido un ejemplo de mujer luchadora y llena de amor para con todos, especialmente para con sus hijos y a la que le debo el don de la vida.

A mi esposo, Omar por estar siempre conmigo, por amarme y comprenderme y sobre todo por apoyarme y estar dispuesto a renunciar a muchas cosas por hacerme feliz.

A mis suegros que han creído en mi y que nunca nos han abandonado.

A mis hermanos, José Luis, Jesús David y Rosa Imelda por ser mis amigos, y por su apoyo.

A Ana, una persona que siempre me ha ayudado y con la cual estoy muy agradecida por haber hecho cosas por mi que otra persona no haría.

A mis amigos Edgar y Julia por estar siempre pendientes de mi y por su apoyo incondicional.

Pero más que nada este trabajo se lo dedico a esa energía que es capaz de crear todo cuanto existe, este trabajo está dedicado a Dios.

Luz M.

DEDICATORIA

A Dios, como fuerza universal y forjadora.

A mi padre, Milton Niño Botia, un hombre que nunca me pegó ni regañó, que sentado, desde que tengo uso de razón, en un escritorio viejito de madera siempre leyendo me enseñó a ser una mujer con seguridad, principios y fortaleza . Un hombre fantástico que no teme pensar y que a pesar de su tendencia temerosa y sensible logró encontrarse con fundamento matemático a sí mismo, comprendió su esencia, la de su entorno y al fin dejó de sufrir por el mundo que lo rodea, y encontró la forma de plasmarla moldearla y verla crecer en su obra maestra, como a un hijo más, “La Cromovisión del Universo” .

A mi mamita Esperanza, mi mejor amiga, por su apoyo incondicional. por confiar en mis capacidades cuando estaba derrumbada, por no juzgarme y solo escudarme, por su inmenso amor, que me dio fuerza para luchar a pesar de todo y ser quien soy.

A mi hijo Jhan Nicolás, por alegrar mi vida tan solo al verlo reír, por su nobleza, y por su amor.

A mis hermanos Milton, Miguel, Jesus y Rocío, por su cariño y apoyo.

A Diana, por su amistad y apoyo .

Mauren J.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Doctor Carlos Guerra y al Doctor Jorge Pulido por su valiosa guía en el transcurso de este trabajo, por haber creído en nuestras capacidades y haber apoyado el proyecto, al Doctor Alvaro Ramírez por habernos apoyado siempre en las dificultades y por ser como un padre para los estudiantes de Ingeniería Química, y a todos los profesores de Ingeniería química por todas sus enseñanzas.

Agradecemos en una forma muy especial a la Ingeniera Orfa Acevedo un ejemplo de profesional a imitar y a ACEYGRADES S.A. por el apoyo económico y técnico brindado.

Gracias a Eduardo Carreño y Wilson Carreño por cumplir siempre con mucha amabilidad su trabajo y por su colaboración.

Y a todos los que hicieron posible este sueño.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	10
OBJETIVOS GENERALES:.....	14
OBJETIVOS ESPECIFICOS:.....	14
1. GENERALIDADES	15
COLORANTES.....	15
1.1.1. <i>Colorante sintético o artificial.....</i>	<i>16</i>
1.1.2. <i>Colorante natural.</i>	<i>17</i>
EL ACHIOTE.....	18
1.1.3. <i>Nombres comunes.....</i>	<i>18</i>
1.1.4. <i>Historia.....</i>	<i>19</i>
1.1.5. <i>Descripción.....</i>	<i>21</i>
1.1.6. <i>Características botánicas.....</i>	<i>22</i>
1.1.7. <i>Composición química.....</i>	<i>24</i>
1.1.7.1. <i>Composición química de las hojas.....</i>	<i>24</i>
1.1.7.2. <i>Composición química de la semilla.....</i>	<i>24</i>
Pigmentos carotenoides.....	25
1.1.8. <i>Farmacología.....</i>	<i>26</i>
1.1.9. <i>Toxicología.....</i>	<i>26</i>
1.1.10. <i>Usos medicinales sugeridos del achiote (planta).....</i>	<i>27</i>
1.1.11. <i>Usos del achiote (semilla).....</i>	<i>27</i>
EL PIGMENTO DEL ACHIOTE.....	28
OTROS COLORANTES.....	28
2. ANALISIS DE MERCADO.....	30
COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE ACHIOTE EN EL MUNDO	30
COMPORTAMIENTO DEL MERCADO DE ACHIOTE EN COLOMBIA	32
2.1.1. <i>Producción y ventas.....</i>	<i>32</i>
<i>En el país en este momento no existe una planta extractora de bixina, En las regiones donde existe la cosecha, ésta se desecha, es vendida a las empresas de condimentos ó se le hace un tratamiento artesanal para extraer el colorante y usarlo con fines artesanales.....</i>	<i>34</i>
2.1.2. <i>Importación.....</i>	<i>34</i>
2.1.3. <i>Exportación.....</i>	<i>34</i>
MERCADO DEL COLORANTE DE ACHIOTE.....	35
2.1.4. <i>Análisis de mercado internacional.....</i>	<i>35</i>
2.1.5. <i>Análisis del mercado regional.....</i>	<i>35</i>
2.1.5.1. <i>Metodología de Análisis del mercado.....</i>	<i>36</i>
2.1.5.2. <i>Análisis de las encuestas:.....</i>	<i>36</i>
2.1.5.2.1. <i>Análisis de las encuestas al consumidor final.....</i>	<i>37</i>
2.1.5.2.2. <i>Análisis gráfico de la encuesta al consumidor final.....</i>	<i>37</i>
2.1.5.2.3. <i>Análisis de las encuestas a las avícolas.....</i>	<i>38</i>
2.1.5.2.4. <i>Análisis gráfico de la encuesta a las empresas.....</i>	<i>39</i>

3. ANÁLISIS TÉCNICO.....	40
GENERALIDADES TÉCNICAS DEL ACHIOTE	40
ESTADO DEL ARTE DE LAS TÉCNICAS ACTUALES.....	40
3.1.1. <i>Extracción con agua.....</i>	41
3.1.2. <i>Extracción con cloroformo.....</i>	42
3.1.3. <i>Extracción con etanol.....</i>	42
3.1.4. <i>Extracción con éter de petróleo.....</i>	43
3.1.5. <i>Extracción con NaOH o KOH.....</i>	43
3.1.6. <i>Extracción con Carbonato de Sodio.....</i>	44
3.1.7. <i>Otras técnicas de extracción.....</i>	44
3.1.8. <i>Separación de los Pigmentos presentes en la pasta de Achiote</i>	44
3.1.8.1. <i>Extracción con solventes.....</i>	44
3.1.8.2. <i>Cromatografía.....</i>	45
3.1.8.3. <i>Cromatografía en capa fina.....</i>	45
3.1.9. <i>Identificación de los pigmentos carotenoides.....</i>	45
3.1.10. <i>Extracción en laboratorio.....</i>	46
3.1.10.1. <i>Pruebas de laboratorio</i>	46
3.1.10.2. <i>Pruebas de Cromatografía.....</i>	54
3.2.10.4 <i>Evaluación de la aceptación de la bixina como agente pigmentador en las aves y en huevos (Bioensayo)</i>	56
INGENIERÍA BÁSICA DE LA PRODUCCIÓN DE BIXINA.....	59
3.1.11. <i>Descripción del Diagrama de Bloques.....</i>	60
3.1.12. <i>Diagrama de proceso de la planta.....</i>	63
3.3.3 <i>DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES.....</i>	64
3.3.3.1 <i>Unidad de Almacenamiento y transporte de la semilla hasta la unidad de extracción ...</i>	64
3.3.3.2 <i>Unidad de Extracción por medio de una solución alcalina.....</i>	67
3.3.3.3 <i>Unidad de lavado del extracto por medio de centrifugación</i>	68
3.3.3.4 <i>Unidad de calentamiento y lavado de la semilla sin arilo.....</i>	69
3.3.3.5 <i>Tanques de almacenamiento de las soluciones.....</i>	70
3.3.3.6 <i>Unidad de secado del colorante extraído</i>	73
3.3.3.7 <i>Unidad de disminución de tamaño de la pasta de colorante de achiote.....</i>	74
4. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	75
5. ANALISIS ECONOMICO	76
CAPACIDAD DE LA PLANTA Y LOCALIZACIÓN.....	76
JUSTIFICACIÓN DE ENTRADA AL MERCADO	76
COSTO DE LOS EQUIPOS	76
ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE	
EXTRACTO DE ACHIOTE.....	77
ESTIMACION DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA DE UNA PLANTA DE	
PRODUCCION DE EXTRACTO DE ACHIOTE	77
6. RECOMENDACIONES	71
7. CONCLUSIONES	72
8. BLIBLIOGRAFIA	74
9. ANEXOS	82

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ÁRBOL Y FRUTO DEL ACHIOTE _____	18
FIGURA 2: FRUTO Y FLOR DE ÁRBOL DE ACHIOTE _____	22
FIGURA 3: FÓRMULA ESTRUCTURAL DE LA BIXINA _____	25
FIGURA 4 : PRODUCCIÓN DE ACHIOTE EN ALGUNAS REGIONES DE PERÚ _____	31
FIGURA 5 GRÁFICO DE LAS PREGUNTAS HECHAS EN LA ENCUESTA AL CONSUMIDOR FINAL _____	38
FIGURA 6 GRÁFICO DE LAS PREGUNTAS HECHAS EN LA ENCUESTA A LAS EMPRESAS _____	39
FIGURA 7. SEMILLA UTILIZADA EN EL LABORATORIO. _____	46
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN EL LABORATORIO PARA LOS DIFERENTES SOLVENTES ORGANICOS _____	47
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO UTILIZADO EN EL LABORATORIO PARA LA EXTRACCIÓN CON SOLUCIONES ALCALINAS _____	48
FIGURA 10. PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN PARA SOLUCIONES ALCALINAS A DIFERENTES CONCENTRACIONES _____	50
FIGURA 11. COLOR DE LAS SEMILLAS ANTES Y DESPUÉS DE LAS EXTRACCIONES _____	51
FIGURA 12. DIFERENCIA DE COLOR ENTRE LAS SEMILLAS ANTES Y DESPUÉS DE LA EXTRACCIÓN CON SOLUCIONES ALCALINAS. _____	51
FIGURA 13. COLORANTE OBTENIDO EN EL PROCESO ALCALINO Y ORGÁNICO _____	52
FIGURA 14. FORMULA ESTRUCTURAL DE LA BIXINA-NORBIXINA _____	52
FIGURA 15. PLACAS CROMATOGRÁFICAS CON APLICACIONES DE COLORANTE _____	54
FIGURA 16. CODORNIZ DE PRUEBA Y CODORNIZ DE CONTROL. _____	57
FIGURA 17. HUEVOS DE LA CODORNIZ DE PRUEBA Y LA CODORNIZ DE CONTROL _____	58
FIGURA 18 DIAGRAMA DE BLOQUES _____	60
FIGURA 19 BALANCE DE MASA EN EL EXTRACTOR POR COCHADA _____	61
FIGURA 20 DIAGRAMA DE PROCESO DE LA PLANTA . _____	63

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LAS SEMILLAS DE ACHIOTE _____	25
TABLA 2. COTIZACIÓN INTERNACIONAL DE SEMILLA DE ACHIOTE _____	31
TABLA 3. COTIZACIÓN INTERNACIONAL DE BIXINA/NORBIXINA _____	32
TABLA 4. ESTADÍSTICAS APROXIMADAS DE CULTIVO DE ACHIOTE EN COLOMBIA _____	33
TABLA 5. PROPIEDADES DEL ACHIOTE EN EL LABORATORIO _____	46
TABLA 6 RESULTADOS DE LABORATORIO CON DIFERENTES AGENTES EXTRACTORES _____	49
TABLA 7 TABLA DE ABSORBANCIAS PARA LOS PIGMENTOS DEL COLORANTE OBTENIDO EN LABORATORIO _____	56
TABLA 8.VARIACIÓN DE PESO ENTRE LA CODORNIZ DE PRUEBA Y LA DE CONTROL _____	57

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. FORMATO DE ENCUESTAS.....	91
ANEXO B. UBICACIÓN GEOGRAFICA DEL ACHIOTE EN COLOMBIA.....	94

TÍTULO :

DISEÑO DE UNA PLANTA PILOTO PARA LA PRODUCCION DE BIXINA A PARTIR DE ACHIOTE *

AUTORES :

Luz Milda Rueda Velásquez y Mauren Judith Niño Zambrano **

PALABRAS CLAVES:

Bixina, achiote, colorantes naturales, pigmentos, extracción alcalina, extracción con solventes.

DESCRIPCIÓN O CONTENIDO:

Antes del siglo XIX, los colorantes utilizados en alimentos eran todos de origen natural, más tarde aparecieron los colorantes sintéticos que sustituyeron los naturales por razones económicas. Cuando los colorantes sintéticos ya estaban posesionados, se encontró que estos producían cáncer y alergias, lo que condujo a las entidades encargadas del control de alimentos a suspender el uso de éstos y recomendar el uso de colorantes naturales. Colombia es un país en el que no se producen colorantes naturales, aún teniendo recursos para hacerlo. La bixina extraída del achiote, es un colorante que tiene ventajas para ser usado en la industria por su nula toxicidad para el consumo humano y para su aplicación en la piel.

Este trabajo de grado se enfocó al estudio técnico económico que hiciera factible el montaje de una planta extractora en el país y el diseño de una planta que inicialmente se acondicione a la producción existente de achiote(se hizo un diseño Batch), pero proyectada para crecer en el futuro. El estudio está basado en la economía del proceso, por eso aunque hay posibilidades de procesos más técnicos (como el de hacer una extracción con solventes orgánicos), éste es el que se acondiciona para obtener una mejor rentabilidad.

Se llevó a cabo un análisis de factibilidad económica para la venta del colorante en la industria avícola, para lo cual se realizó como apoyo un bioensayo con aves de corral.

Se encontró que es muy rentable el montaje de la planta, ya que el producto tiene una buena aceptación y con la comercialización a nivel nacional no se necesitaría la importación del colorante. Se logró diseñar las etapas integrantes del proceso, planta a pequeña escala, teniendo en cuenta, que esta planta, puede ser mayor y operada en continuo, cuando la planta tenga una gran demanda de producto.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química.

Director: Prof. Jorge Enrique Pulido Flórez. Codirector: Prof. Carlos Fernando Guerra Hernández.

TITLE:

DESIGN OF A PILOT PLANT FOR THE PRODUCTION OF BIXIN FROM ANNATTO TREE *

AUTHORS:

Luz Milda Rueda Velásquez y Mauren Judith Niño Zambrano **

KEY WORDS:

Bixin, annatto tree, natural colorings, pigments, alkaline extraction, extraction with solvents.

DESCRIPTION OR CONTENT:

Before the XIX century, the colorings used in foods were all of natural origin, later the synthetic colorings appeared and substituted the natural ones by economical reasons. When the synthetic colorings had already taken possession of the market, was discovered that they produced cancer and allergies, which provoked that the foods control entities stopped the use of them and recommended the use of natural colorings. Colombia is a country where the natural colorings aren't manufactured, in spite of having the resources to make it. The bixin extracted from the annatto tree, is a coloring that has advantages for being used in the industry on account of its null toxicity for the human consumption and for its application in the skin.

This pre-graduate project was focused to the economic technical study that makes feasible the assembly of an extractor plant in this country and the design of a plant that initially became conditioned to the production of the existing annatto tree (was chosen a Batch extraction whit alkaline solution), but projected to grow in the future. The study is based in the economy of the process, for that reason although there are possibilities of more technical processes (as extraction with organic solvents), this is the one that becomes conditioned to obtain a better profitability.

An analysis of economic feasibility was carried out for the sale of the coloring in the poultry industry, consequently was realized, as support, a bio-experiment with domestic fowls.

Was found that is very profitable the assembly of the plant, since the product has a good acceptance and with the commercialization at national level, the import of the coloring would not be necessary. Was possible to design the integral stages of the process, small size plant, but taking into account that this plant, can be more big and operated in continuous, when the plant has a great product demand.

* Pre-graduate project

** Faculty of Physiochemical Engineerings. School of Chemical Engineering.

Director: Prof. Jorge Enrique Pulido Flórez. Codirector: Prof. Carlos Fernando Guerra Hernández.

INTRODUCCIÓN

Antes de 1850, todos los colorantes usados para colorear alimentos eran de origen natural. Luego, aparecieron los colorantes sintéticos tratando de sustituirlos, por economía, rapidez, escasez o comodidad. Cuando se creía en el éxito de los colorantes sintéticos, se comprobó que producían cáncer y diferentes alergias; esto condujo a las entidades encargadas en el control de alimentos en los países desarrollados a restringir o suspender el uso de la mayoría de colorantes sintéticos y recomendar el uso de colorantes naturales.

Actualmente, en el mundo ha crecido el interés por el desarrollo de colorantes de origen natural. Desafortunadamente en nuestro país no se producen cantidades considerables de colorantes naturales y no existe una vigilancia apropiada en su uso para alimentos. Algunas industrias alimenticias todavía utilizan colorantes no permitidos por las agencias internacionales de control.

La bixina extraída del achiote, es un excelente colorante que presenta varias ventajas para ser utilizado en la industria. Para empezar a nombrar sus ventajas, es un colorante completamente inofensivo, su nula toxicidad tanto para el consumo humano como para ser usado como cosmético en la piel, ha retomado el interés industrial por el achiote como colorante natural en razón de las legislaciones drásticas acerca del uso de los colorantes químicos en la producción de alimentos. La OMS (WHO en inglés) ha reconocido que su toxicidad es nula y la C.C.E. ha autorizado su empleo (N°E160b).

Colombia, con climas tropicales y semitropicales, presenta condiciones agroecológicas apropiadas para su cultivo, además existe un conocimiento tradicional de gran valor sobre la planta. Debido a la creciente demanda de colorantes naturales en el mercado internacional y la excelente calidad de la bixina como colorante natural, el cultivo de achiote tiene la posibilidad de ser

económicamente rentable, porque al venderse como bixina adquiere un mayor valor en el mercado.

La finalidad del proyecto es mostrar un estudio detallado del diseño de una pequeña planta extractora de materia colorante a partir de achiote en Santander.

El proyecto se realizó en 4 fases; inicialmente se muestra el estado del arte donde se consideraron los siguientes aspectos básicos: datos actuales sobre los colorantes, el achiote, sus pigmentos, los procesos actuales de obtención de la pasta, datos de producción de achiote en el país y su comercialización.

En segunda instancia el estudio de adaptación tecnológica se efectuó de la siguiente manera: se realizaron pruebas a nivel laboratorio, la metodología seguida en esta investigación se basó en experimentar con las diferentes posibilidades de extracción para identificar el proceso más económico, limpio y de fácil purificación .

Luego se realizó un análisis de factibilidad comercial del proyecto: se estudió el mercado por medio de encuestas para cuantificar su posible comercialización a nivel regional y además para determinar el producto que presentara mayores conveniencias, para el mismo se estimó la materia prima disponible en el país.

Finalmente se desarrolló el estudio técnico y financiero para un planta extractora a pequeña escala.

OBJETIVOS

Este trabajo dirigido a la obtención, diseño de planta de extracción y estudio de comercialización de la materia colorante de la semilla de achiote (*Bixa Orellana* L.), persigue los siguientes objetivos generales y específicos:

OBJETIVOS GENERALES:

Diseñar una alternativa de procesamiento a nivel de planta a pequeña escala para la obtención de la materia colorante localizada en el arilo de la semilla del achiote (*Bixa Orellana* L.) que sirva como base para su producción industrial y realizar un estudio económico piloto para su posible comercialización.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

Definir la forma de obtención a nivel de laboratorio, realizando prácticas de extracción con solventes ya utilizados en estudios anteriores y nuevas alternativas de procesamiento con otros solventes.

