



Cooperación técnica alemana

Volumen

2

Guía Técnica: Procesamiento del Añil en El Salvador

Autora: Ruth Emilia de Quintanilla

Editores: Oscar Bonilla, Nadia Chalabi



Proyecto Fomento de la
Competitividad de las Empresas
Rurales del Marañón y Añil en
El Salvador OEA-SEDI-
AICD/IICA/MINEC



Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura
IICA



Programa de Fortalecimiento de
la Economía y Empleo
FORTALECE (MINEC/GTZ)



Cooperación técnica alemana

Volumen

2

Guía Técnica: Procesamiento del Añil en El Salvador

Autora: Ruth Emilia de Quintanilla

Editores: Oscar Bonilla, Nadia Chalabi

Proyecto Fomento de la
Competitividad de las Empresas
Rurales del Marañón y Añil en
El Salvador OEA-SEDI-
AICD/IICA/MINEC

Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura
IICA

Programa de Fortalecimiento de
la Economía y Empleo
FORTALECE (MINEC/GTZ)

El Salvador, Abril 2005

Esta publicación es co-financiada por el Proyecto Fomento de la Competitividad de las Empresas Rurales del Marañón y Añil en El Salvador, ejecutado por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, con recursos financieros de CIDI/OEA.

Este documento es co-financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), a través del Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE (MINEC/GTZ), de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ).

Las opiniones expresadas en este documento no reflejan necesariamente las opiniones de la OEA, de sus órganos, de sus funcionarios o de los Estados miembros que la conforman.

INDICE DEL CONTENIDO

	PRESENTACION.....	7
	ANTECEDENTES.....	9
	AGRADECIMIENTOS.....	11
	INTRODUCCION.....	13
1.	BIOQUIMICA DEL AÑIL.....	14
2.	USOS DEL AÑIL.....	15
3.	ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA AÑILERA.....	16
4.	INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE PROCESAMIENTO DE AÑIL.....	18
4.1.	Extracción de Añil con Hoja Seca.....	18
4.2.	Evaluación de las Variables de Secado para la Conservación de la Planta de Añil (<i>Indigofera spp.</i>).....	18
4.3.	Caracterización Físicoquímica del Proceso de Producción de Colorante de Añil (<i>Indigofera spp.</i>) en El Salvador.....	19
4.4.	Alternativas Técnico-Prácticas para Reducir el Tiempo de Extracción de Pigmentos Sólidos de Añil (<i>Indigofera spp.</i>).....	19
4.5.	Optimización de la Extracción de Colorante de la Planta de Añil (<i>Indigofera spp.</i>) para su Utilización en la Industria.....	20
4.6.	Diseño de Ingeniería de una Planta Piloto para el Procesamiento de Añil..	20
4.7.	Construcción de una Planta Moderna de Extracción de Añil.....	21
4.8.	Diseño y Puesta en Marcha de una Planta Agroindustrial Piloto Para el Procesamiento de Añil. (PROCESO BLAGAR).....	21
4.9.	Obraje de Pílon con Cámara de Calentamiento.....	22
5.	ETAPAS PROPUESTAS PARA EL PROCESAMIENTO DE AÑIL.....	23
5.1.	Obraje.....	23
5.2.	Cosecha.....	24
5.3.	Fermentación o Maceración.....	25
5.4.	Oxigenación, Aireado o Batido.....	26
5.5.	Sedimentación.....	28
5.6.	Filtrado.....	29
5.7.	Cocción.....	29
5.8.	Prensado.....	29
5.9.	Secado.....	30
5.10.	Molido, Empaque y Almacenamiento.....	30
5.11.	Disposición de Desechos.....	31
5.11.1.	Desechos Líquidos.....	31
5.11.2.	Desechos sólidos.....	31
5.12.	Medidas y Recomendaciones de Seguridad Personal a Tomar en Cuenta durante el Procesamiento de Añil.....	32