Seleccionar un proceso de extracción con el disolvente más apropiado en las condiciones óptimas encontradas de temperatura, tiempo de extracción y porcentaje de recuperación, evaluando los resultados obtenidos en la experimentación en laboratorio y llevar posteriormente estos datos a un diseño de planta pequeña para la obtención de la bixina.

Realizar un análisis económico de la viabilidad de la obtención industrial de bixina y sus usos en la industria para su comercialización en el país.

1.GENERALIDADES

Colorantes

Los colorantes son insumos que se incorporan a diversos productos y tienen como principal función contribuir a “hacer atractivo” al producto final ante los ojos del consumidor, ya sea éste un lápiz labial, una bebida, un helado, un caramelo, etc. (39)

El color forma parte de nuestra forma de ver la realidad y despierta diversas sensaciones en el ser humano, de ahí que éste trate siempre de incorporarlo a su quehacer cotidiano: comida, vestido, vivienda, centro laboral, etc. (44)

La calidad de un alimento, aparte del aspecto microbiológico, se basa, por lo general en el color, gusto, textura y valor nutritivo. Según cual sea el alimento del que se va a determinar su calidad total, cabe considerar por separado o globalmente estos factores. Sin embargo, uno de los factores sensoriales de calidad más importante de un alimento es el color. Esto se debe a que un alimento por muy nutritivo, aromático o bien texturizado que sea, sólo se comerá cuando posea su verdadero color. (19)

Para cada alimento, la aceptación del color depende de diversos factores, entre ellos los culturales, geográficos y sociológicos. En realidad el color, al igual que otros hábitos de la alimentación puede considerarse como un tipo de antropología culinaria indígena de cierta región. No obstante, al margen de las preferencias o hábitos de una comarca, ciertos grupos de alimentos sólo son apreciables si caen dentro de determinada gama de colores. Además, la aceptación se halla reforzada por un precio económico, ya que en muchos casos las materias primas se valoran por el color. (39)

Es pues, evidente que el color de los alimentos se debe a los pigmentos naturales que poseen, excepto en aquellos casos en que se han adicionado colorantes. (6)

Existen dos grandes divisiones dentro de los colorantes con finalidad alimenticia a saber:

1.1.1. Colorante sintético o artificial.

Es la sustancia colorante no encontrada en productos naturales y obtenida por síntesis orgánica. (44)

Desde mediados del siglo XIX, la importancia de la industria de los colorantes sintéticos, ha sido tal, que desplazó completamente el uso de los colorantes de origen vegetal. En los últimos 50 años, al observarse el desarrollo del cáncer en la piel, se iniciaron estudios con el fin de demostrar la toxicidad de los mismos. Los tipos de colorantes sintéticos sometidos a estudio, fueron los azoicos, antraquinónicos, azufrados, nitrados, etc., llegándose a la conclusión que son altamente tóxicos, al ser ingeridos en el organismo humano. Se implantaron leyes en diferentes países sobre la dosis máxima permisible de algunos colorantes. (32)

Estas leyes fueron creadas por entidades mundiales como el F.D.A. (Food and Drug Administration Color); O.M.S. (Organización Mundial de la Salud); F.A.O. (Food and Agriculture Organization), cuyos criterios se basaron en los estudios bioquímicos, bromatológicos e histológicos a corto y largo plazo.

Así los colorantes sintéticos en su mayoría son limitados para su uso en la industria de alimentos, medicamentos y cosmetológica; pero actualmente se utilizan en otras industrias como la textil, en pinturas, etc., y siguen siendo objeto de estudio.

1.1.2. Colorante natural.

Es la sustancia obtenida a partir de un vegetal o eventualmente de un animal, cuyo principio colorante ha sido aislado mediante proceso tecnológico adecuado. (44)

De nuevo han adquirido importancia a nivel mundial como aditivos en la industria de alimentos, drogas y cosméticos. Los pigmentos naturales comprenden: los de origen vegetal y los de origen animal. Como ejemplo de los primeros, el índigo, bixina y zafranina, extraídos del añil, achiote y azafrán respectivamente; también son conocidos el betacaroteno, cantaxantina, xantofilas, antoxianinas, etc. Y como ejemplo de los de origen animal, tenemos la cochinilla extraída del *Coccus Cacti* (hembra de un insecto). (32)

Existen diferentes clasificaciones sobre los pigmentos de origen natural (animales y vegetales). Mayer en 1929 los clasificó en: (7)

- **Pigmentos carotenoides** : hidrocarburos, hidroxilados, cetónicos, hidroxicarboxílicos, carboxílicos, etc.).
- **Derivados diarilmetánicos**: cumarina.
- **Compuestos carboxílicos**: benzoquinónicos, naftoquinónicos, antracénicos y fenantrénicos
- **Compuestos heterocíclicos nitrogenados**: pirrólicos, derivados de la piridina, tetrapirrólicos de origen vegetal y animal y derivados indólicos.

De todos estos, los pigmentos carotenoides son aceptables sin discusión como aditivos para ser ingeridos sin causar daño al organismo humano por considerarse precursores de la vitamina A. Generalizando, los carotenoides se pueden definir como derivados isoprénicos de peso molecular entre 530 y 650 gr.mol, inestables ante cambios térmicos susceptibles a la luz, de fácil oxidación en presencia de aire, y

cuyas estructuras químicas difieren en el tipo de sustituyentes que puedan tener sobre la estructura básica de los isómeros de carotenos. A éstos pertenece la bixina.(32)

El Achiote

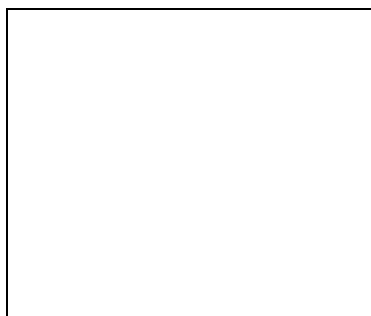
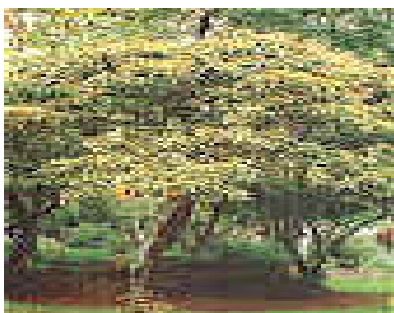


Figura 1: Árbol y fruto del Achiote

1.1.3.Nombres comunes

Brasil	:Urucu, Urucum
Colombia	:Achote, Achiote, Onoto, Bijo, Bija.
Costa Rica	: Achiote, Achote, Katshá, Krikra, Shongo.
Guatemala	: Achote, Achiote.
México	: Achote, Achiote, Anato, Chancaguarica, Urucu.
Panamá	: Achote
Perú	: Achote, Achiote, Achiote amarillo, Potsoti, Urucu.
Venezuela	: Onoto, Bija, Bijo.

Se conocen como países productores de achiote: Jamaica, Guyana, Ecuador, el Salvador, Perú, Brasil, Ceilán India y Venezuela . En Colombia se cultiva en algunos departamentos de la Costa Atlántica y Pacífica entre ellos Chocó, valle del Cauca, Atlántico, Córdoba, Bolívar, Sucre, Magdalena, y en la zona de los Llanos Orientales. (63)

1.1.4.Historia

El “Achiote”, es una planta nativa de América tropical, oriunda de la región amazónica, desde Brasil hasta México, fue conocida y usada desde épocas muy antiguas. (36)

Los primeros grupos culturales de América preparaban con sus semillas una masa roja con la que se pintaban el cuerpo, la cara, las piernas y los brazos ya sea para adornarse o para evitar la picadura de los mosquitos o para facilitar la cicatrización de las heridas. También, les servía para teñir sus tejidos y pintar sus utensilios o también utilizaban sus fibras para hacer cercos donde encierran a sus animales y para dar color al chocolate y a sus guisados usaban el tinte del fruto. (9)

La voz achiote es un nahuatlismo que significa “semilla brillante” o “semilla grasa” , el nombre bija proviene del dialecto de los indios arahuac, que viven en Brasil y Venezuela que significa “de color rojo”. (17)

En época de la conquista y el virreinato, se llevaron del Perú a España grandes cantidades de semillas de Achiote para utilizarlas como colorante y, como condimento de alimentos. Los nombres vulgares tienen diferentes orígenes, así en el lenguaje taino de los indígenas de La Española, el nombre era “Bixa” (pronunciado bisha) lo que dio origen a “bija”, “bixia”, “bisha”. Esto parece haber dado origen también, en el siglo XVI, a un vocablo que se incorporó al castellano por un corto tiempo: “bixio” significó entonces lo cárdeno, rojizo o amarotado. “Embijarse” significaba pintarse la piel de rojo con la bija. Del caribe, los bajeles españoles pasaron a México donde se encontraron que la planta recibía el nombre de “Achiotl”. Esto dio origen a una serie de nombres locales encabezados por “Achiote”, que es el que se usaría posteriormente. Surgieron así: achote, achiotillo, achiti, achiti amarillo, achite colorado, achihuiti, etc.(9)

Cuando los ingleses se posesionaron de las islas del norte del caribe, encontraron que los indígenas de esa región llamaban a esta planta “Onoto”, y de allí deriva el

nombre de “Annato” con que es conocida en la literatura inglesa y en mucho del mercado internacional. De allí se derivó también arnato, onoto, onotillo, etc. Los indígenas del norte del Brasil y de la cuenca del Orinoco le llaman “urucu” de lo que derivó “urcu”, “urú-uva”, y los viajeros franceses lo adoptaron y lo escribieron a su manera, por lo que nuestro achiote es conocido en Francia como “Roucou”. (9)

Esta especie como muchas de las plantas originalmente clasificadas por Linneo, esta rubicunda representante del Continente Americano, que se ha adaptado también a las más distantes tierras del trópico, excitó la iniciativa de muchos botánicos que le dieron nombres diversos o que encontraron, en algunas variedades, suficientes características diferenciales como para separarlas en una especie diferente o, inclusive, en algún género aparte. Así surgieron nombres como *Bixa odorata*, R. y P. *Bixa platycarpa*, R. y P. , *Bixa azara* R. y P. *Bixa arborea*, Huber, B. *Purpúrea*, Hoot., B. *americana* , Pair, B. *excelsa*, B. *urucurana*, B. *sphaerocarpa*, *Orellana americana*, Kuntze, etc. (9)

Linneo utilizó dos términos que tienen importancia histórica y quizás es por eso que su denominación original es la que ha persistido: le llamó *Bixa orellana* , *Bixa* porque ese fue el nombre indígena original que los hombre de Colón encontraron en la Isla Española (ahora Santo. Domingo). Y la apellidó orellana en honor al aventurero socio de Pizarro que descubrió el Amazonas.(17)

Los activos exploradores y navegantes ibéricos la llevaron a las Filipinas, de ahí pasó a Indonesia vía las Molucas y de allí a la India. Pero también fue directamente a España, el Mediterráneo, Medio Oriente y por último África y la India. Ahora se le conoce en todo el orbe tropical y es silvestre en la mayor parte de las regiones mencionadas. El achiote es por eso una planta pan-tropical. (17)

Cuando las tripulaciones de Colón la encontraron, esta planta era utilizada principalmente con fines cosméticos. Fernández de Oviedo, el primer naturalista que llegó del viejo Mundo, así lo declaró en la Española (Santo Domingo) y en las costas

del Caribe en 1535, no debemos olvidar que el fin de los cosméticos no era siempre, como es ahora, un asunto de adornar o de embellecer el cuerpo humano. Originalmente, los cosméticos tenían fines rituales, bélicos, defensivos, religiosos, mágicos, etc. Su color de sangre hacía que los guerreros lo usaran para atemorizar a sus enemigos o para disimular sus heridas o para atraer las fuerzas sobrenaturales que decidían la suerte en el fragor de la batalla. Y los sacerdotes y hechiceros usaban su color de sangre para dramatizar los ritos que tenían que ver con la vida y la muerte. Asimismo cuando los europeos llegaron a América, encontraron en el Achiote un excelente sucedáneo del azafrán y lo comenzaron a usar como colorante de alimentos, no precisamente como condimento. El achiote se convirtió gradualmente en el colorante ideal de la cocina. Y esta tendencia pronto contaminó a los países de clima templado donde las carnes curadas y los productos lácteos ó los licores también fueron teñidos de rojo produciéndose un floreciente comercio de achiote en todo el mundo. (64)

1.1.5.Descripción

Planta nativa de la América tropical de la familia de las Bixaceae, que puede asumir proporciones de arbusto o árbol pequeño, puede medir entre 1 a 6 metros de altura . Existen dos ecotipos bién definidos por el color de la flor. Bixa orellana L de flor rosado intenso, tiene cápsula alargada y oscura, cuando es tierna incluso cuando madura se le denomina “pico de pájaro”. Son productoras de semillas rojo claro – amarillento, presentan hojas verde claro grandes y la Bixa orellana L de flor rosada, su cápsula es redonda , color rojizo claro y bermellón – dorado cuando madura. Esta forma produce un colorante de mejor calidad. Son productoras de semillas rojo-oscuro –bermellón y presentan flores blancas, hojas y tallos con una tonalidad verde negruzca. El tamaño de los frutos es notoriamente más pequeño que el de la variedad anteriormente señalada.(22)

Crece en climas tropicales, sin embargo tiene gran adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, pudiendo desarrollar desde el nivel del mar hasta alturas superiores a los 1250 m.s.n.m.

La planta tiene un amplio margen de adaptación a diferentes suelos, siendo ideales los suelos aluviales, bien drenados y con alto porcentaje de materia orgánica, los suelos con pH ligeramente ácidos son apropiados para una buena fertilidad .

El beneficio es la práctica de obtención del producto comercial (semilla) realizándose dos veces al año y este comprende la cosecha, la extracción del grano, secado (máximo 3%), ensacado y almacenaje. (22)

La utilización de su pigmento natural bixina, el cual tiene importancia como aditivo en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, su aceptabilidad continúa en expansión ya que el Annato es reconocido como un colorante de alimentos vegetal seguro. (39)

1.1.6. Características botánicas



Figura 2: Fruto y flor de árbol de Achiote

- **Planta:** Arbustiva o arbórea, alcanza los 4–5 m de altura. Ramificación dicotómica.
- **Raiz:** Típica, vertical y bien desarrollada.

- **Tallo:** Leñoso, la corteza del tronco es de color bruno verdoso y presenta algunas excrecencias lenticulares y fisuras. La madera es suave, porosa y poco durable, la savia es anaranjada y ligeramente amarga.
- **Hojas:** Simples y alternas. Palmatinervias. Ápice agudo, dentados, acorazonadas de 10 a 20 cm de largo y 5 a 10 cm de ancho. Presentan un pecíolo largo y muestran 4 a 7 pares nervaduras . Durante su juventud tienen algunas escamas en su superficie, pero cuando maduran son lisas. Su color es verde en ambas caras, pero algunas muestran una discreta coloración rosada o purpúrea en el envés de las nervaduras.
- **Inflorescencia:** Panícula de racimos.
- **Flores:** Se presentan en panojas de numerosos botones rosados, de los cuales sólo unos cuantos abren a la vez. Son flores rosadas o blancas, algunas veces con pinceladas moradas que les confieren especial belleza. Son grandes, hermosas, de fragancia variable de 4 a 6 cm de diámetro, hermafroditas con un cáliz de cinco sépalos imbricados, orbiculares, de color verde bruno, que se desprenden tempranamente. Los pétalos son cinco, anchos redondeados, estambres numerosos, blancos o amarillentos, rodeando al pistilo único , rosado con un estigma bilobulado y un ovario con dos o tres celdas.
- **Fruto:** es una cápsula ovoide, puntiaguda o acorazonada, de 3 a 5 cm de largo, y un poco menos de ancho, se presenta en racimos de 6 a 12, con las puntas dirigidas hacia arriba. El fruto en su juventud es verde, pero conforme va madurando adquiere un color rosado, rojo , rojo oscuro o marrón . Esta variabilidad que no solamente es cambiante con la edad sino con la raza, hace que algunos expertos hayan encontrado razones para complicar la nomenclatura. Los frutos además tardan de 6 a 8 meses desde la fecundación de la flor hasta la maduración completa que ocurre en el verano. Cuando el fruto está maduro, las

valvas se abren y las semillas caen espontáneamente o pueden ser liberadas por sacudimiento.

- **Semillas:** Se encuentran adheridas a la pared de la cápsula, por medio de la placenta. Son pequeñas, livianas y su forma varía desde la pirámide - triangular hasta la redondeada. (9)

1.1.7. Composición química

1.1.7.1. Composición química de las hojas

Bixaganeno, 7-bisulfato de apigenina, 7-bisulfato de luteolina, 8-bisulfato de hypolaetina. (58)

1.1.7.2. Composición química de la semilla

Cubierta Exterior	
Celulosa	40% - 45%
Humedad	20% - 25%
Pigmentos	4,0 % - 7.8 %
Azúcares	3,5% - 5,2%
Subtotal	68%

Cutícula	
Celulosa y taninos	1,0% - 1,65% de reserva
Aceite esencial	0,05%
subtotal	22%

Semilla Interior	
Piel	1,8%
Aceites esenciales	0,1% -1,1%
Sustancia cerosa	3%
Alcaloides	Trazas.
subtotal	10%

Fuente: Organización de Investigación Industrial de Africa del Este, citado por Dendy (1966).

Tabla 1: Composición porcentual de las semillas de Achiote

Pigmentos carotenoides

Bixina : Es el producto, obtenido aparte de la remoción con solvente orgánico del colorante de la semilla del achiote y posterior secado. Se presenta en forma de cristales romboédricos de color rojo oscuro. Es el principal pigmento del achiote, siendo su fórmula empírica $C_{25}H_{30}O_4$, y su nombre químico metil hidrógeno 9-CIS 6,6'-diapocaroteno – dioate, su peso molecular es 394,50. Puede presentarse como α -bixina (cis-labil) de color naranja , su punto de fusión es de $189,5^\circ - 190,5^\circ C$, es soluble en aceites y grasa y posee un matiz amarillo.

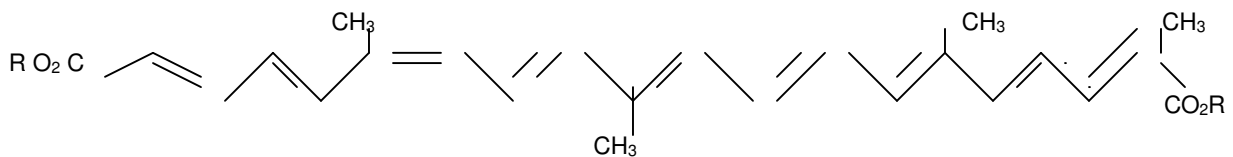


Figura 3: Fórmula estructural de la Bixina

Norbixina : Es el producto obtenido por saponificación del grupo éster de la bixina, con una sal potásica o sódica y posterior secado, lo que viene a ser un derivado dicarboxílico del mismo carotenoide. La forma estable es la β -norbixina (TRANS) y su peso molecular es 380.48. (44)

Otros: orellina, betacaroteno, criptoxantina, metilbixina, zeaxantina, luteina, mono y sesquiterpenos.

1.1.8.Farmacología

Los estudios farmacológicos son relativamente escasos ya que los colorantes utilizados en la industria alimenticia, son claramente inertes biológicamente, no tienen olor ni sabor y se utilizan en una proporción tan pequeña que su acción farmacológica es deleznable. Sin embargo su uso en la medicina tradicional de diversos grupos humanos ha atraído alguna atención hacia estudios de laboratorio.(39)

George y colaboradores encontraron que los extractos alcohólicos del fruto son activos contra el *Staphilococcus aureus* y contra la *Escherichia coli*, esta acción no ha sido comprobada en las hojas por Patnaik y su grupo (19).

Este último grupo probó también la posible acción hipoglicemiante de las hojas y tallos encontrando que no tenía ningún efecto, pero Morrison y West encontraron que las semillas sí lo tienen por vía oral.(19)

Nuevamente Patnaik y colaboradores no encontraron actividad antiespasmódica en las partes aéreas de la planta, Dunham y Allard demostraron que en la raíz hay sustancias que relajan el músculo liso del intestino del cuy y disminuye la secreción gástrica de la rata. (19). Así mismo se demostró que extractos acuosos la raíz posee actividad hipotensora en ratas y ratones y musculo-relajante en cerdos. (45).

1.1.9.Toxicología

La comisión del Codex de la FAO (1974) , indica que para los extractos de achiote la Ingestión Diaria Admisible (IDA), es de 0,01 – 1,25 mg por Kg de peso corporal, expresado en Bixina. (10). Así mismo los estudios realizados hasta el momento no

han reportado toxicidad en las dosis utilizadas en el uso popular para consumo humano tanto de semillas como del resto de la planta.

1.1.10. Usos medicinales sugeridos del achiote (planta)

Hipertensión, inflamaciones del tracto urinario, insuficiencia renal, hipercolesterolemia, cistitis y obesidad.,amigdalitis, antioxidante, asma, cardiotónico, cicatrizante, depurativo, digestivo, diurético, expectorante, febrífugo, hepatoprotector, inflamaciones e infecciones dérmicas y vaginales, tratamiento complementario de la lepra y malaria.(39)

1.1.11.Usos del achiote (semilla)

En la Industria de Alimentos: Como condimento en embutidos, como colorante en solución en aceite utilizado para colorear mantequilla, margarina, helados.

Su solución en agua ligeramente alcalina para colorear quesos. También se utiliza para colorear galletas, tortas, panetones, artículos de confitería. En la alimentación de aves de corral, se ha encontrado que el residuo que queda después del proceso de preparación del “achiote”, es una buena fuente de vitamina A. Se tienen experiencias en el sentido de que agregando un 3% de harina de achiote a la ración alimentaria de las gallinas ponedoras, aumenta el contenido de carotina de los huevos y por lo tanto mejora el color de las yemas. En raciones para pollitos, puede reemplazar del 30 al 50% del maíz. (8)

En la Industria Cosmética:En la fabricación de lápices labiales, bronceadores, polvos faciales, sombras para ojos, vaselina para el cabello, esmalte para uñas, otros.(39)

En la Industria farmacéutica: Como colorante de jarabes.

En General: En cerámica, textilería, ceras para pisos, betunes para calzado.

Se ha experimentado para teñir tejido adiposo. Los pigmentos puros de Annato poseen colores potentes altamente tintoriales. Para muchas aplicaciones 100 ppm del pigmento puro se requieren para obtener el matiz o intensidad deseados. Los productos muy altamente coloreados requerirán más, pero en la mayoría de los casos menos de 100 ppm. Debe señalarse que los preparados y extractos de annato contienen entre 0,5% y 15% del pigmento puro de Annato . En la industria se emplea para colorear las telas de amarillo, anaranjado o rojo intenso, para modificar o avivar ciertos tintes y para dar color a los barnices, aceites y grasas animales. (63)

El pigmento del Achiote

ACHIOTE O ANNATTO Color Index 75120 BPM. (44)

La materia colorante, denominada comercialmente “Annato” contiene dos materias colorantes: una amarilla, la orellina y otra roja cinabrio, la bixina. La primera se disuelve en agua, la segunda es insoluble en agua y soluble en las grasas, ceras y resinas, y se encuentra en mayor proporción. (41)

El pigmento del achiote tiene las siguientes formas de presentación comercial: - semillas-polvo de semillas-polvo de bixina y soluciones con base de agua o aceite.

Para propósitos prácticos, la química del Annato es idéntica a la química de su principal componente, la bixina. La bixina es el monometil éster del ácido dicarboxílico norbixina.

Otros colorantes

Se han reportado otros pigmentos contenidos en la semilla del achiote diferentes a los carotenoides. Diemair en 1953 elaboró una saponificación previa para eliminar

impurezas, y separó una serie de compuestos sin llegar a identificarlos; tomó sus absorciones en el visible, cuyos datos aparecen a continuación:

Pigmento naranja	Con absorción	454 nm.
“ rosa-naranja	“ “	457-453-486 nm.
“ rosa-rojo	“ “	452-471-472 nm.
“ naranja	“ “	451 nm.
“ café-naranja	“ “	420-444 nm.
“ amarillo brillante	“ “	375-440-425 nm.

Algunos compuestos carotenoides en la semilla del achiote son: Los fitosteroles; alcaloides, saponinas, taninos. En las hojas se han encontrado flavonoides del tipo 6-8 hidroxiflavonas, 6-8 hidroxiflavonolas, 8 hidroxiluteolinas, apigeninas y luteolinas.
(32)

2.ANALISIS DE MERCADO

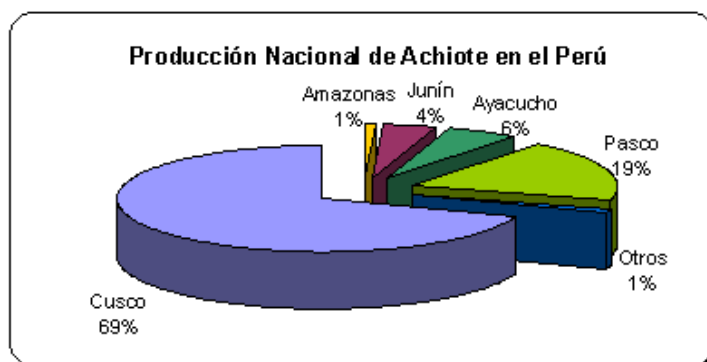
Comportamiento del mercado de Achiote en el mundo

De acuerdo con la Asociación de Colorantes Naturales para Alimentos, el mercado mundial de estos productos se ha expandido en 10% anualmente. En 1985 el consumo total de colorantes incluyendo pigmentos naturales y sintéticos estuvo entre 150 y 200 millones de dólares. (45)

Se encontró que los Estados Unidos importa grandes cantidades de este producto con una inversión de \$200 millones de dólares al año aproximadamente, con un crecimiento de un 10%. Así también el mercado Europeo principalmente Inglaterra, Alemania, Francia, Holanda, Italia y España, también Japón, Países Bajos, y Canadá, en donde el uso creciente de colorantes naturales es debido a la toxicidad de algunos colorantes sintéticos.

Países como Perú, México y Brasil conscientes de la demanda mundial de colorantes naturales han intensificado su producción y en este momento son grandes exportadores; por lo cual existen datos detallados de su producción, en el grafico N° 1 se muestra la producción de achiote en algunas regiones de Perú que en orden importancia son: Cusco 69%, Pasco 19%, Ayacucho 6% y Junín con 4% de la producción total.

A continuación se cita un gráfico de la producción de achiote en el Perú como un ejemplo, debido a que en Colombia no hay estadísticas de cultivos de achiote a lo largo y ancho del territorio nacional, se encuentran datos, pero de muy pocos departamentos. Perú es un país que está aprovechando muy bien el recurso del achiote y es proveedor de colorante y de achiote a gran escala.



Nota: **Otros** departamentos comprenden: Puno 0.4%, Chota 0.4%, Huánuco 0.3%, Madre de Dios 0.2%.
Fuente: Boletín Mensual, Ministerio de Agricultura.
Elaboración: A.B.P risma

Figura 4 : Producción de Achiote en Algunas Regiones de Perú

En el año 2002, la exportación de colorantes en Perú aportó al país en divisas la suma de US\$ 62.5 millones, la contribución de la exportación de achiote y sus extractos fue del 10% donde el achiote y sus extractos presentaban los siguientes precios: 1 Kg. de semilla de achiote se cotizaba a US\$0.65/Kg; sus extractos bixina (US\$110/Kg) y norbixina (US\$ 54/Kg).

En las siguientes tablas se presenta un listado de precios de achiote y bixina en Perú:

COTIZACION INTERNACIONAL DE SEMILLA DE ACHIOTE PRECIO FOB *(US dólares por kilogramo)				
Año	PERU	KENIA	COSTA DE MARFIL	GUATEMALA
1998	1,40	1,30	1,60	1,60
1999	1,50	1,40	1,30	1,30
2000	1,70	1,60	1,30	1,30
2001	1,90	1,75	1,30	1,40
2002 ¹	2.05	1.92	1.4	1,40

Tabla 2. Cotización Internacional de semilla de Achiote

En general, el precio de la bixina comparado con el de la semilla de achiote es bastante elevado lo cual crea un gran interés en la extracción de este valioso colorante, en la industria. Como se comprueba en la tabla 2:

COTIZACION INTERNACIONAL DE BIXINA/NORBIXINA			
PRECIO FOB* (US dólares por kilogramo)			
MES	BIXINA CRISTAL 95%	NORBIXINA 60%	ACHIOTE EN POLVO 70%
1998	295,00	50,00	205,00
1999	305,00	51,00	215,00
2000	310,00	51,00	225,00
2001	340,00	48,00	230,50
2002 ¹	355,00	51,00	240,00

Fuente: Ministerio de Agricultura del Perú. Oficina de Información Agraria. Informe Semanal Cotizaciones Internacionales.

Tabla 3. Cotización Internacional de Bixina/Norbixina

Comportamiento del mercado de Achiote en Colombia

2.1.1. Producción y ventas

A pesar de que el cultivo del achiote se ha considerado promisorio para el país, la producción actual es a pequeña escala, siendo la industria de condimentos la mayor consumidora, para lo cual, se muele sin tener en cuenta que la semilla contiene un alcaloide venenoso, el cual, atenta contra la salud de los consumidores. Además, la mayoría de los fabricantes de condimentos, mezclan el achiote molido con colorantes artificiales, haciéndolo aún más peligroso para la salud pública. (16)

¹ ***FOB** es una función de los tributos aplicables (derechos y tasas a la exportación); El régimen de promoción de exportaciones (draw-back, reintegros, etc.); Las prohibiciones y/u otras restricciones (cupos, intervenciones y controles previos a la exportación, etc.) Ubicada la posición arancelaria, establecida la unidad de cotización y verificada la situación tributaria, promocional y la existencia de eventuales restricciones a la exportación, se procede a determinar el precio; Se tiene la fórmula del precio en condiciones FOB de acuerdo a todos los conceptos de costos que registra el exportador. $FOB = TD / (1 + R - Gs - U)$ Donde **TD**: Total de Desembolsos. **R**: Reintegros que se utiliza como porcentaje del precio FOB para disminuir el precio. **Gs**: Gastos de Exportación cuya base de cálculo sea el FOB (ej. Honorarios del Despachante de Aduana, comisiones por gestiones y/o intermediarios) **U**: es la Utilidad como un porcentaje del FOB.

Colombia tiene ventajas comparativas para implementar el cultivo del achiote, ya que, éste se desarrolla en zonas del trópico húmedo, en terrenos considerados como marginales. Por lo tanto estos cultivos no competirían con los cultivos tradicionales del país (38).

Se reporta un rango de producción entre 4.5 y 5 Kg. de semilla por árbol-año, en promedio para la recolección. De acuerdo al número de árboles por hectárea y otros factores de producción, se puede esperar unos 2000 Kg. de semilla por hectárea. (63)

No existe una estadística clara sobre cultivos de achiote en Colombia, pero actualmente el gobierno y ONG's están gestando planes para erradicar cultivos ilícitos y reemplazarlos por Productos Naturales No Maderables promisorios como el achiote, el cual prospera en climas de tipo cálido-húmedos, semicálidos y en regiones entre el nivel del mar y 800 m de altitud, con temperaturas medias entre 20 y 30 °C con un máximo de 3 meses de época seca, por eso, departamentos como el Amazonas, Arauca y la Zona Cafetera son propicios para este cultivo y de hecho en estas regiones ya los cultivadores se han acogido a esta opción, ya que el gobierno otorgó incentivos económicos. El problema que se maneja en este momento, es que hay cosecha del cultivo, pero el gobierno no desarrolló el plan respectivo de comercialización y no da apoyo a las ONG's², gestoras de éste, lo cual empeoró la situación económica de los cultivadores quienes hicieron sus siembras esperando una compra segura de la semilla.

En estos momentos solo se tiene estadística aproximada de las siguientes regiones:

Departamento	Hectáreas cultivadas
Arauca	4000
Amazonas	3500
Casanare	1500

Tabla 4. Estadísticas aproximadas de cultivo de achiote en Colombia

²Artículo Revista Semillas, Fundación Swissaid. Pagina 45-52, Bogotá 2.001

En el país en este momento no existe una planta extractora de bixina, En las regiones donde existe la cosecha, ésta se desecha, es vendida a las empresas de condimentos ó se le hace un tratamiento artesanal para extraer el colorante y usarlo con fines artesanales.

2.1.2.Importación

En Colombia la bixina es importada de acuerdo a la Ley 661 de 2001 (julio 30) por medio de la cual se aprueba el Acuerdo de Alcance Parcial de Complementación Económica entre los Gobiernos de las Repúblicas de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela, países miembros de la Comunidad Andina, y el Gobierno de la República Federativa del Brasil, suscrito en Montevideo el 12 de agosto de 1999. El mercado que abarca la bixina en polvo está representado por industrias del ramo alimenticio, cosméticos, textiles y medicinales.

Según la empresa avícola, Distraves, la bixina no se importa, pues es costosa (370 US/ Kg aproximadamente), en su lugar se importa Carophyll rojo y amarillo, que a pesar que son sintéticas su precio es mas accesible (180 US / Kg).

Si las avícolas cambiaran los colorantes sintéticos por la bixina, la cantidad que deberían utilizar sería mucho menor teniendo en cuenta que el poder pigmentante de la bixina es siete veces mayor al de los colorantes sintéticos.

2.1.3.Exportación

En el momento no existen estadísticas de exportación alguna de achiote y menos de bixina, sin embargo, el país tiene todas las posibilidades de exportar a mediano plazo, al contar con un clima y unas tierras favorables para el cultivo y el material intelectual que podría llevar a cabo la extracción de este valioso colorante y venderlo al mercado mundial que sería el comprador del producto.

Mercado del colorante de achiote

El mercado del colorante, se llevaría a cabo, teniendo en cuenta las siguientes propiedades: polvo fino, soluble en aceite (70%) y agua (30%), extracto seco con 20% de bixina, imparte coloración naranja-rojiza, aplicaciones: para ser usado en alimentos ricos en grasa y poca humedad, recuento microbiológico: nulo, poder tintóreo, siete veces mayor al de un colorante sintético, toxicidad: nula, aprobado para el consumo humano por la OMS.

2.1.4. Análisis de mercado internacional

Es importado por el Reino Unido , Los Estados Unidos, Alemania, Francia, Dinamarca y otros países Europeos, proveniente principalmente de: Perú, Brasil, Países del Caribe, India y Kenia.

2.1.5. Análisis del mercado regional

A nivel nacional es empleado principalmente como condimento, procesado en ciudades como Cali, Bogota y Barranquilla. La costa Atlántica es la principal zona productora y Barranquilla, la mayor ciudad consumidora .

Por la mínima explotación del cultivo, la dificultad a la hora para encontrar estadísticas de producción y mucho menos de procesamiento técnico o extracción; se decidió buscar un mercado potencial en la región, como lo es FENAVI; para lo cual se realizó un pequeño estudio cualitativo del poder pigmentante de la bixina en aves de corral, huevos y su influencia de crecimiento y color en el metabolismo de los animales, lo cual se muestra más adelante en este trabajo.

Con este estudio se dan bases para que la industria avícola del país cambie los colorantes sintéticos usados actualmente por uno natural como el pigmento de

achiote, que al tener un mayor poder pigmentante necesitaría menor cantidad en el alimento de las aves y concretamente saldría más económico y saludable que los pigmentos sintéticos.

2.1.5.1. Metodología de Análisis del mercado

Se realizó una serie de encuestas telefónicas al consumidor final, para tener un soporte de la aceptación de la carne de aves y del huevo con mejor pigmentación ante el consumidor potencial del producto que serían las avícolas del departamento, ya que Santander es el tercer productor de pollo y huevo en el país.

2.1.5.2. Análisis de las encuestas:

Se tomó como eje central, Santander, ya que ocupa el segundo lugar en producción de pollo y el tercero en producción de huevo en Colombia.

Según FENAVI, existen aproximadamente 67 empresas representativas en Santander de las cuales 40 se dedican a la producción de huevo, 9 a la producción de pollo, 7 a la producción de huevo en incubadora, 7 incubadoras o generadoras de pollito de un día, 4 procesados de carne de pollo y mortadela .

De las más importantes se encuestaron las siguientes:

Incubadora de Santander

Avidesa Mac Pollo

Distraves

Pimpollo

Avícola el Guamito

Avícola Venecia

AVISIN

Preliminarmente se hizo la encuesta telefónica al consumidor final, con estos resultados se visitaron las empresas, y los resultados fueron los siguientes:

2.1.5.2.1. Análisis de las encuestas al consumidor final.

Se presenta un análisis gráfico para destacar la necesidad actual de satisfacer al consumidor final respecto al gusto masivo de consumir productos campesinos, con una excelente calidad, y se ve reflejado en el hecho que el consumidor final está dispuesto a pagar un poco más por un producto que cumpla con sus expectativas.

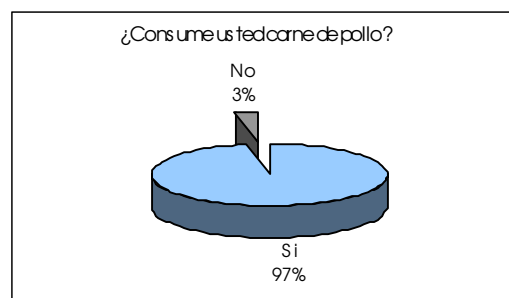
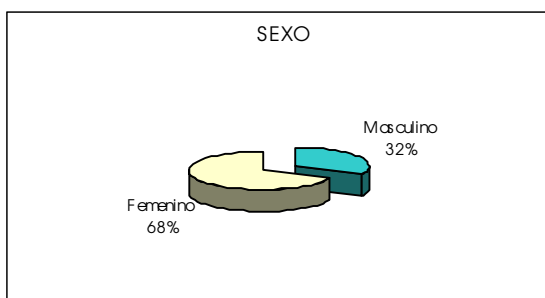
Se tomó una muestra de personas de ambos sexos pero especialmente de mujeres amas de casa, pues ellas en la mayoría de casos son quienes deciden en el momento de elegir qué consumir en su familia.

Sobre el consumo de carne de pollo, se ve que la acogida del producto es elevada y que los que respondieron no, se fundamentan en principios teológicos y familiares.

También se puede destacar que la gente no está totalmente conforme con el pollo y el huevo que consume actualmente, compran la mayoría en supermercados por higiene y por marcas, pero les gustaría saber que el producto que compran es menos procesado y similar al pollo campesino.

Respecto a la pregunta si estaría dispuesto a pagar un poco mas por el pollo campesino, la respuesta positiva fue masiva luego es un punto de partida para toma decisiones económicas.