6.	COSTOS DE PRODUCCION DE TINTE DE AÑIL.....	33
6.1.	Costos de Producción de Tinte de Añil/pilada 1° año.....	33
6.2.	Costos de Producción de Tinte de Añil/Pilada 2° año.....	34
6.3.	Costos de Producción de Tinte de Añil /Pilada 3° año.....	35
7.	REGISTROS Y CONTROLES DE PROCESAMIENTO.....	37
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....	38
	SIGLAS.....	41
	BIBLIOGRAFÍA.....	43
	ANEXO.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 1	Contenido de Nutrientes en Agua Residual de Procesamiento de Añil.....	31
Cuadro Nº 2	Contenido de Nutrientes en Biomasa Resultante del Procesamiento de Añil.....	32
Cuadro Nº 3	Resumen de Costos de Producción (Incluyendo el Valor de la Materia Verde) y Número de Jornales para Procesar 1 Pilada y 1 Manzana.....	36
Cuadro Nº 4	Costos de Producción por Kilogramo de Tinte (no Incluye el Valor de la Materia Verde) y Número de Jornales para Procesar 1 Pilada y 1 Manzana.....	36
Cuadro Nº A.1.	Recolección de Datos para el Secado Solar, Especie <i>Indigofera guatemalensis</i>	48
Cuadro Nº A.2.	Recolección de Datos para el Secado Solar, Especie <i>Indigofera suffruticosa</i>	49
Cuadro Nº A.3.	Producción de Hoja Diaria para la Planta.....	53
Cuadro Nº A.4.	Dimensiones del Tanque de Fermentación.....	54
Cuadro Nº A.5.	Dimensiones del Tanque de Oxigenación y Sedimentación.....	55

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº 1	Proceso de Transformación de Indican a Indigotina.....	14
Figura Nº 2	Distribución del Contenido de Indican como Función de la Posición de la Hoja.....	15
Figura Nº 3	Construcción de una Planta Moderna de Extracción de Añil en la Universidad de El Salvador, San Miguel.....	21
Figura Nº 4	Planta-piloto de procesamiento de añil (Proceso BLAGAR).....	21
Figura Nº 5	Esquema del Obraje de Pilón Mejorado de Miguel Ventura, San Miguel.....	22
Figura Nº 6	Disposición y Formas de las Pilas del Obraje de Pilón de Miguel Ventura, San Miguel.....	23

Figura N° 7	Obraje de Pilon con Cámara de Calentamiento, Miguel Ventura, San Miguel.....	23
Figura N° 8	Obraje Techado de 3 Pilas, Hda. La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.....	24
Figura N° 9	Obraje no Techado de 2 Pilas, Grupo Los Nonualcos, San Rafael Obrajuelo, La Paz.....	25
Figura N° 10	Pila de Fermentación, Hda. Los Nacimientos, Aguilares.....	26
Figura N° 11	Oxigenación de Paleta, Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.....	27
Figura N° 12	Pila de Oxigenación con Paleta de Zangarro, Hda. La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.....	27
Figura N° 13	Válvulas para Decantación de Agua Residual de Procesamiento, Hda. La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.....	28
Figura N° 14	Filtrado de Pasta de Añil, Hda. Los Nacimientos, Aguilares.....	29
Figura N° 15	Perol para Realizar la Cocción de Pasta de Añil.....	29
Figura N° 16	Cajón de Madera para el Prensado de la Pasta de Añil, Hda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.....	30
Figura N° 17	Secado de la Tinta en Bandeja de Lámina.....	30
Figura N° 18	Molino de Mano Para Moler la Tinta, Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.....	31
Figura N° 19	Desechos de Biomasa Resultantes del Procesamiento de Añil, Hacienda La Perla, cantón Rojitas, Cabañas.....	31
Figura N° A.1.	Tanque de Fermentación.....	54
Figura N° A.2.	Tanque de Oxigenación y Sedimentación.....	55

PRESENTACION

El Salvador, en su búsqueda de alternativas de diversificación agrícola y agroindustrial generadoras empleos en el área rural, impulsó la reactivación del añil por tratarse de un cultivo apto para suelos degradados y de laderas y que ofrece posibilidades de valor agregado por medio de actividades artesanales. La contribución de este esfuerzo al rescate del patrimonio histórico y cultural nacional ha sido otro elemento motivador.