2.1.5.2.2. Análisis grafico de la encuesta al consumidor final



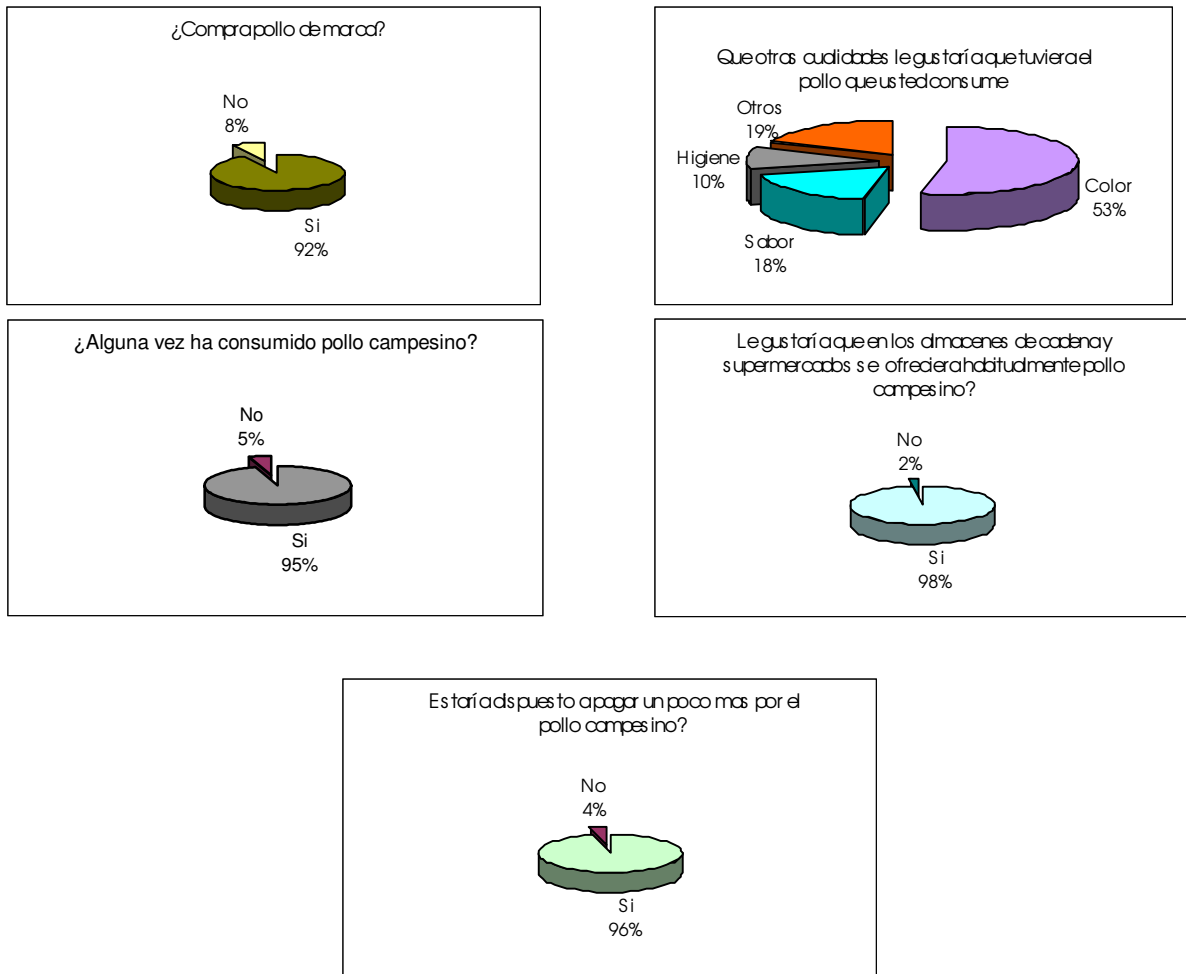


Figura 5 Gráfico de las preguntas hechas en la encuesta al consumidor final

2.1.5.2.3. Análisis de las encuestas a las avícolas

La visita fue personalizada, a pesar de esto las empresas son muy reservadas para el suministro de información, por ejemplo, sobre la cantidad de pigmento que le adicionan al alimento de las aves y sobre los precios de los mismos, pero se mostró una aceptación del producto por su economía, ventajas fisicoquímicas respecto a el producto utilizado y como una alternativa para quienes no utilizan pigmentos.

Respecto a los factores en orden de prioridad se considera entre los más importantes la economía y la nutrición. Sobre el consumo mensual del producto que utilizan para la fabricación del concentrado ninguna empresa suministró información al respecto, de la misma forma sobre el precio del mismo.

Al terminar la entrevista todas las empresas encuestadas se sintieron atraídas por el colorante de achiote como una excelente alternativa para la buena alimentación de sus animales.

2.1.5.2.4. Análisis gráfico de la encuesta a las empresas

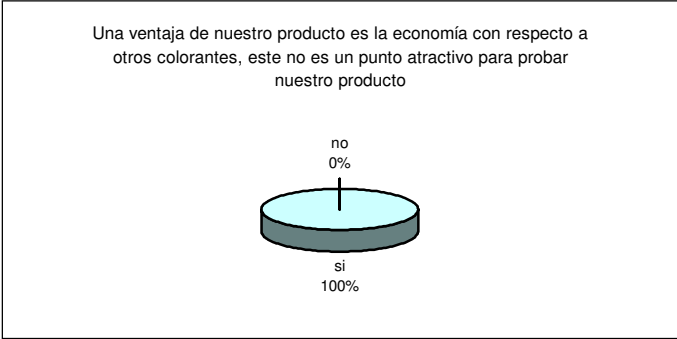
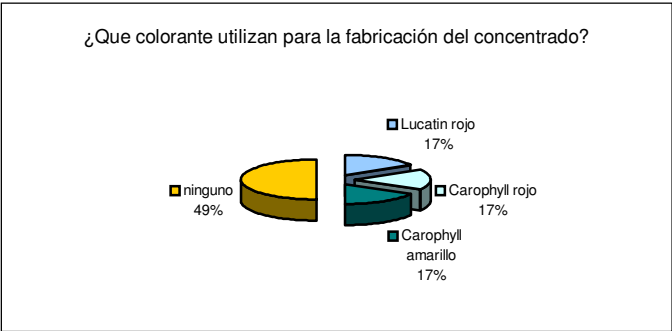
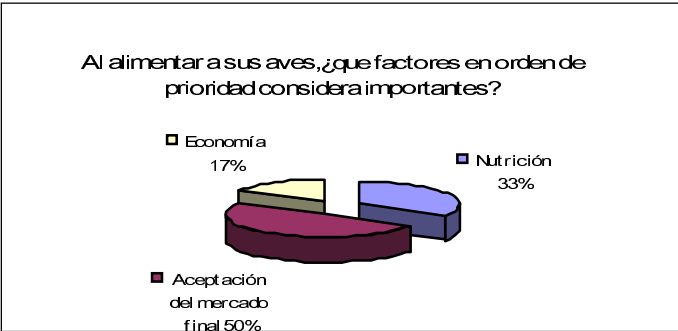


Figura 6 Gráfico de las preguntas hechas en la encuesta a las empresas

3.ANÁLISIS TÉCNICO

Generalidades técnicas del achiote

El contenido de pigmento total de las semillas, motivo de su precio, puede variar dependiendo de factores como: el origen, la temperatura de secado y el tiempo transcurrido entre la recolección y la extracción del colorante.

3.1.1-En cuanto al origen: el contenido de colorante depende de la variedad de achiote y muy posiblemente del tipo de suelo donde se desarrolle.

3.1.2-La temperatura de secado: la bixina es muy termolábil, degradándose a temperaturas mayores a 78 C.

3.1.3-Tiempo: el colorante palidece rápidamente cuando se expone a la luz solar o al aire, debido a la fácil oxidación en presencia de aire y la degradación en presencia de rayos ultravioleta.

3.1.4-Extracción del colorante: las condiciones de extracción o procesamiento, deben ser controladas para evitar, la acción de alguna de las condiciones anteriores o la acción de un medio sobre el colorante, disminuyéndolo.

Esta variación es debida a que los pigmentos presentes en el achiote son inestables en presencia de la luz solar, del aire y de la temperatura, pero presentan una relativa estabilidad en los medios alcalinos y ácidos(22). Por estas razones el proceso de extracción de la materia colorante requiere de una adaptación a las características de los pigmentos, teniendo en cuenta la parte económica.

Estado del arte de las técnicas actuales

Anteriormente la bixina no ha sido objeto de estudios específicos y sólo recientemente algunas instituciones dedicadas a la investigación científica comenzaron a analizar aspectos ecológicos, condiciones de cultivo y de utilización industrial.

Colombia es un país que cuenta con las condiciones climatológicas y suelos apropiados para el cultivo de la planta de achiote. Sin embargo, a pesar de su factibilidad de desarrollo, a este cultivo no se le había dado importancia en el aspecto agroindustrial, lo cual no ha propiciado rendimiento, tanto en el cultivo como en la extracción del colorante.

Debido a las desventajas presentadas por los colorantes sintéticos, los industriales de otros países han vuelto los ojos nuevamente hacia los colorantes naturales, dentro de los cuales la bixina, extraída del achiote, tiene un gran potencial y Colombia tiene los medios por los cuales puede aprovecharlo.

La extracción del colorante es todavía artesanal en la mayoría de los casos, a nivel industrial, la extracción se realiza por métodos químicos (soda o solventes orgánicos o por aceites vegetales). La bixina es soluble en alcohol, éter y cloroformo, aceites y grasas; es poco soluble en agua por lo cual, su aprovechamiento es mínimo.

A continuación se enuncian algunas de las técnicas usadas anteriormente para la extracción del colorante de achiote y que sirvieron de guía en este trabajo:

3.1.1.Extracción con agua

La técnica más antigua es ésta; fue utilizada por los indígenas prehispánicos, quienes extraían el colorante con agua, y la masa resultante la mezclaban con grasas animales y aceites vegetales. Fundamentalmente la técnica consiste en macerar la semilla seca con agua fría, dejarla reposar por uno o dos días, dando como resultado una solución coloreada, la cual posteriormente se filtra y concentra, el producto final es una masa pastosa.

Existen algunas variaciones sobre esta técnica, usando agua caliente, con agitación constante, filtrando o decantando, centrifugando, y secando a temperatura ambiente, y si se desea un polvo fino, moler la pasta y homogenizarla a través de tamices finos. Tamadasa en 1975 propuso la extracción con agua a 60 C y a un pH mayor de 7.5, seguido de un tratamiento con agua fría, a un pH menor de 4.0; así el pigmento hidrosoluble se obtiene por suspensión, ajustando el pH a 3.8 filtrando y secando al vacío a 60 C. (32)

3.1.2.Extracción con cloroformo

Herzig en 1915, mezcló cloroformo con acetato de metilo en la extracción; mientras que Van Diuren en 1939 utilizó el cloroformo como base, para lograr en ambos casos mayor rendimiento. También usó cloroformo puro para extraer la mayoría de los pigmentos existentes en el achiote y a la temperatura ambiente. (32)

Mc. Keown en 1961 extrajo la materia colorante con el solvente puro, mediante agitación, evaporación del solvente, obteniendo una pasta amorfa coloreada. Monge en 1967 elaboró 13 extracciones variando solventes y temperaturas; encontró que el mejor método para obtener un buen rendimiento de materia colorante es por medio de percolación con cloroformo en una columna calentada a 40 C. Dicho ensayo fue hecho sobre semilla fresca y semilla seca, obteniéndose un rendimiento cuatro veces mayor en semilla seca que en semilla fresca. (32)

3.1.3.Extracción con etanol.

Se han realizado extracciones con alcoholes utilizando especialmente etanol y/o metanol los cuales fundamentalmente extraen los pigmentos de carácter más polar y entre ellos la bixina. (45)

Cook en 1932 extrajo con etanol al 80% un material resinoso, fuertemente coloreado que no pudo identificar y lo calificó como parte integrante de la vitamina A.(47)

Roricz en 1958 varió la extracción agregando volúmenes conocidos de cloroformo al etanol. Luego trató la solución con éter de petróleo, obteniendo cristales de cis y trans bixina. (42)

En 1963 la Federal Food Drug and Cosmetic aprobó la utilización del extracto etanólico recristalizado en acetona, como colorante para alimentos. (32)

3.1.4.Extracción con éter de petróleo.

Este solvente es especialmente utilizado para extraer de las plantas los compuestos carotenoides. Santamaría en 1965 y Ciscar en el mismo año, recomiendan una extracción rápida a 60 C con éter de petróleo y evaporación a 45 C en baño maría, para obtener la pasta, pudiéndose separar a continuación algunos pigmentos por cromatografía en capa fina o de columna. (32)

3.1.5.Extracción con NaOH o KOH.

Koolhlass en 1935 extrae los pigmentos con KOH al 2%; posteriormente precipita algunos pigmentos (bixina y otros isómeros) con ácido acético. Purifica el pigmento con etanol caliente y recobra la materia colorante por evaporación.

Vera y Ruiz en 1971 efectúan la extracción de los pigmentos bixina y norbixina con NaOH 0.1 N usando agitación magnética durante una hora y a temperatura de 20 C. Separan los pigmentos por cromatografía de columna de Sephandex eluyendo con NaOH 0.1 N. En la primera fracción de la columna realizan una extracción con cloroformo solamente, y en la tercera extracción aumentan la temperatura a 70 C por una hora y después de enfriar precipitan el pigmento con HCl 5 N. Esta técnica presenta un inconveniente y es la destrucción de otros pigmentos, ya que se hace

necesario elevar la temperatura, para obtener un buen rendimiento en la saponificación. (32)

3.1.6.Extracción con Carbonato de Sodio.

Lashamansa T., en 1927, macera las semillas con Na_2CO_3 al 1%, filtra y neutraliza con HCl diluido. También se ha utilizado K_2CO_3 , Bórax o NH_4OH que sirven para remplazar el carbonato de sodio. (45)

3.1.7.Otras técnicas de extracción.

La obtención de la pasta de achiote se ha efectuado con otros solventes. Matsumoto en 1961 y Mc Keown en 1962 utilizan piridina para la extracción total del pigmento y recristalización en etanol al 70%.

Hart en 1964 extrae de la misma forma pero recristaliza en acetona o cloroformo.

Imgram en 1969 utiliza aceite vegetal como agente de extracción.

Existen otras técnicas para la obtención de pasta con propilenglicol en medio básico, acetona, benceno y recristalización con acetato de etilo, etanol o acetato de metilo. Actualmente se valora con colorimetría la cantidad de pigmentos presentes en las semillas con base en bixina, extrayendo con tetrahidrofurano y diluyendo con acetona fría. (32)

3.1.8.Separación de los Pigmentos presentes en la pasta de Achiote

3.1.8.1.Extracción con solventes.

Existen diferentes técnicas de separación de pigmentos, una de ellas consiste en la partición por medio de un sistema de solventes, de menor a mayor polaridad pero encontrándose en cada extracto un sinnúmero de compuestos que hace necesaria la posterior utilización de la cromatografía para obtener una buena separación.

3.1.8.2.Cromatografía.

Tswett en 1927 fue el primero que logró separar pigmentos en las plantas, mediante el uso de la cromatografía en papel, en capa fina, en columna, preparativa en columna, preparativa en capa gruesa y de gases.

3.1.8.3.Cromatografía en capa fina.

Peerborn en 1965, usa como adsorbente una mezcla de poliamida con nitrato de plata y sílica gel G. eluyendo con cloroformo-metanol-agua (6:3:1); obteniendo buenas separaciones de los pigmentos del achiote.

Denise en 1967 recomienda para cromatogramas bidimensionales el sistema de eluyentes; benceno-éter de petróleo-acetona (10:2.5:2) y benceno-éter de petróleo-acetona-metanol (10:2.5:1:0.25).

El Laboratorio Regional de Westein R. En 1967 sugiere el sistema siguiente de eluyentes: éter de petróleo-acetona-propanol (8:2:0.5) y benceno-isobutanol (100:2) para separación de xantofilas y otros carotenoides.

Lederel en 1968 recomienda activar las placas con cualquier tipo de adsorbentes a una temperatura de 100-140 C por un tiempo de 30 a 120 minutos. Para carotenoides aconseja el uso de $\text{Ca}(\text{OH})_2$ con sílica gel G, en proporción de 6 a 1 y como eluyentes hexano-dietil éter (3:7). (41)

3.1.9.Identificación de los pigmentos carotenoides

Generalmente se utilizan técnicas espectroscópicas de U.V.; Vis; RM1H; diversas técnicas de cromatografía, utilizando como reveladores SbCl_3 saturado en cloroformo; H_2SO_4 concentrado; tricloruro de hierro en metanol; vainillina. Para determinar carotenos; esteroides, terpenos, sesquiterpenos, flavonoides, etc. (32)

3.1.10.Extracción en laboratorio

3.1.10.1.Pruebas de laboratorio

Se miraron algunas propiedades al achiote como densidad absoluta, densidad aparente, humedad, diámetro de partícula y ángulo de reposo obteniendo los siguientes resultados:

Densidad Aparente	0.33 gr/ml
Densidad	0.625 gr/ml
Angulo de reposo	28°
Porcentaje de humedad	7.26%
Diámetro de partícula promedio	3.4mm

Tabla 5. Propiedades del achiote en el laboratorio

Se establecieron las principales variables del proceso de extracción del colorante contenido en las semillas del achiote como son: temperatura, concentración del disolvente, tipos de solventes a usar, tiempo de extracción, calidad de la semilla y todo lo que pudiera hacer un efecto en la extracción.

Se usó semilla de achiote bola verde procedente de Barranquilla.

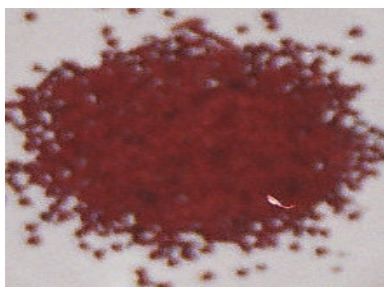


Figura 7. Semilla utilizada en el laboratorio.

Se realizó la misma experimentación para todos los solventes, proceso que se muestra en el diagrama de flujo 1 .