Este desafío es posible gracias al surgimiento de un nicho de consumidores demandantes de productos naturales. En efecto, por estar percibidos como un peligro para el medio ambiente y la salud humana, el uso de colorantes y tintes sintéticos en la industria de pinturas y tintes ha disminuido en los últimos años a favor de los colorantes naturales. Esta preferencia influenció el desarrollo de una industria de moda y muebles basada en el uso de materiales y diseños alternativos, con preferencia hacia productos ecológicos y de inspiración étnica. El dinamismo de este segmento hace de él un nicho altamente atractivo por su tendencia expansiva.

En este contexto, la iniciativa interinstitucional, privada, pública y de cooperación internacional, de reactivar el añil de El Salvador, tuvo como resultados un incremento de las exportaciones de añil del país, que pasaron de menos de 50 Kg. de tinte en 1999 a más de 1250 Kg. en el año 2004. Se estima que la producción actual alcanzó ese año 2000 Kg., parte de la cual fue utilizada por empresas de teñido locales.

En la actualidad, compradores internacionales reconocen el añil de El Salvador como uno de los de mejor calidad a nivel mundial, habiendo logrado varios lotes con más de 60% de indigotina cuando se considera de excelente calidad un añil de 40%. Este reconocimiento se extiende a la comunidad técnico-científica internacional: en Septiembre del 2004, El Salvador se convierte en la Sede del Primer Congreso Internacional sobre Añil y Otros Colorantes Naturales en el cual participaron 21 expositores procedentes de Alemania, Estados Unidos, España, Francia, India, Japón, Perú y México, mostrando de esta manera su posición de líder a nivel mundial.

Sin embargo, el mercado mundial del añil natural es todavía reducido. El Salvador compite con la India, Turquía y Japón principalmente, y si bien está posicionado como un proveedor confiable de añil, todavía se enfrenta al reto de diversificar la demanda encontrando nuevos destinos para el producto, y de ofrecer un añil competitivo y estandarizado.

En El Salvador, en condiciones idóneas, se pueden lograr rendimientos de 15 a 40 kilogramos de tinte por manzana, según el año de cultivo, y un costo de producción promedio de USD 22.58 por kilogramo, fluctuando entre USD 15 y USD 32 aproximadamente según la edad de la plantación. Sin embargo, en la actualidad, muchos productores no obtienen estos resultados, debido a pérdidas de cultivo o de piladas e ineficiencias en los procesos de cultivo y extracción, entre otros. Esta situación afecta la competitividad del añil, y por ende los ingresos de las personas involucradas.

Por lo anterior, el Proyecto **Fomento de Competitividad de las Agroindustrias Rurales del Marañón y Añil en El Salvador OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC**, el **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA**, y el **Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE MINEC/GTZ** consideran la investigación en cultivo y procesamiento, la tecnificación de los procesos y la transferencia tecnológica como factores claves para lograr un aumento de la calidad del añil, una disminución de su variabilidad, un incremento de los rendimientos y una reducción de costos.

Con esta finalidad, se coordinó un proceso de generación y transferencia tecnológica participativo, que conllevó a la elaboración de la publicación que el lector tiene entre sus manos. Dicha publicación es parte de una serie de dos guías técnicas y dos cartillas sobre el cultivo y procesamiento del añil en El Salvador, que constituyen herramientas que esperamos sean ampliamente consultadas por todas las personas interesadas en incrementar la competitividad del sector añilero, contribuyendo de esta manera a mejorar la calidad de vida de las familias rurales involucradas en este rubro y la satisfacción de crecientes números de consumidores.

Ing. Rogelio Sotela
Director
Oficina de la OEA en El
Salvador

Dr. Keith L. Andrews
Representante
IICA en El Salvador

Dr. Frank Pohl
Coordinador
Componente Cluster, Cadenas
Productivas y Ramas
Programa FORTALECE /
MINEC-GTZ

ANTECEDENTES

El colorante azul añil es parte del legado histórico-cultural y socio-económico de Mesoamérica, particularmente de El Salvador.