Extracción con solventes orgánicos:

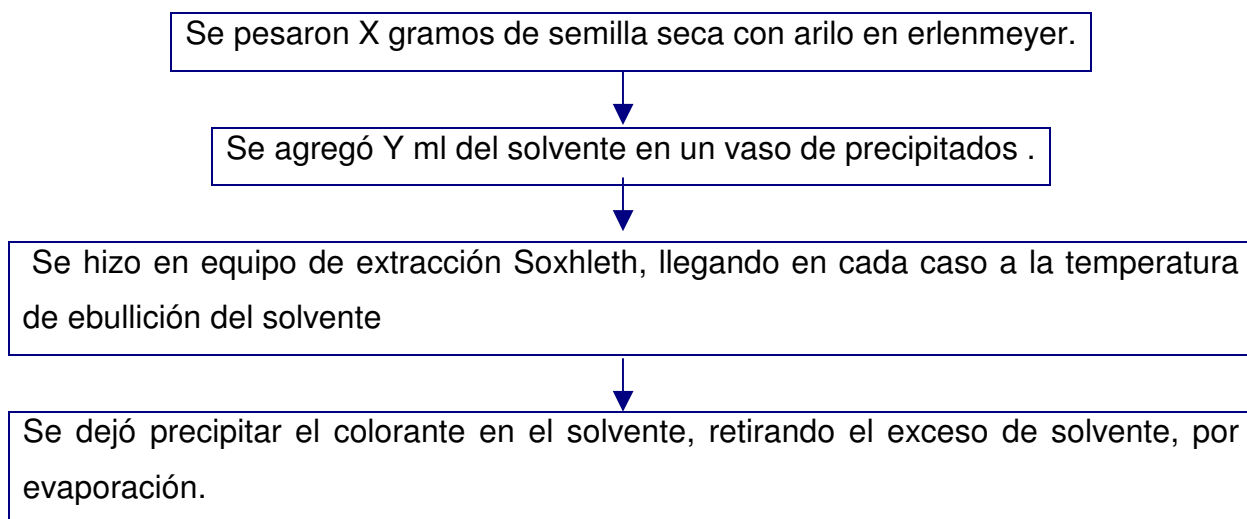
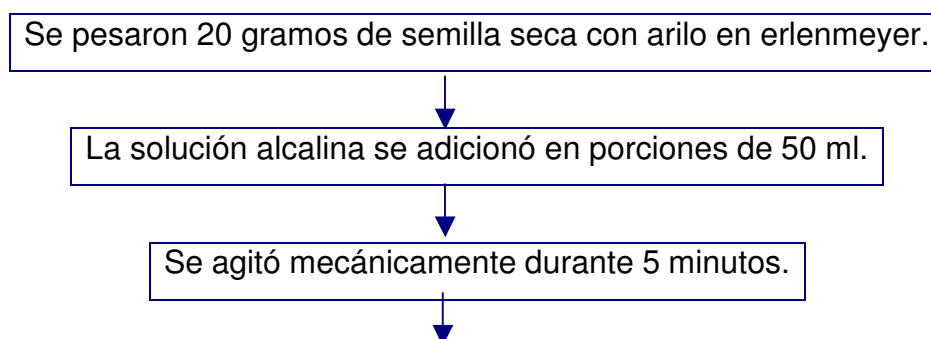


Figura 8. Diagrama de flujo del procedimiento utilizado en el laboratorio para los diferentes solventes orgánicos

Con solución alcalina de KOH y NaOH:

Se usó solución alcalina de KOH al 1%, llevando la solución a pH 13, en agua. Temperatura de 18 C, y siguiendo diagrama de flujo 2



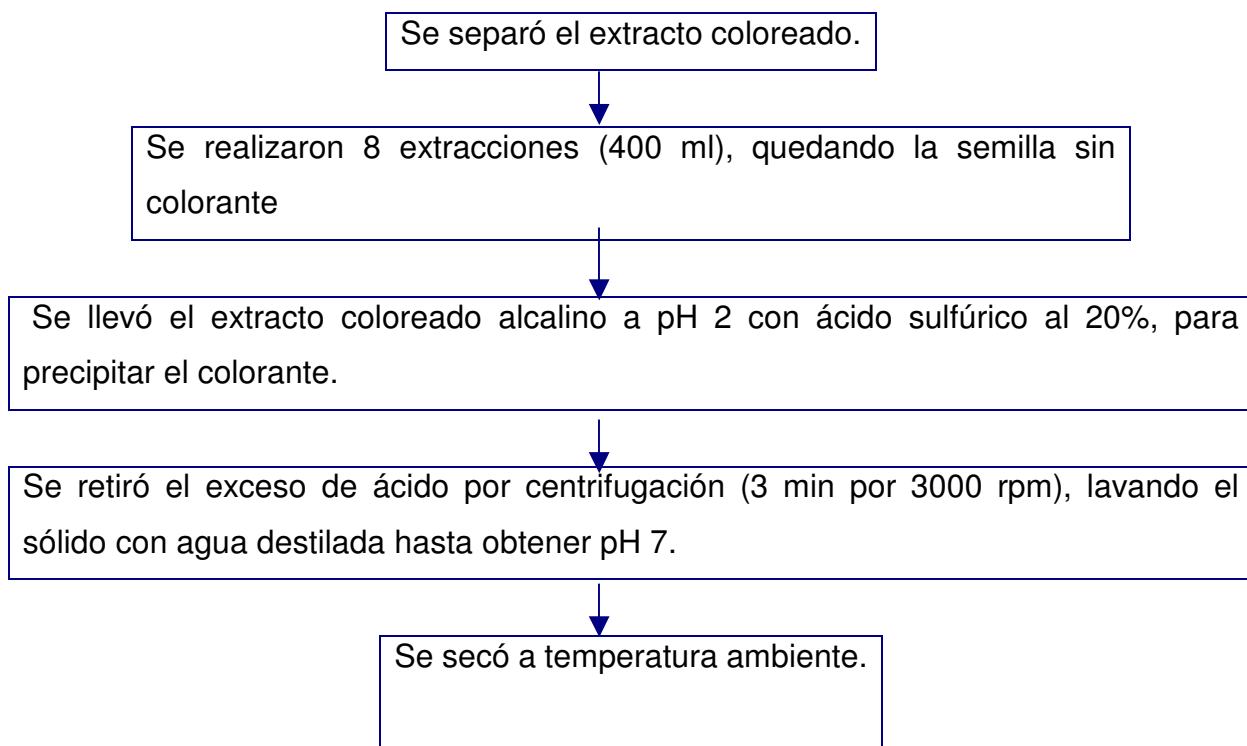


Figura 9. Diagrama de flujo del procedimiento utilizado en el laboratorio para la extracción con soluciones alcalinas

Se hicieron ensayos preliminares con diferentes solventes, entre ellos, éter etílico, etanol, cloroformo, agua e Hidróxido de potasio, de amonio y de sodio, encontrando para cada uno la temperatura y concentración óptima a nivel de laboratorio; observándose cuáles de ellos removían mayor cantidad de arilo de las semillas y obteniéndose extractos con pigmentos en cada uno de ellos, con colores entre rojos, naranjas y amarillos.

A continuación se muestran los resultados obtenidos con diferentes agentes extractores, las temperaturas no se enuncian pues con las soluciones alcalinas se hicieron las extracciones a temperatura ambiente y con los solventes orgánicos se hizo a la temperatura de ebullición de cada uno, ya que se utilizó equipo de extracción Soxhleh:

Tabla 6 Resultados de laboratorio con diferentes agentes extractores

Agente extractor	Cantidad de solvente agregado (ml)	Cantidad de semilla Agregada (gr)	Lavados	Cantidad de Materia Colorante extraida (gr)	Porcentaje de Extracción(%)	
Agua	800	10	8	0.012	1.2	
Etanol Comercial	300	20	6	1.3	6.5	
Hexano Comercial	600	20	6	1.22	6.1	
Aceite de Palmiste	800	20	8	0.84	4.2	
Hidroxido de potasio	0.5%	500	20	10	1.22	6.1
	1%	400	20	8	1.58	7.74
	1.5%	400	20	8	1.55	7.76
Hidroxido de sodio	0.5%	500	20	10	1.2	5.9
	1%	400	20	8	1.448	6.74
	1.5%	400	20	8	1.35	6.75
Amoniaco al 5%	800	20	8	0.68	3.4	

Se estableció que mejor que un aceite, los solventes orgánicos etanol y hexano son muy buenos extractores pues, presentan muy buen porcentaje de rendimiento. En el colorante extraído con hexano se observó que se precipitaba inmediatamente era dejado en reposo, por lo que se hace más fácil la purificación y hace al hexano, un

solvente atractivo para esta extracción ya que podría ser recirculado en una planta en continuo por medio de una etapa de destilación.

El etanol es una buena alternativa para el diseño de la planta desde el punto de vista de ofrecer un producto muy confiable para la salud.

La solución alcalina que mejor llevó a cabo la extracción, para igual número de lavados fue el hidróxido de potasio, aunque la diferencia no es tan considerable con el hidróxido de sodio, el cual es más económico. También se nota que la concentración ideal para llevar a cabo la extracción con soluciones alcalinas es 1% en ambos casos, ya que con concentraciones menores el rendimiento, aunque es bueno, mejora mucho con la concentración al 1% y para concentraciones mayores, la diferencia no es mucha, por lo que se estaría desperdiciando la base.

A continuación se muestran las curvas de extracción para las soluciones alcalinas, NaOH y KOH a diferentes concentraciones:

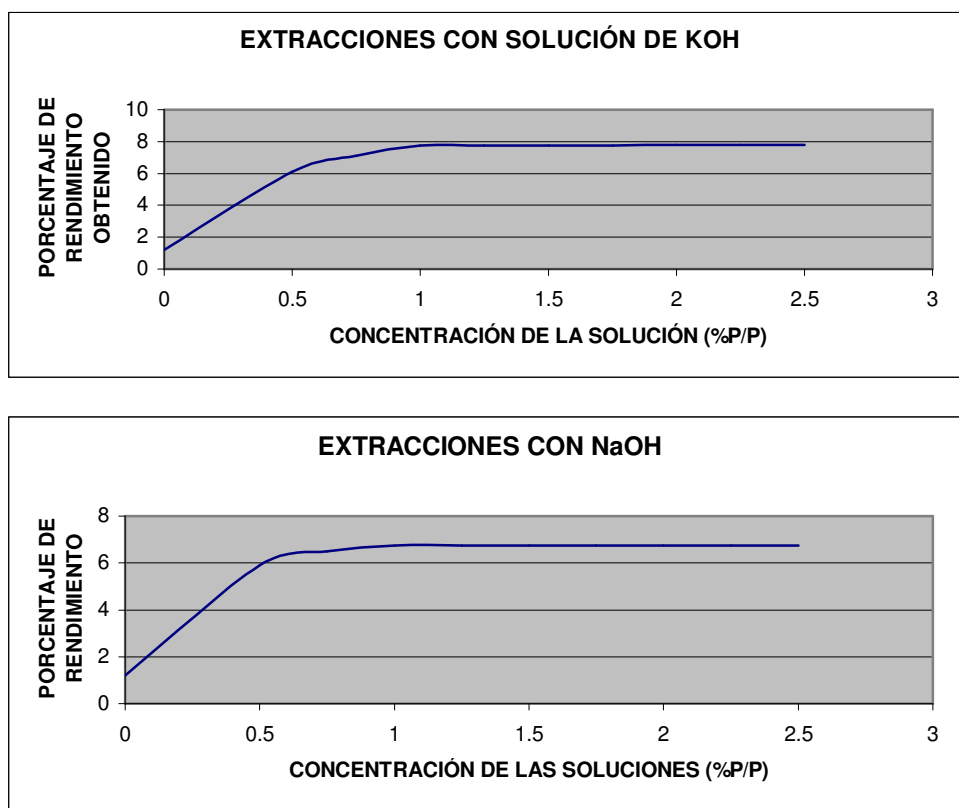


Figura 10. Porcentaje de extracción para soluciones alcalinas a diferentes concentraciones

En la experimentación hecha se observó que el refinado obtenido en la extracción con solventes orgánicos presentaba después de extraído el colorante, una coloración rojiza, mientras que el obtenido con soluciones orgánicas era de color marrón oscura, lo que deja ver que la extracción alcalina es más efectiva que la extracción con solventes orgánicos.

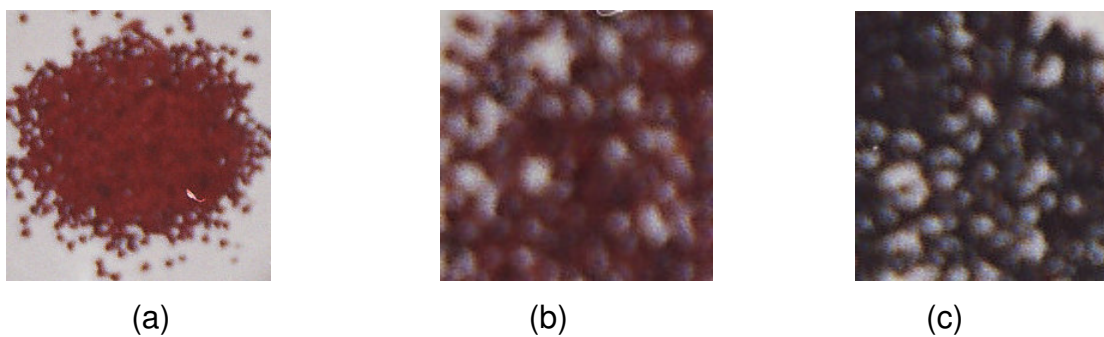


Figura 11. Color de las semillas antes y después de las extracciones

En la figura 11, se observa el color de las semillas, en la figura (a), sin extraer el arilo; en la figura (b), semilla después de la extracción con solventes orgánicos y en la figura (c), semilla después de la extracción con soluciones alcalinas.

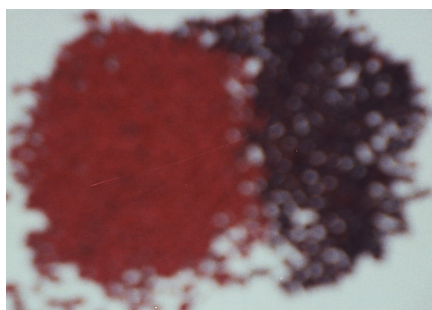


Figura 12. Diferencia de color entre las semillas antes y después de la extracción con soluciones alcalinas.

En la figura 12 se muestran dos extractos, el de la derecha es con solución alcalina de NaOH y el de la izquierda con hexano, el extracto alcalino se observa más oscuro que el orgánico, debido a que el colorante obtenido es un poco diferente en cada uno de los procesos, en el extracto alcalino hay presencia de norbixina, mientras que en el extracto orgánico, sólo hay presencia de bixina.

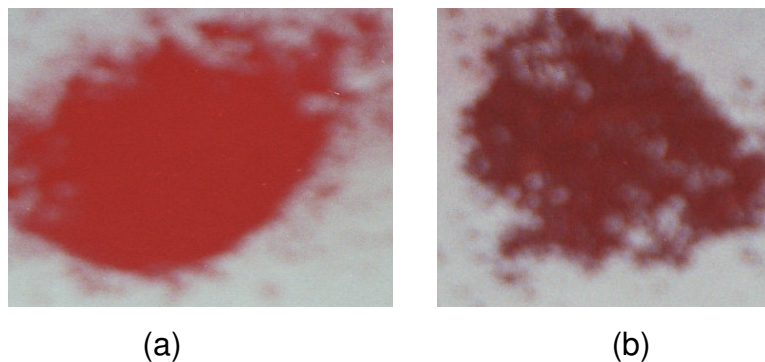


Figura 13. Colorante obtenido en el proceso alcalino y orgánico

En la figura 13 se observan dos fotos de colorante obtenido en el proceso alcalino y orgánico respectivamente. Siendo de un color más rojo el colorante (b) obtenido con solvente orgánico y un tono entre rojo y naranja el (a) obtenido con solución alcalina, debido a la presencia de norbixina, la cual es de un color amarillo.

La causa de que se presente este fenómeno es porque el metal alcalino contenido en la base, se adhiere a la molécula de bixina en sus dos extremos ocurriendo una reacción de sustitución a cambio de un átomo de hidrógeno.

El nombre químico de la cis bixina es 9-cis-6,6 Diapocarotene-6,6 dioic acid, mono methyl ester y el de la trans bixina es 9 trans 6,6 Diapocarotene-6,6 dioic acid, mono methyl ester y la fórmula química es $C_{25} H_{30} O_4$. La fórmula química de la norbixina es $C_{24} H_{28} Na_2 O_4$ ó $C_{24} H_{28} K_2 O_4$ dependiendo de la base con que se haya extraído.

A continuación se muestra la fórmula estructural de la bixina:

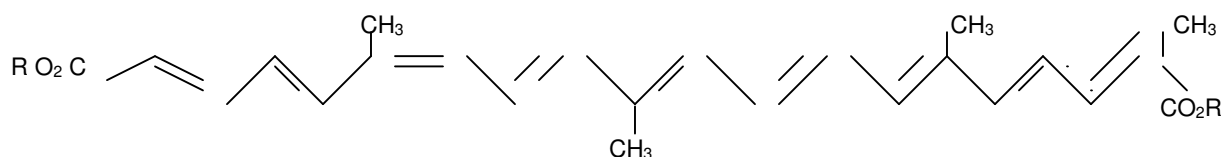


Figura 14. Formula estructural de la Bixina-Norbixina

En la formula estructural del compuesto químico se observa un átomo R que en la bixina corresponde a un átomo de Hidrógeno y en la norbixina a un átomo de Sodio o Potasio.

En la industria se ha utilizado el colorante del achiote como bixina o como norbixina para diferentes usos sin discriminar al uno o el otro, siendo usados para las mismas aplicaciones. La extracción con hexano se presentó muy atractiva para el objeto de este trabajo, ya que la planta se construiría en continuo con una etapa de destilación luego de la extracción, con recirculación del solvente, sin embargo en Colombia, las plantas extractoras de aceite de palmiste, que usan hexano, han tenido problemas en los últimos años, pues la venta del hexano por parte del proveedor y debido a las legislaciones drásticas en el uso de este tipo de solventes, ha sido muy restringida y ha obligado a estas empresas a parar sus actividades hasta 4 meses al año. Otra desventaja de la extracción con el hexano es que el proceso exige un control automático y un proceso de destilación, lo que encarece la construcción de la planta, a pesar que el solvente es recuperable y el producto es de gran calidad, por lo que requeriría un capital muy grande aparte de los problemas de abastecimiento del solvente.

Si se usara la extracción con etanol, presentaría el mismo problema del hexano en cuanto al costo del solvente, aunque proporcionaría un producto de mejor calidad y aceptación, sin embargo, cuando en Colombia se esté produciendo masivamente el etanol y el precio sea más razonable, esta sería una opción muy buena para la extracción de la bixina en un proceso continuo con recuperación de solvente.

Por estos motivos se dió la inclinación hacia el diseño de la planta con una extracción alcalina, que reduce los costos de construcción de la planta y a pesar de las legislaciones es más asequible, pues lo que se busca con este trabajo es lograr un diseño de una planta que se pueda llevar a una construcción real a largo plazo y no un diseño alternativo que no se pueda construir.

Teniendo en cuenta esta decisión, se hizo un análisis económico de la viabilidad de este proceso de extracción y de su comercialización.

3.1.10.2. Pruebas de Cromatografía

Se realizó cromatografía, de las materias colorantes obtenidas, con el objeto de observar el comportamiento de los pigmentos y su solubilidad, sin llegar a identificarlos.

Medio adsorbente: Sílica gel G.

Eluyentes utilizados: Cloroformo, acetona (98-2)

Cloroformo, acetona (99-1)

Se probó con colorante extraído con solución de NaOH y con colorante extraído con hexano, se usaron dos tipos de eluyentes con un poco de diferencia en su polaridad, para observar el comportamiento de los colorantes. Las placas cromatográficas que se usaron fueron cualitativas y dieron como resultado la separación de pigmentos contenidos en las dos muestras.

Los colorantes fueron disueltos en alcohol etílico analítico, antes de ser colocados en la placa, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

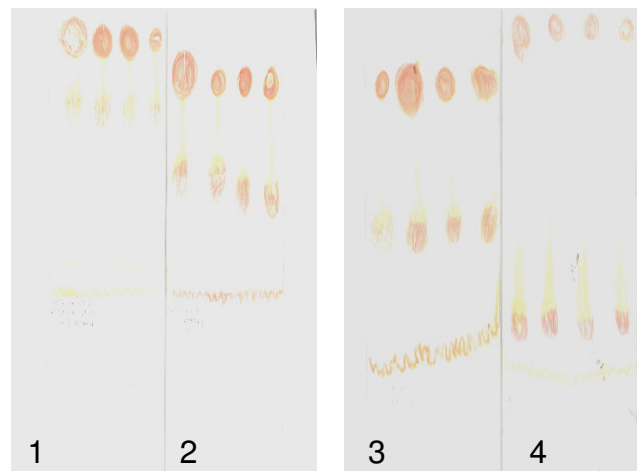


Figura 15. Placas cromatográficas con aplicaciones de colorante

En la figura 15 se observan cuatro placas cromatográficas, cada una con cuatro aplicaciones de colorante. Los pigmentos en los que se separaron los colorantes son amarillos naranjas y rojos visibles a la luz del día, sin embargo las placas fueron expuestas a vapores de ácido sulfúrico para observar posibles sustancias no existentes a simple vista y no se observó ninguna diferentes a las antes mencionadas.