Usado durante la época precolombina teñir textiles y cerámicas principalmente, los españoles, después de la Conquista, iniciaron en Nicaragua la industrialización de la extracción del añil. Luego, la industria se trasladó a El Salvador, en donde se estableció definitivamente. El añil se convirtió en un importante producto de exportación hacia Europa, en donde compitió con el colorante europeo llamado Pastel hasta tal punto que Europa restringió – y sancionó – las importaciones de añil. El Salvador, de apenas 21,000 km², llegó a contar con más de 6,000 obrajes. Fue su principal producto de exportación de El Salvador hasta 1872, cuando fue desplazado por el café.

En su apogeo el añil ocupaba el primer lugar entre todos los colores utilizados por los textiles a nivel mundial. Sin embargo, su importancia en el comercio de colorantes cayó drásticamente a raíz del descubrimiento del método de síntesis de la anilina en 1897. Por sus precios más bajos y sus buenas propiedades para la industria (tales como la mayor capacidad de fijación), significó el fin de la industria añilera. La última fábrica de teñido de El Salvador cerró en 1974.

A finales del siglo XX, la preferencia de un nicho de consumidores preocupados por el medio ambiente y la salud humana, hacia los colorantes naturales abre nuevas posibilidades para el añil de El Salvador.

En 1992, CONCULTURA comienza a promover el rescate cultural del añil, buscando transmitir el conocimiento de su cultivo y utilización artesanal. Posteriormente, en 1995, el Gobierno Alemán, a través de la GTZ, financió el apoyo técnico y de comercialización del añil, habiendo tenido como contraparte a la asociación AGRONATURA. El CENTA y el IICA inician las primeras recopilaciones técnicas en 1996. Desde 1998, el Gobierno de Japón, país que cuenta con una larga tradición en el cultivo, procesamiento y uso del añil, brinda a los productores y artesanos salvadoreños un apoyo en el área de teñido de textiles. En 1999, AGRISAL propicia la creación de un comité impulsor del añil, integrado por IICA, GTZ, AGRONATURA, CONCULTURA, MAG, CENTA y productores de añil.

En julio del 2000 se organiza el Primer Encuentro Nacional sobre el Cultivo y Procesamiento del Añil, cuyo fin era sistematizar experiencias y compartir lecciones aprendidas. La investigación en el cultivo y procesamiento del añil se convierte en uno de los ejes principales de trabajo. Se implementa un proceso de generación y transmisión horizontal de conocimientos, bajo el cual cada productor pone en práctica diversos métodos y experimentos que son posteriormente divulgados en giras, talleres y reuniones. Los productores y artesanos del añil forman nuevas asociaciones: AZULES, ADEPAO, ACOPADIM, los Amigos del Añil, entre otras. Nuevos cooperantes se unen al esfuerzo: BCIE, FIAR/PRODAR, CIDI/OEA principalmente, que permiten la realización de varias investigaciones técnico-científicas desarrolladas en gran parte por medio de la Universidad de El Salvador.

Cinco años después del Primer Encuentro, se consideró oportuno llevar a cabo un proceso similar que permitiera a los productores de añil conocer los avances tecnológicos logrados, y luego replicar las mejores prácticas.

Con este propósito, el Proyecto **Fomento de Competitividad de las Agroindustrias Rurales del Maraón y Añil en El Salvador** OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC, el **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA** y el **Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE MINEC/GTZ** coordinaron una extensa investigación bibliográfica, entrevistas personales con productores de añil en todo el país, toma de datos de campo y análisis de laboratorio que culminaron con la realización de cuatro talleres de intercambio de experiencias: en San Miguel, Morazán, Los Nonualcos y la región occidental, en los cuales participaron 42 personas. Producto de los hallazgos de esta labor, se elaboraron dos guías técnicas y dos cartillas de divulgación, relativas al cultivo de Jiquilite y al procesamiento del añil, que contienen información práctica, recomendaciones comprobadas y orientaciones para futuras investigaciones.

Ing. Nadia Chalabi
Coordinadora
Proyecto Fomento de la
Competitividad de las
Agroindustrias Rurales del
Maraón y Añil en El Salvador

AGRADECIMIENTOS

El Proyecto **Fomento de Competitividad de las Agroindustrias Rurales del Marañón y Añil en El Salvador OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC** (financiado con recursos procedentes de CIDI/OEA), el **Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA**, y el **Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE MINEC/GTZ** desean extender sinceros agradecimientos a todas las personas y entidades que hicieron posible las investigaciones en torno al cultivo y procesamiento de añil y la publicación de la presente guía técnica:

Productores de ADEPAO/AZULES: Miguel Ventura, con especiales reconocimientos por su acompañamiento técnico y colaboración en la organización de los talleres de la zona oriental, Elba Gloria Martínez, Manuel Ochoa R., Juan Francisco Rivas, Carlos Alberto Portillo, Ricardo Benavides, Miguel Ángel Espinal, Fernando Argueta, René Isaac Alvarenga, Víctor Manuel Romero, Cruz Alberto Rivera, Inocencio Callejas.

Grupo Asociativo Los Nonualcos/AZULES: Juan Arnulfo Asturias Robles, Juan Carlos Guevara Hernández, José Pablo Rivera Mejía, Napoleón Hernández, Ricardo García Bernal, Margarita Ortiz de Villacorta, Antonio Guillén Delgado, Humberto Rivas Alfaro, Alejandro Hernández, José Cañas, Ricardo Antonio Rivas, Alejandro Hernández Ramírez, Osmin Vásquez Vásquez, Domingo R. Villacorta, Napoleón Zepeda, Enelson Baltasar Rivas.

Otros productores de AZULES: Raúl Pineda Clará agradeciendo especialmente su colaboración en la organización del taller de occidente, Rhina Yolanda de Rehmman por haber facilitado la realización de pruebas de procesamiento en la Hacienda Los Nacimientos, Grace Guirola e Ivan Seassal quienes pusieron a disposición la Hacienda San Juan Buenavista para el establecimiento de la planta-piloto de extracción de añil, Raúl Olmedo, José Antonio Martínez (El Sauce), Miguel Tomas López.

Productores de ACOPADIM: Santiago Pereira, Joaquín Romero, Carlos D. Díaz, José Isaias Ventura, José Cornelio Gómez Díaz, Benedicto Cabrera Argueta, Cristóbal Gudiel.

Productores de ASAÑICA: Víctor Manuel Martínez, Joel Pineda Rivas.

Encargados de producción: Lucas Benítez (Los Nacimientos), Salomón Zelada (Cooperativa San Carlos).

AMIGOS DEL AÑIL: Lorenzo Amaya Guevara.

Personal técnico de los organismos de apoyo al sector añilero: Nadia Chalabi y Carolina Rivas (IICA), Ana Estela González (GTZ), Víctor Manuel Espinoza (ADEL Morazán), Milton Reyes y Carlos López (ISTA), Mario Rolando Sánchez (PRODAP), Oscar Manuel Sánchez Alvarado (FUNDEMUSA).

José Mardoqueo González, Ruth Emilia de Quintanilla y Oscar Enrique Bonilla, consultores.

Eric Palma, Margareth de Baires y Gertrudis Bonilla, personal de apoyo de las entidades patrocinadoras.

INTRODUCCIÓN

Al tinte de añil los Romanos lo llamaron indicum (indio), de donde se formó la palabra índigo, los árabes tomaron la palabra de sánscrito nil y la convirtieron en añil (color azul). Todos los pueblos que conocieron y se beneficiaron del añil, lo utilizaron preferentemente para teñir textiles y en menor medida en otras actividades.

Considérase a la India como patria del añil, en la actualidad es el mayor productor mundial. El añil en América se conocía y se procesaba desde la época prehispánica para teñir indumentarias y en las ceremonias rituales.

El cultivo del añil fue hasta finales del siglo XIX un cultivo importante empezando su decaimiento a partir de 1897, cuando Bayer lanza al mercado la anilina como colorante sintético de bajo costo, y comienza en todo el mundo a sustituir al añil natural. No obstante el añil artificial no ha logrado sustituir del todo al natural. En los años recientes al descubrirse algunos efectos nocivos de los colorantes artificiales, el mundo está volviendo a los colorantes naturales, y entre estos se encuentra el añil, con una producción reducida pero una demanda que va en aumento.