La primera placa corresponde al colorante extraído con solución alcalina a menor polaridad, se pueden ver los pigmentos de la norbixina de color naranja en su mayoría, también otros amarillos y rojos en menor proporción.

La segunda placa contenía el colorante extraído con solvente orgánico a menor polaridad, en esta placa se hacen más evidentes los pigmentos rojos, correspondientes a la bixina y en menos cantidad pigmentos naranja y amarillo.

La tercer placa es del colorante del extracto alcalino a mayor polaridad, a pesar de la variación de la polaridad, se observan los mismos pigmentos anteriores aunque las manchas se desplazaron un poco más.

La cuarta placa es del colorante del extracto con hexano, a mayor polaridad, ocurre lo mismo que en la placa tres, a pesar del cambio de polaridad, los pigmentos son los mismos que en la placa a menor polaridad, pero las manchas tienen un mayor desplazamiento

3.2.10.3 Identificación de los pigmentos carotenoides con análisis espectroscópico visible

Generalmente se utilizan técnicas espectroscópicas de U.V.; Vis; RM1H; en este trabajo se utilizó un análisis espectroscópico en el rango visible, haciendo un barrido para las extracciones más importantes y comparando con la tabla de absorbancias para pigmentos según, Diemair se encontró:

Extracto en solución de:	Absorbancia máxima(nm)	Pigmento
Hexano	420.8	Café-naranja
NaOH	453.4	Naranja-Rosa
Etanol	483.5-455.8	Rosa naranja-rojo
KOH	481.2-452.6	Naranja-Rojo
NH ₄ OH	451	Naranja

Tabla 7 Tabla de absorbancias para los pigmentos del colorante obtenido en laboratorio

3.2.10.4 Evaluación de la aceptación de la bixina como agente pigmentador en las aves y en huevos (Bioensayo)

En las primeras extracciones hechas en laboratorio, conociendo las propiedades de la bixina y sus aplicaciones se decidió probar las cantidades de colorante extraído, en animales, para lo cual se consiguió un conejo, el cual fue alimentado con concentrado mezclado con colorante y se miraron los efectos producidos. Se pudo comprobar que este colorante no produce ninguna clase de intoxicación en animales y es benéfico en su alimentación, pues el conejo tuvo un crecimiento satisfactorio, en su etapa de alimentación, comparado con otro de su misma especie.

Conociendo inicialmente la inocuidad de la bixina en aves y huevos, se realizó en este trabajo, un bioensayo para corroborar los beneficios de la bixina en la alimentación de aves y en la pigmentación de los huevos. Para llevar a cabo este bioensayo, se alimentó a tres codornices, las cuales eran dos hembras y un macho; las hembras se separaron y alimentaron en forma independiente, con concentrado para aves sin carotenos, agregándole a una de las hembras, colorante de achiote en el alimento, durante su periodo de crecimiento.

El alimento para las codornices se preparó con concentrado para pollitos en su gran mayoría y maíz en menor proporción. A una de las codornices, se le preparó el alimento según lo encontrado en los textos bibliográficos, adicionando 1.5 gramos de colorante extraído del achiote por cada kilogramo de concentrado; este colorante debió ser previamente diluido en aceite para mezclarlo.

A la codorniz alimentada con bixina se le llamó codorniz de prueba y a la otra, codorniz de control.



a. Codorniz de prueba



b. Codorniz de control

Figura 16. Codorniz de prueba y codorniz de control.

Las codornices comenzaron a ser alimentadas de esta manera al mes de nacimiento y su peso varió de la siguiente manera:

Tiempo (semanas)	Peso Codorniz de prueba (gr)	Peso Codorniz de control (gr)
0	80	81
1	85	86
2	92	91
3	98	95
4	105	98
5	110	102
6	112	105
7	115	105

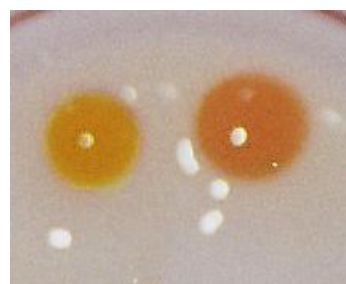
Tabla 8. Variación de peso entre la codorniz de prueba y la de control

Demostrándose los efectos benéficos de la bixina en la alimentación de aves como ya se había señalado anteriormente, aunque la prueba no se había llevado a cabo en codornices sino en pollos y gallinas.

Al comenzar la etapa de postura, se comenzó a observar el tamaño de los huevos y la coloración en las yemas, como era de esperarse, las yemas de la codorniz de prueba, eran más pigmentadas y grandes que las yemas de la codorniz de control, así mismo, el tamaño de los huevos de las dos aves tenían una diferencia significativa, siendo entre 2 y 4 mm más grandes en altura los de la codorniz de prueba, como se muestra a continuación:



(a)



(b)

Figura 17. Huevos de la codorniz de prueba y la codorniz de control

En la figura 17 (b) se observan dos huevos, el de la derecha, fue puesto por la codorniz de prueba y el de la izquierda por la codorniz de control. En la figura 17 (a) se puede ver la diferencia de tamaños en los dos huevos de diferente codorniz que en las medidas reales presentaban diferencia en su altura de 3 mm.

Se comprueba que los carotenoides como la bixina, son de gran interés económico en la pigmentación de la yema de huevo y/o la piel y tejido graso de pollos en crecimiento para la producción de carne, ya que las especies aviares lo convierten eficientemente en su organismo en vitamina A. Se ha demostrado que la intensidad en la pigmentación en pollos de un día de nacidos, está relacionada con la concentración de oxicarotenoides en el alimento dado a sus madres.

En otros estudios hechos en vacas se vió cómo éstas, a pesar de no convertir el caroteno en vitamina A, lo almacenan en el tejido graso del cuerpo, así como en la materia grasa de la leche y derivados de la leche.

Ingeniería básica de la producción de bixina

Se hizo un análisis de la posible demanda de bixina en el país por parte de las avícolas que son en primera instancia las principales consumidoras de carotenos y que serían el mercado ideal para una planta como ésta debido a que la mayoría de la industria avícola se encuentra en Santander.

De acuerdo a las encuestas, a la cantidad de concentrado para aves, y al porcentaje que contendría este de bixina, se llegó a la conclusión de que inicialmente se debería procesar 1 tonelada de bixina al día, y a medida que el mercado se fuese extendiendo, llegar a procesar hasta 3 toneladas diarias.

En un comienzo se había pensado en un proceso en continuo, pero debido a que el extractor que se utilizaría debería tener en su interior un elevador centrífugo y que el manejo de soluciones alcalinas acarrearía que el material de construcción de los equipos fuese costoso, se optó por un proceso Batch que además no presentaría problemas debido a que la capacidad de la planta es pequeña.

La planta se diseñó para trabajar inicialmente 8 horas diarias, pero con capacidad necesaria para triplicar su capacidad trabajando 24 horas, a medida que el producto se haya posesionado en el mercado.

Si se deseara exportar el producto, y la demanda se incrementara se podría pensar en un proceso en continuo ya que justificaría la inversión que sería alta teniendo en cuenta que la construcción de estos equipos en materiales altamente resistentes a la corrosión, es muy costosa.

3.1.11.Descripción del Diagrama de Bloques

En la figura 18 se presenta el diagrama de bloques (por unidades) para el proceso

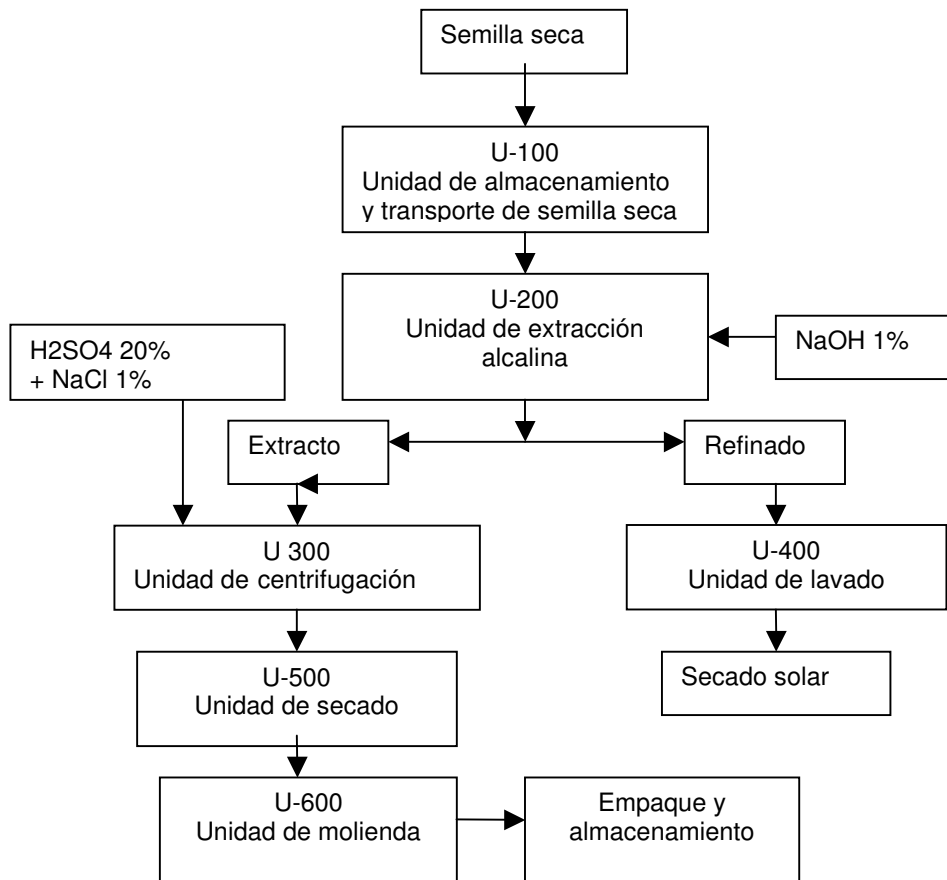


Figura 18 Diagrama de bloques

A continuación se describe la función de cada uno de los bloques dentro del proceso:

U-100: Es la unidad correspondiente al almacenamiento de la semilla y el transporte hasta la unidad de extracción. En esta unidad el silo se diseñó para un almacenamiento de 2 días debido a que el achote es muy susceptible a adquirir

hongos en ambientes húmedos. Esta unidad opera intermitentemente, pues la banda y el elevador de cangilones sólo deben accionarse cada vez que se va a llevar a cabo la extracción, es de decir cada vez que se llena el extractor; este llenado lleva un tiempo de 0.5 horas, tiempo en el cual se alimenta al extractor con media tonelada de semilla seca.

U-200: Es la unidad de extracción por medio de una solución alcalina. Consta de un tanque con tapa y base toroidal, sujeto en su exterior por dos tornillos de fácil manejo que permitan el balanceo del tanque para su descarga. Este tanque tiene una apertura superior por donde es alimentada la semilla y una boquilla por donde se bombea la solución alcalina para llevar a cabo ocho lavados, para lo cual cuenta también con un doble fondo de malla que permita una fácil descarga del extracto por su tapa inferior. Cada lavado dura 0.5 horas, así da tiempo al agente extractor de retirar el arilo de la semilla eficientemente.

El balance de masa en el extractor por cada cochada es el siguiente:

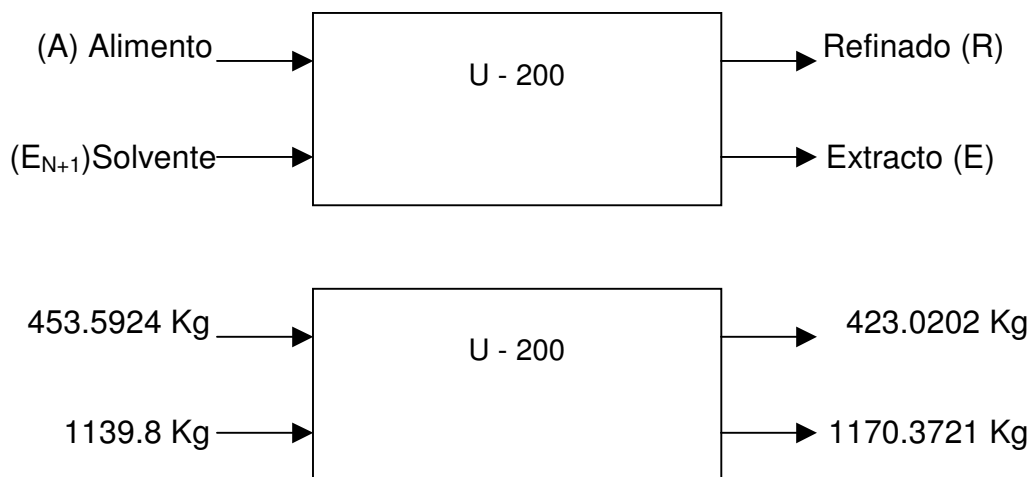


Figura 19 Balance de masa en el extractor por cada cochada es el siguiente:

La solución alcalina que llega al extractor debe tener un caudal de 6.83 m³/h, para que el tanque sea llenado en 10 minutos.

U-300: Es la unidad de lavado del extracto por medio de la centrifugación. A esta unidad llega el extracto alcalino y es mezclado con ácido sulfúrico hasta obtener un pH de 2 y con solución salina de cloruro de sodio que permita una buena separación del colorante y el solvente como ocurre en las plantas de refinación de aceites. Después de esto, se comienza a lavar el colorante precipitado hasta obtener un pH de 7. De esta unidad salen aguas ácidas que deben ser llevadas a un tratamiento de neutralización para evitar la contaminación ambiental.

El ácido sulfúrico llega a la centrífuga con un caudal de $3.24 \text{ m}^3/\text{h}$ y la solución salina a un caudal de $2.7 \text{ m}^3/\text{h}$, con lo cual se consigue que la precipitación se logre en el menor tiempo posible.

U-400: Es la unidad de lavado de la semilla sin arilo. En esta unidad se lava la semilla que contiene aún, solución alcalina impregnada. A esta semilla se le hace un lavado con agua caliente para descomponer las posibles trazas de alcaloide contenidas dentro de la semilla, pues este producto puede ser usado en la alimentación de animales y no es conveniente que contenga sustancias que puedan ser tóxicas. El agua residual de este proceso que es alcalina se mezcla con el agua residual de la unidad de centrifugación que es ácida para llevar a neutralización la mezcla obtenida.

U-500: Es la unidad de secado del colorante extraído. El colorante debe ser retirado de la unidad de centrifugación y llevado a un secador de bandejas donde se pueda obtener una pasta de colorante sin incrementar la temperatura más de 40°C y no dañar el contenido de bixina del colorante.

U-600: Es la unidad de reducción del tamaño de la pasta de colorante seca. Luego de obtener el colorante seco, éste debe ser reducido a un polvo fino para su comercialización.

3.1.12. Diagrama de proceso de la planta.

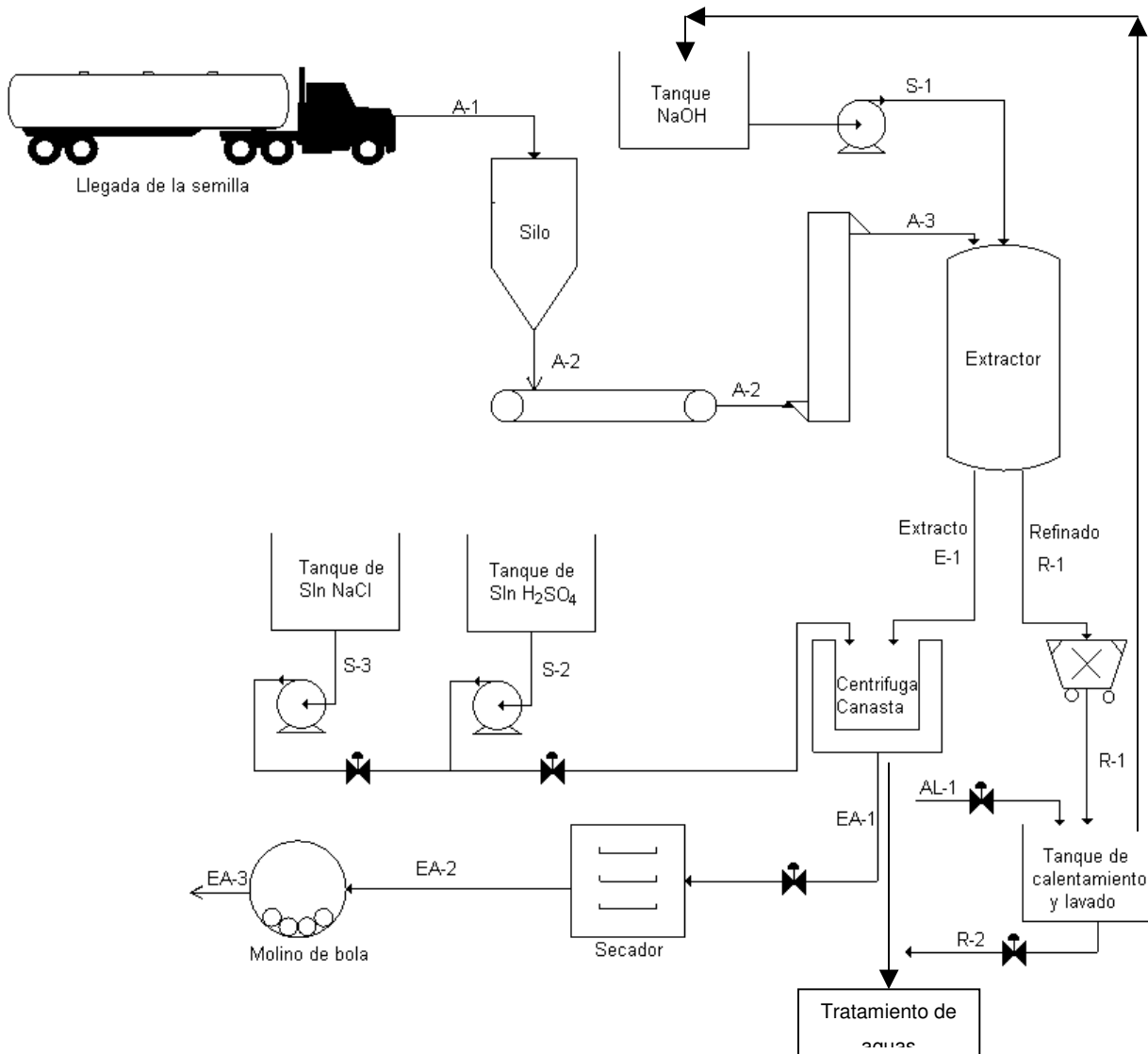



Figura 20 Diagrama de proceso de la planta .

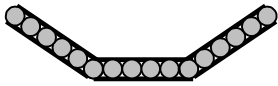
- | | |
|---|--|
| A-1: Semilla de achiote de la corriente 1 | E-1: Extracto de achiote corriente 1 |
| A-2: Semilla de achiote de la corriente 2 | E-A1: Extracto de achiote después de la centrifuga corriente 1 |
| A-3: Semilla de achiote de la corriente 3 | E-A2: Extracto de achiote después de la centrifuga corriente 1 |
| S-1: Solución de NaOH al 1% | E-A3: Extracto de achiote después de la centrifuga corriente 1 |
| S-2: Solución de H ₂ SO ₄ al 1% | R-1: Refinado antes del lavado |
| S-3: Solución de NaCl al 1% | R-2: Refinado después del lavado |

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS UNIDADES

3.3.3.1 Unidad de Almacenamiento y transporte de la semilla hasta la unidad de extracción

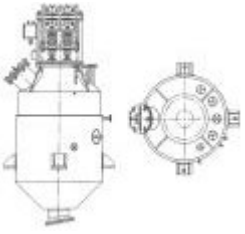
HOJA CARACTERÍSTICA U-100:ALMACENAMIENTO DE LA SEMILLA Y EL TRANSPORTE HASTA LA UNIDAD DE EXTRACCIÓN			
EQUIPO:	Silo		
NOMBRE:	U-101		
SERVICIO:	Almacenamiento de la semilla seca, para dos días de producción.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL:	ACERO		
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		Corrientes Del Equipo	
Entrada:	26° C	Entrada	S.A-1
salida:	26° C	Salida:	S.A-2
Dimensiones Del Equipo			
Nivel de Llenado	80%	Tiempo de Almacenamiento	2 Días
Relación H/D	3	Angulo De Inclinación De La Tolva	28°
Diámetro de la partícula	2.0 mm	Volumen Silo	3.03 m ³
Diámetro del silo :	0.98 m	Altura:	4.0 m
Diámetro De descarga:	0.3 m	Flujo masico	113 Kg/h
COSTO DEL EQUIPO: 3500US\$ ³			

³ www.matche.com

EQUIPO:	Banda transportadora de tres caras con rodillo de la misma longitud		
NOMBRE:	U-102		
SERVICIO:	Transporte de la semilla seca, por cochada de producción.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL:	ACERO		
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		Corrientes Del Equipo	
Entrada:	26° C	Entrada	S.A-2
salida:	26° C	Salida:	S.A-2
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Área transversal de la carga	0.01 m²	Velocidad de la banda	3.33 m/min.
Capas de la banda	3 min- max 5	Tamaño máximo de la banda	3.5 m
Capacidad	1 ton/h	Potencia de banda	0.16 H.p
Longitud de banda	3m		
COSTO DEL EQUIPO: 791 US\$¹			

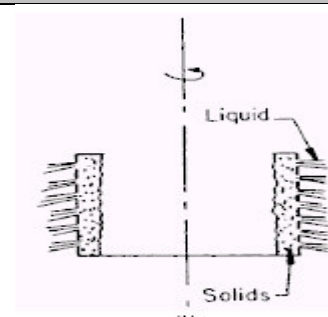
EQUIPO:	Elevador de Cangilones espaciados de descarga centrífuga					
NOMBRE:	U-103					
SERVICIO:	Elevación de la semilla seca, por cochada de producción.					
DESCRIPCIÓN						
MATERIAL:			ACERO			
CONDICIONES DE OPERACIÓN						
TEMPERATURA			Corrientes Del Equipo			
Entrada:	26° C		Entrada	S.A-2		
salida:	26° C		Salida:	S.A-3		
DIMENSIONES DEL EQUIPO						
Tamaño del cangilón	Ancho 4.03 in	Proy 3.15in	Prof. 3.26in	Espaciamiento del cangilón	10.31 in	
Capacidad	1 Ton/h		Velocidad de los cangilones		4.9m/min	
Giro del eje principal	43.84 rpm		Potencia requerida en el eje principal		0.1	
Diámetro del eje	Cabeza 1.93	Cola 1.68	Diámetro de las poleas	Cabeza 1.93	Cola 1.68	
COSTO DEL EQUIPO: 1200 US\$¹						

3.3.3.2 Unidad de Extracción por medio de una solución alcalina

HOJA CARACTERÍSTICA U-200: UNIDAD DE EXTRACCIÓN POR MEDIO DE UNA SOLUCIÓN ALCALINA			
EQUIPO:	Extractor		
NOMBRE:	U-200		
SERVICIO:	Extractor tipo tanque doble fondo con malla numero 8, para lixiviar solución alcalina de extracto de achiote		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL:	Hiero revestido internamente con acero inoxidable Inox 316		
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
Entrada:	26° C	Entrada:	101.3 Kpa
salida:	26°C	Salida:	101.3 Kpa
Corrientes Del Equipo			
Entrada	S.A-2	Salida:	S.A-3
Dimensiones Del Equipo			
Nivel de Llenado	80%	Tiempo de Precolación	0.5 h
Tanque			
Espaciamiento hilo de malla	0.08 cm	Capacidad:	1.85 m ³
Diámetro :	1.57 m	Altura:	2.36m
Volumen lleno	2.32 m ³		
Tapa			
Volumen de cabeza aproximado	0.21 m ³	Altura	0.2 m
Presion maxima ⁴	15 blf/in ²	Diámetro interno	1.43 m
COSTO DEL EQUIPO: 6500US\$ ⁵			

⁴ Norma Api 620 Código sobre recipientes a presión ASME Cabeza concava estandar .cabeza ASME O Toroeferica .


3.3.3.3 Unidad de lavado del extracto por medio de centrifugación

HOJA CARACTERÍSTICA U-300: UNIDAD DE LAVADO DEL EXTRACTO POR MEDIO DE CENTRIFUGACIÓN.			
EQUIPO:	Centrifuga		
NOMBRE:	U- 300		
SERVICIO:	Lavado del extracto, por medio de agua hasta neutralización.		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL:		Acero inoxidable 316	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		RENDIMIENTO	
Entrada:	26° C	Líquido	4.5 m ³ /h
salida:	26°C	Sólido	8.3 Kg/h
Corrientes Del Equipo			
Entrada	S2, S3, E1	Salida:	EA1, AL2
Dimensiones Del Equipo			
Nivel de Llenado	80%	Velocidad	3500 rpm
Relación H/D	2	Tamaño del motor	6 hp
Diámetro del tazón	1.45 m	Altura:	0.73m
COSTO DEL EQUIPO: 21000US\$⁶			

⁵ www.matche.com


⁶ www.matche.com

3.3.3.4 Unidad de calentamiento y lavado de la semilla sin arilo


HOJA CARACTERÍSTICA U-400: UNIDAD DE LAVADO DE LA SEMILLA SIN ARILO.			
EQUIPO:	Tanque con calentamiento		
NOMBRE:	U- 400		
SERVICIO:	Calentar agua con arilo para eliminar el alcaloide toxico		
DESCRIPCIÓN			
MATERIAL:	ACERO INOX 316	CALENTAMIENTO A GAS	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
Entrada:	26° C	Entrada:	101.325 Kpa
Salida:	100°C	Salida:	101.325 Kpa
Corrientes Del Equipo			
Entrada	S.DA-1	Salida:	SD.A-2
Dimensiones Del Equipo			
Nivel de Llenado	80%	Tiempo de Almacenamiento	40 min
Diámetro :	1.57 m	Altura:	2.36m
COSTO DEL EQUIPO: US 7500\$ ⁷			

⁷ www.matche.com


3.3.3.5 Tanques de almacenamiento de las soluciones

HOJA CARACTERÍSTICA TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
EQUIPO:	Tanque de Almacenamiento		
NOMBRE:	Tanque para almacenar H ₂ SO ₄		
SERVICIO:	Almacenar Solución H ₂ SO ₄		
DESCRIPCIÓN			
	MATERIAL:	PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
ENTRADA:	26° C	ENTRADA:	101.325Kpa
SALIDA:	26°C	SALIDA:	101.325 Kpa
CORRIENTES DEL EQUIPO			
ENTRADA:	H ₂ SO ₄ 1	SALIDA:	H ₂ SO ₄ 2
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Nivel De Llenado	80%	Tiempo de Almacenamiento	
Díámetro del Tanque :	0.77m	Altura del Tanque:	1.1568m
Capacidad	0.54m		
COSTO DEL EQUIPO: 2100 US\$⁸			

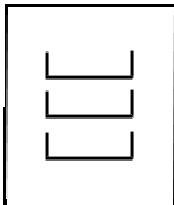
⁸ www.matche.com

HOJA CARACTERÍSTICA TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
EQUIPO:	Tanque de Almacenamiento de NaOH		
SERVICIO:	Tanque de preparación de la Solucion de NaOH 1%		
DESCRIPCIÓN			
	MATERIAL:	PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
ENTRADA:	26° C	ENTRADA:	101.325Kpa
SALIDA:	26°C	SALIDA:	101.325 Kpa
CORRIENTES DEL EQUIPO			
ENTRADA:	NaOH 1	SALIDA:	NaOH 2
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Nivel De Llenado	80%	Tiempo de Almacenamiento	0.5 h
Diámetro del Tanque :	1.2 m	Altura del Tanque:	1.85 m
Capacidad	1.13 m ³		
COSTO DEL EQUIPO: 2900 US\$⁹			

⁹ www.matche.com

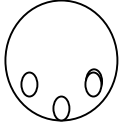
HOJA CARACTERÍSTICA TANQUE DE ALMACENAMIENTO			
EQUIPO:	Tanque de Almacenamiento NaCl		
SERVICIO:	Tanque de preparación de la Solucion de NaCl 1%		
DESCRIPCIÓN			
	MATERIAL:	PVC	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
ENTRADA:	26° C	ENTRADA:	101.3Kpa
SALIDA:	26° C	SALIDA:	101.3 Kpa
CORRIENTES DEL EQUIPO			
ENTRADA:	NaCl 1	SALIDA:	NaCl 2
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Nivel De Llenado	80%	Tiempo de Almacenamiento	
Diámetro del Tanque :	0.9 m	Altura del Tanque:	1.33m
Capacidad	0.45 m ³		
COSTO DEL EQUIPO: 1800 US\$			

3.3.3.6 Unidad de secado del colorante extraído

HOJA CARACTERÍSTICA DEL SECADOR			
EQUIPO:	Secador		
NOMBRE:	Secador de bandejas		
SERVICIO :	Secar el colorante proveniente de la centrifuga		
DESCRIPCIÓN			
	MATERIAL:	ACERO AL CARBONO	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA			
Entrada:	26° C	Entrada:	101.3 Kpa
Salida	40° C	Salida	101.3Kpa
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Eficiencia termica	20%	Velocidad de secado	7.64 KG colorante/h
Potencia	1.1 Kg/carretilla	Numero de bandeja s	11
Area de superficie	4.83 m ²		
COSTO DEL EQUIPO: US 22900\$ ¹⁰			

¹⁰ www.matche.com

3.3.3.7 Unidad de disminución de tamaño de la pasta de colorante de achiote

HOJA CARACTERÍSTICA DEL MOLINO			
NOMBRE:	Molino de bolas		
SERVICIO:	Disminuir el tamaño de la pasta de colorante de achiote obtenida en el secador		
DESCRIPCIÓN			
	MATERIAL:	Acero Inox 304	
CONDICIONES DE OPERACIÓN			
TEMPERATURA		PRESIÓN	
Entrada:	26° C	Entrada:	101.325 Kpa
Salida	40° C	Salida	101.325Kpa
DIMENSIONES DEL EQUIPO			
Razón de material a espacios vacío	1	Llenado de bolas	50%
Carga del molino	7.5 Kg	Tiempo de molienda	1 h
Eficiencia 85%	4.83 m ²	Volumen del molino	.077 m ³
Longitud del molino	0.21 m		
COSTO DEL EQUIPO: US 10200\$ ¹¹			

¹¹ www.matche.com

4.CONSIDERACIONES AMBIENTALES

En este trabajo no se ha diseñado una tecnología para el buen manejo de los residuos sólidos y líquidos producidos, sin embargo se ha pensado que los residuos sólidos de semilla sin arilo, después de ser lavados pueden ser usados como alimento para aves, pues contienen vitamina A, benéfica en la nutrición de éstas.

La corriente de solución alcalina que sale del tanque de lavado de la semilla sin arilo, puede ser recirculada al tanque de preparación de la solución de NaOH al 1%, para aprovechar el contenido alcalino que ésta pueda tener, economizar agua y no dañar el medio ambiente.

La corriente de solución ácida proveniente de la centrífuga contiene sal de Sulfato de Sodio y ácido sulfúrico, por lo que debería recibir un tratamiento especial antes de ser desechada y así evitar daños a la naturaleza.

El estudio estricto para el manejo de los residuos de la planta se recomienda ser tenido en cuenta en otro trabajo ó en caso de llevar a cabo el montaje de la misma, ya que en el momento de hacerlo, se deben revisar los decretos existentes para el control de los residuos.

5.ANALISIS ECONOMICO

CAPACIDAD DE LA PLANTA Y LOCALIZACIÓN

Para la localización y capacidad de la planta se tuvieron en cuenta condiciones como: disponibilidad para construcción industrial, cercanía a los cultivos de achiote y a las empresas que suministren los productos químicos materia prima, mano de obra disponible, inflación, vías de acceso, costo del terreno, estímulos fiscales, cercanía del mercado, disponibilidad de servicios; es posible seleccionar la ciudad de Girón (Zona Industrial), como la más adecuadas para ubicar la planta de producción extractó de achiote en Colombia. Ver anexo C

De acuerdo al estudio económico la utilidad bruta es de 105.85 US\$/Kg de colorante, luego es muy rentable, además la participación del mercado en el país es total pues no existe planta extractora.

JUSTIFICACIÓN DE ENTRADA AL MERCADO

El cultivo de achiote representa una opción para el desarrollo económico de Colombia. La creación de una planta extractora de bixina permitiría a los productores tener un mercado seguro para semilla seca; además de la generación de empleos, por lo que los productores podrían incrementar la superficie sembrada como alternativa a otros productos de escaso valor comercial.

COSTO DE LOS EQUIPOS

El costo básico de los equipos de acuerdo al material, condiciones de operación y tamaño, se determinaron por medio de la página de Internet^[12].

^[12] www.matche.com

ESTIMACIÓN DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA DE LA PLANTA DE PRODUCCIÓN DE EXTRACTO DE ACHIOTE

Los costos de manufactura son calculados para una planta pequeña, es económica porque el proceso es bach, no tiene control pues los operarios se encargan de dosificar los insumos.

EQUIPO	COSTO (US\$)
Silo	3500
Banda transportadora	791
Elevador de Cangilones	1200
Extractor	11500
Centrifuga	47700
Tanque con serpentín	7500
Tanque para almacenar H ₂ SO ₄	6900
Tanque para almacenar NaOH	8900
Tanque de NaCl	5000
Secador	10200
Total Equipos Ppales.	103194
Total Equipos Secund.	10000
TOTAL	113194

Tabla 8. Costos Equipos

ESTIMACION DE LOS COSTOS DE MANUFACTURA DE UNA PLANTA DE PRODUCCION DE EXTRACTO DE ACHIOTE

1. Producto	:Extracto de achiote
Presentación:	:Polvo fino, empacado en bolsas de plásticas oscuras de 1Kg.
2.Características Físicas	:Poder tintóreo siete veces mayor que colorantes sintéticos. Soluble en aceite(70%) y agua (30%)
Características Químicas	:20% de Bixina, 60% de Norbixina; 20% Otros.
Características biológicas	: Recuento microbiológico nulo
Toxicidad	: Nula, aprobado por la OMS para consumo humano
Rata de Producción	:25.4 toneladas por año
Días Trabajados	:350
Horas/año	:2800
3. Localización de la planta	Girón Santander (Zona Industrial)
4.Inversión total de la planta	
Maquinaria y equipos	113194
Edificios	250000
Total I	363194

CAPITAL CIRCULANTE (Iw)

5. Costo Directo Manufactura				
Materia Prima (CRM)	Unidad	Us/Unidad	Unidad/Año	Us/ Año
Achiote	Ton	855.83	350	299542.13
Subtotal				CRM

	Personas	Sueldo US/Anual	Total Anual US
Mano de Obra			
Supervisión (hombre/turno 8 horas)	1	5500	5500
Operadores de Planta (hombre/turno 8 horas)	6	4000	24000
Total COL			29500
Supervisión Directa del tren administrativo (0.18*COL)			5310
Mantenimiento y Reparaciones (0.06*I)			21791.64
Suministros de operación (0.09*I)			3268.746
Cargos de laboratorio (0.15 COL)			3825
Patentes y Regalías (0.03 COM)			750

Insumos				
Componente	Unidad	Us/Unidad	Unidad/Año	Us/ Año
1.NaOH	Ton	336.24	70.13	23637.3
2.H2SO4	Ton	210.03	83.38	17512.5
3.NaCl	Ton	134.49	0.035	4.7
Subtotal insumos				41154.21
Servicios industriales				
1.Agua para soluciones	m ³	0.053	6650	352.45
2.Agua de lavado semilla	m ³	0.039	25000	975
3.Electricidad	Kw-h	0.06	5*10 ⁷	1010.7
.4.Gas natural	m ³	0.85	400	34
Subtotal S.I				2372.23
Total Gastos Directos Manufactura				433745.03

Costos Fijos (Indirectos)	
1. Depreciación de equipos y edificaciones: (0.1*1)	36319.4
2. Impuestos y Seguros 0.032*1	11622.208
3 Costo por Infraestructura (0.7COL++0.036I)	13393
Total costos fijos	61325.1

GASTOS GENERALES DE MANUFACTURA COM			
GASTOS DE ADMINISTRACION Y VENTAS			
	Personas	Sueldo US/Anual	Total Anual
Gastos en Personal			
Gerente General	1	5000	5000
Secretaria	1	2658	2658
Contador	1	2145	2145
Mensajero	1	1334	1334
Recepcionista	1	2145	2145
Vendedores	2	4447	4447
Cargo de Sistemas	1	4000	4000

Gastos de Oficina	500
Subtotal Administración	22229
Invesgación y desarrollo (R&D) (0.005 COM)	500
Subtotal Administración y ventas	22229

Capital de trabajo (lw)	517299.13
--------------------------------	------------------

ESTADO DE RESULTADOS

Descripción	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Produccion de la planta	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	210	228	245	263	280	298	315	333	350	350	350	350	350	350
Produccion(Ton)	16	17	18	20	21	22	24	25	26	26	26	26	26	26
Ventas (Ton/unidad)	124,976	135,024	146,217	158,637	172,381	187,562	203,163	221,517	241,730	265,856	292,394	321,587	353,698	389,021
Ingresos por Ventas	+ 1,968,374	2,303,849	2,686,734	3,123,158	3,619,999	4,184,977	4,799,734	5,524,074	6,345,409	6,978,714	7,675,349	8,441,647	9,284,575	10,211,797
Costos de Producción	- 433,745	477,120	524,831	577,315	635,046	698,551	768,406	845,246	929,771	1,022,748	1,125,023	1,237,525	1,361,278	1,497,405
Utilidad marginal	= 1,534,629	1,826,729	2,161,902	2,545,843	2,984,953	3,486,426	4,031,328	4,678,828	5,415,638	5,955,966	6,550,326	7,204,122	7,923,298	8,714,391
Costos Generales	- 22,229	24,452	26,897	29,587	32,545	35,800	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364	12,364
Utilidad Bruta(Ton/u)	96,025	105,628	116,191	127,810	140,591	154,650	170,115	187,126	205,839	226,423	249,065	273,972	301,369	331,506
Utilidad Bruta	= 1,512,400	1,802,277	2,135,005	2,516,256	2,952,407	3,450,626	4,018,964	4,666,464	5,403,274	5,943,602	6,537,962	7,191,758	7,910,934	8,702,027
Imp. sobre la renta	- 52,934	63,080	74,725	88,069	103,334	120,772	140,664	163,326	189,115	208,026	228,829	251,712	276,883	304,571
Utilidad Neta	= 1,459,466	1,739,197	2,060,280	2,428,187	2,849,073	3,329,854	3,878,301	4,503,138	5,214,160	5,735,576	6,309,133	6,940,046	7,634,051	8,397,456
Dep. y amort.	+ 36,319	36,319	36,319	36,319	36,319	36,319	36,319	3,678	36,319	36,319	36,319	36,319	36,319	36,319
Flujo neto de Efectivo	1,495,785	1,775,516	2,096,599	2,464,506	2,885,392	3,366,173	3,914,620	4,506,816	5,250,479	5,771,895	6,345,452	6,976,365	7,670,370	8,433,775

Descripción	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Inversion y capital de trabajo	880,493	517,299														
Flujo Neto de Efectivo	0	0	1,495,785	1,775,516	2,096,599	2,464,506	2,885,392	3,366,173	3,914,620	4,506,816	5,250,479	5,771,895	6,345,452	6,976,365	7,670,370	8,433,775
Flujo Neto de Efect. Acum.	0	0	1,495,785	3,271,302	3,872,115	4,561,105	5,349,898	6,251,565	7,280,792	8,421,435	9,757,294	11,022,373	#####	13,321,817	14,646,735	16,104,145
Flujo Neto - Inversion			1,495,785	1,775,516	2,096,599	2,464,506	2,885,392	3,366,173	3,914,620	4,506,816	5,250,479	5,771,895	6,345,452	6,976,365	7,670,370	8,433,775
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Tasa de int de oport.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.RECOMENDACIONES

Una vez obtenido el colorante, se debe estudiar, los tratamientos adecuados para estandarizar el uso de este producto, en diferentes alimentos, éste sería un buen trabajo para un ingeniero de alimentos.

Para procesar cantidades mayores a la capacidad para que fue diseñado este proceso recomendamos el diseño en continuo que pueda suplir las necesidades requeridas, ya que así se justificaría que la construcción de la planta fuera más costosa .

Es de suma importancia tener en cuenta al momento de construir una planta de este tipo, el manejo ambiental de los de los residuos producidos, para reducir el impacto en la naturaleza, sobre todo, en este caso al agua que es uno de los elementos reguladores del equilibrio del sistema natural. .

Dejamos en claro que el desarrollo de este trabajo continúa, que hay todavía mucho qué investigar y que pueden surgir nuevas ideas acerca del uso de este producto, de sus técnicas de extracción, calidad, etc.

Se recomienda probar un diseño alternativo, con equipos diferentes y observar qué diferencias se pueden presentar desde el punto de vista del funcionamiento y de la economía del proceso.

7.CONCLUSIONES

En Colombia no se produce extracto de achiote de manera industrial, pero sí existe una demanda de éste principalmente para la industria avícola, de concentrados para todo tipo de aves, industria farmacéutica y para las múltiples aplicaciones en la industria de alimentos.

Para cubrir la demanda de colorante de achiote en Colombia, teniendo como principal objetivo, satisfacer la necesidad de colorantes carotenoides en la industria avícola (sin descartar que tiene infinidad de usos, para los cuales también se comercializaría), se diseñó una planta con capacidad de procesamiento de 113.4 Kg / h de achiote, produciendo 7.6 Kg / h de colorante bixina con un poder pigmentante siete veces mayor que el de un colorante sintético y aprobado por entidades internacionales (OMS) para el consumo humano y de animales, por no ser tóxico, ni tener efectos cancerígenos.

Se diseñó una planta a pequeña escala, debido a que no existen estadísticas hechas sobre el cultivo de achiote en el país , pero si a este proyecto novedoso se le da su debida importancia y apoyo por parte del estado y la empresa privada, puede ser llevado a gran escala con un sustancioso beneficio para el país.

La planta se diseñó teniendo en cuenta la inversión que se haría y tratando de reducir los costos lo máximo posible, para darle aplicabilidad a este trabajo, dando como resultado una inversión de US\$ 113194, que son fácilmente recuperables teniendo en cuenta la ganancia que se obtendría con la venta del colorante: 105.85 US\$/Kg.

A mediano plazo, se haría un estudio para la comercialización internacional por lo que los países importadores de extracto de achiote, encontrarían una muy buena opción en Colombia para adquirir este valioso colorante de buena calidad y a un costo razonable.

A nivel de laboratorio, la mejor alternativa de procesamiento para la producción de bixina se da teniendo como agentes extractores los solventes orgánicos, pero debido a su alto costo, dificultades legales para adquirir el insumo, se usó solución alcalina como agente extractor, la cual es más económica y asequible, pese a que existen legislaciones que restringen su uso.

Se estudiaron dos alternativas para el diseño de la planta, una continua y otra por cochadas, pero debido al factor económico se escogió la última teniendo en cuenta que el material usado en el proceso para el diseño de equipos resultaría muy costoso en un diseño en continuo ya que requiere equipos complejos y altos costos de mantenimiento.

Se comprobó por medio de un bioensayo los beneficios que brinda el colorante extraído del achiote a la alimentación de las aves de corral, así como su ejemplo pigmentante en la yema de los huevos.

La construcción de una planta extractora de bixina traería grandes beneficios al país como una alternativa para los pequeños agricultores azotados por el conflicto social que vieron en las políticas gubernamentales una opción para cambiar los cultivos ilícitos, por cultivos promisorios, además contribuye a la generación de empleo en la región.

8.BIBLIOGRAFIA

1. ALAM, A. and CREGER, C. Problems Concerning Pigmentation. Journal of Food Science. Vol. 33. 1968. Pág. 635-636.
2. ALVAREZ C., Luís A. y GOMEZ D., Jaime E. El achiote. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín. 1990.
3. ALLEN, P. C. Physiological responses of Chicken gut tissue to Coccidial Infection. Poultry Science. Vol. 66. 1987.
4. ARCE P., Jorge, El achiote: Generalidades sobre el cultivo. Actividades en Turrialba. Vol. 12. No. 1. 1984. Pág. 7-8.
5. BASF QUIMICA. Manual de materias primas. 1994. Pág. 56-57.
6. BARTOV, J. BORNSTEIN, S. Repletion and Depletion of Body xantophyll reserves as related to broiler pigmentation. Poultry Science. Vol. 48. Pág. 495-504.
7. BAUERNFEIND, J. C. Carotenoids as colorants and vitamin A precursors. Press Inc. 1981.
8. BERMUDEZ, A. Estudios de algunas fuentes pigmentantes que se encuentran en el país y su posible utilización en dietas para aves. Universidad Nacional de Bogotá. 1971.
9. BERNAL, H. Y CORREA, J. E. Especies vegetales promisorias de los países pertenecientes al convenio Andrés Bello. 1989. Tomo 2.

10. BERRITO, L. F. Cultivo y aprovechamiento del achiote. Seminario. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Medellín. 1975.
11. BHALKAR, S. V., DUBASH, P. J. "Methods of Extration of Annato from the seeds of *Bixa orellana*", Indian J, Dairy Sci., 36, 2., 1983.
12. BIRD, H. R. and CRAVENS, W. W. Xanthophyll broiler diets. Poultry Science. Vol. 33. 1954. Pág. 1245-1253.
13. CHR HANSEN´ S LABORATORY, INC. Annato colors. Product information, 9015 West Maple, Street, Milwaukee, Wisconsin 53214, 1991.
14. COMBS, G., NOTT, H. The pigmenting properties of dehydrated alfalfa meals in poultry rations. Feedstuffs 39. No. 42. 1967. pág. 36.
15. DAY, E. J., WILLIAMS, W. P., Jr. Utilitation of xanthophylls in broiler diets. Poultry Science. No. 37. 1958. Pág. 1373-1381.
16. DENDY, D. D. V. Annatto. The pigment of *Bixa orellana* L. East African Agricultural and Forestry Journal. Vol. m32. No. 2. Octubre 1996.
17. EL CULTIVO DEL ACHIOTE. Nuestra tierra, paz y progreso. Managua. Vol. 8. No. 78. 1964. Pág. 181-182.
18. EL ACHIOTE. Guatemala, Ministerio de Agricultura. Boletín técnico. No. 2. Vol. 19. 1949. Pág. 1-4.
19. FENNEMA, O. R. Introducción a las ciencias de los alimentos. Ed. Reverté. S. A. España, 1982.

20. FRANCIS, F. J. "Lesser-Known Food Colorants" . Food Technology , Abril, 1987.
21. FINAR, I. L. Química Orgánica. Tomo 2. Ed. Alambra S.A. Segunda edición. 1970. Pág. 462-484.
22. GOMEZ M, C.E. Estudio de la biología floral del Achiote, Bixa orellana, L. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencia Agropecuarias. Palmira. 1980.
23. GOODWIN, T. W. carotenoproteins in vertebrates. Biological Review. Vol. 42. 1984. Pág. 131-160.
24. HARBONE, J.B. Phytochemical Methods, Jon Wiles, Gran Bretaña. 1973.
25. HARMS, R. H. et al. Evidence of differences in pigmentation among strains and crosses of crosses of broilers. Poultry Science. Vol. 56. 1977. pág. 86-90.
26. HEATH, J.L. and THOMAS, O. P. The xanthophylls content and the color of broiler skin after scalding. Poultry Science. Vol. 52. 1973. Pág. 967-971.
27. HEIMAN, B., TIGHE, L. W. Factor affecting pigmentation. Poultry science. No. 22. 1943. Pág. 102.
28. HERRICK, G. M. et al. Depletion and repletion of pigmentation in broiler skin and shanks. Poultry Science. Vol. 50. 1981. Pág. 1467-1475.
29. HOYOS, German. Etiología de las pudriciones de cápsulas y semillas de achiote, Bixa orellana L. en dos regiones de Colombia. Universidad Nacional de Palmira, 1982.

30. ICA. Actualidades técnicas. Vol. 6. No. 2. 1990. Pág. 1-3.
31. INGRAM, Jean S. and FRANCIS, B. J. The annatto tree (Bixa orellana L.) a guide to its occurrence, cultivation, preparation and uses. Tropical Science. Vol. 11. No. 2. 1969.
32. JARAMILLO. M., Carlos A. y MUÑOZ, Omar A. Extracción de colorante de achiote. Tesis Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Facultad de Minas. Depto de Procesos Químicos. 1992.
33. JIMENEZ, G. El achiote (Bixa orellana L.) Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. Vol. 10. No. 6. 1947. pág. 361-367.
34. KUZMICKY, D. D. et al. The use of violaxantina and neoxantina as a standard for determination of xanthophyll utilization from natural sources by broilers. Poultry science. Vol. 47. 1968. Pág. 389.1968.
35. LANDAGORA. F. T. Effect of feeding achiote seeds on egg-yolk pigmentation. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico (Río piedras). vol. 46. No. 2. 1962. Pág. 91-96.
36. LEON, . Bixáceas. Fundamentos Botánicos de cultivos tropicales. San José IICA. 1968. Pág. 448-450.
37. LIVINGSTONE, A. L. et al. Pigmentation by xanthophylls from corn, marigold, alfalfa and synthetic sources. Poultry Science. Vol. 48. 1969. Pág. 1326-1331.
38. MAPURA, B. "Obtención y conservación de Harinas y Oleoresinas de achiote, cúrcuma y azafrán de raíz para uso como colorante en alimentos". Monografía, Universidad Industrial de Santander, 1986.

39. MARMIOK, Daniel, Handbook of U.S. Colorants for food, Drugs and cosmetics, Second Edition. AWiley, Interscience Publication. 1984.
40. MARUSICH, W. L. Collaborative ANRC yolk pigmentation Standard study, initial report. Feedstuff 41. No. 3. 969. Pág. 26.
41. McKEOW G.G. "Paper Chromatography of Bixin and Related Compounds". Journal of the A.O.A.C., vol 44, No. 2., Mayo , 1961.
42. MENDIETA, R.M. & S. DEL AMO. Plantas medicinales del estado de Yucatán. Instituto Nacional de Investigación Bióticos. Compañía Editorial Continental., S.A. México, 1981.
43. MILES LABORATORIES, INC. Natural Food Colors from Miles Products Information: Annato Food Colors, FCC, Biotech Products Division, El khart, IN 46515. 1988.
44. MINISTERIO DE SALUD. Normas y procedimientos reglamentarios de la industria de Alimentos. ANDI, JUNAC, Cartagena, mayo, 1990.
45. MONTES, Consuelo, Factibilidad Técnica y economía en la extracción de algunos colorantes naturales para alimentos. Departamento de Ingeniería Química. Universidad de Antioquia. Medellín, 1991.
46. MORTON, Julia I. Annato, Bixa orellana L. an old source of food, meet new needs for safe dye. Florida State Horticultural Society. 1960.
47. OSBORNE, D.J. et al. Comparison of ochratoxine, aflatoxine and T₂-toxin for their effects on selected parameters related to digestion and evidence for specific metabolism of carotenoids in chicken, Poultry Science. No. 61. Pag. 1646-1652.

48. PRESTON, H. D. Y RICHARD, M. D. Extraction and Chemistry of Annato. Food Chemistry. Vol. 5. 1980. 7-56.
49. RAMOS, Néstor, Semillano; Información no publicada. 1993.
50. RATCLIFF, R. G. et al. Antioxidants in the poultry feeds. Poultry Science. No. 41. 1962. Pág. 1529.
51. REYES S., Carlos, El achiote, Profesor Universidad Nacional, Medellín, 1990.
52. RIEL, R.R. Y GIBSON, C.A. Use of annato for coloring butter. Journal of Dairy Science. Vol. 41. No. 5. 1958. Pág. 624-629.
53. RODRIGUEZ CALDERON, Armando. Prueba de pigmentación de pollo Aretama-1984.
54. RUFF, M. D. Procedure Poultry Nutrition Short Course. Univ. Of de Coop. Ext. Serv. 1984. Pág. 6.
55. SAINT. BLANQUAT, G. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias alimentarias. Ed. Acribia. 1985. Pág. 275-297.
56. SANCHEZ, Rolando. El achiote. Agricultura Tropical. Vol. 21. No. 4. 1965. Pág. 224-227.
57. SCOTT, M. L. NESHEIM, M. C. Y YOUNG, R. G. Nutrition of the chicken Scott M. L. Assocites. Itahaca. Nueva York. 1982.

58. SIERRA, C.J.G. el achiote y la bignonia chica. II Simposio Colombiano de Etnobotánica. Universidad del Cauca. Popayán. 1989. Pág. 1-22.
59. SMITH, I.D. and PERDUE, H.S. Pigmentation of skin broilers by use of alfalfa and alga meals. Poultry Science. No. 45. 1966. Pág. 577-581.
60. SOUKUP, Jaroslav, Las Bixáceas, Ciclospermáceas, y Frankeniáceas, Elatináceas, Caricáceas, Loasáceas, y Begoniáceas del Perú, sus géneros y lista de especies. Biota (lima). Vol. 8. No. 63. 1970. 125 Pág.
61. STEEL, Robert y TORRIE, James, Bioestadística, principios y procedimientos. Mc grw Hill. Santa fe de Bogotá. 1985. 622-Pág.
62. TYCZKOWSKI, J, K, and HAMILTON, P. B. Lutein as a model dihydroxy carotenoid for the study of pigmentation in chickens. Abstract 98th Annal meeting, 1984. pág. 42.
63. URQUIZA, G. y ESTRADA. L. Algunas consideraciones económicas sobre el mercado del achiote (Bixa orellana L.) Tesis Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Palmira. 1977.
64. USCATEGUI M., Néstor. El achiote. Revista Colombiana de Antropología. Vol. 10. 1961. 334 pág.
65. VALLEJO, C., Franco A. El achiote: un planta tropical de grandes perspectivas agrícolas. Acta Agronómica. Palmira. Vol. 31. No. 1-4. Pág. 6-23.
66. WALDROUP, P. W. et al. Measurement of pigmentation in broilers by visual aids. Poultry Science. No. 39. 1960. pág. 1313-1317.

67. WEEDON, B.C.L. Carotenoids: recent advances. Chemistry in Britain. Vol. 3. No. 3. 1967. PÁG. 424-432.
68. WILLIAMS, W.P. et al. Deposition of carotenoids in laying hens fed purified carotenoids. Poultry Science. Vol 42. 1963. Pág. 691.
69. ZAGALSKY, P. F. Carotenoid-protein complexes. Pure Application Chemistry. Vol. 47. No. 1. 1976. Pág. 20-103.

9.ANEXOS

ANEXO A: FORMATO DE ENCUESTAS

ENCUESTA AL CONSUMIDOR REGIONAL

La bixina es un excelente colorante natural que presenta varias ventajas al ser utilizado en la industria particularmente de alimentos. Es un colorante completamente inofensivo; según de las legislaciones drásticas de la OMS, (estamento que rige el uso de los colorantes químicos en la producción de alimentos); que certifica nula toxicidad; por tal motivo su producción se ha retomado y un creciente interés científico ha surgido a su alrededor

La bixina, extraída del achiote, tiene un gran potencial. ya que es una excelente fuente de carotenos (provitamina-a), adicionarlo como harina a los concentrados para la alimentación de gallinas o pollos incrementa notablemente el color de los huevos y mejora el peso de las aves de engorde

Nosotros somos estudiantes de la UIS y nuestro proyecto de grado se enfocó al diseño de una planta piloto para la producción de bixina a partir de achiote y nos interesa su opinión y darles a conocer una nueva alternativa para mejorar la calidad y economía de sus productos

NOMBRE DE LA EMPRESA _____

DIRECCION: _____

CARGO DEL ENCUESTADO: _____

Al alimentar a sus aves que factores en orden de prioridad considera importantes	Nutrición__ Economía__ Aceptación del mercado final__
Que colorante o pigmentos utilizan para la fabricación del concentrado .	_____
Cual es el consumo mensual del producto que utilizan para la fabricación del concentrado .	_____
A que precio compran este insumo	_____
Una ventaja de nuestro producto es la economía con respecto a otros colorantes, este no es un punto atractivo para probar nuestro producto	Si__ No__

ENCUESTA AL CONSUMIDOR FINAL

(ANTES DE REALIZAR LAS ENCUESTAS EN LAS AVICOLAS)

SEXO_____OCUPACION_____

EDAD_____TEL_____

1. ¿Consume usted carne de pollo?
SI__NO__¿Por que?_____
2. Le gusta más el pollo que consume actualmente?
3. SI__NO__¿Por que?_____
4. ¿Donde lo compra?_____
5. ¿Compra pollo de marca? SI__NO__
6. Que otras cualidades le gustaría que tuviera el pollo que usted consume:_____
7. ¿Alguna vez ha consumido pollo campesino?
Si__No__¿Por que?_____
8. Si a usted le dieran la oportunidad de escoger entre un pollo de granja y un pollo campesino,¿Cuál escogería?_____¿Por que?_____
9. De la apariencia del pollo campesino que es lo que mas le llama la atención/gusta?_____
10. Le gusta un pollo con piel amarilla? ___o Blanca__
11. Le gustaría que en los almacenes de cadena y supermercados se ofreciera habitualmente pollo campesino? SI____ NO____
12. Estaría dispuesto a pagar un poco mas por el pollo campesino? Si____ NO-____
¿Cuanto mas?_____

ANEXO B
UBICACIÓN GEOGRÁFICA EN COLOMBIA DEL ACHIOTE

Ubicación de los cultivos de Achiote variedad bola verde y roja en Colombia