El tinte de añil se obtiene del Jiquilite, un arbusto de 1 a 1.5 m; tallo erguido, subleñoso, ramificado y velloso; raíz sencilla o tuberosa; hojas compuestas de 11 hojuelas oblongas y ovals de 1 a 3 cm., flores amariposadas, amarillas, rosadas o purpurinas; los

frutos son vainas oblongas, lisas y encorvadas con 5 a 10 semillas angulosas. Se utiliza el follaje, antes de que la planta floree, o en el momento de la floración, para extraer la sustancia colorante llamada añil.

El añil natural que se obtiene de este arbusto contiene, especialmente en la época de floración, cierta cantidad de un glucósido, llamado indican, capaz de descomponerse en una materia colorante, la indigotina o azul de añil (o mejor dicho, en indoxil, que por oxidación da indigotina), y un azúcar, denominado indigo-glucina.

El colorante obtenido varía de una pureza del 10 al 80 por ciento de indigotina, que depende de muchos factores, que van desde las condiciones de siembra hasta la experiencia de los punteros en el proceso final.

La presente guía técnica expone los resultados de investigación sobre el procesamiento del añil. Dicha investigación se ha realizado con aportes de productores y procesadores de todo el país afiliados a las diferentes organizaciones de añileros, mediante entrevistas personalizadas y talleres participativos, para recopilar las diversas prácticas observadas en el país y elaborar de esta manera recomendaciones adaptadas a diferentes condiciones agroclimáticas y económicas.

1. BIOQUIMICA DEL AÑIL

El componente principal del indigo natural es la indigotina. El añil de mejor clase contiene más de 60% indigotina, el de clase mediana 40 a 50% y el de clase inferior menos de 20%. Los componentes restantes son el rojo de indigo (indirrubina), pardo de indigo, cola de indigo, agua y cenizas que consisten principalmente en carbonatos de calcio y de magnesio, alúmina y óxido de hierro.

Por lo tanto, la variable respuesta a registrar será el contenido de indigotina del añil extraído, ya que la

buena calidad de un indigo depende de esta variable.

El indigo se encuentra en el cultivo de Jiquilite en forma de indican $C_{14}H_{17}O_6N+2H_2O$ descubierto por E. Schunck. Es un glucósido que por hidrólisis (por fermentación o con ácidos) se descompone en glucosa e indoxil. Este último se oxida al aire inmediatamente y queda transformado en indigotina. En la figura 1 se muestra el proceso de transformación del indican a indigo.

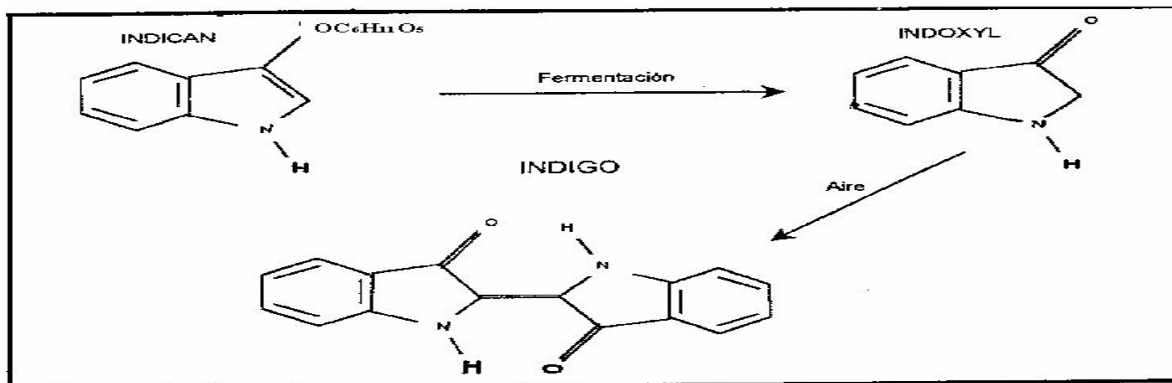


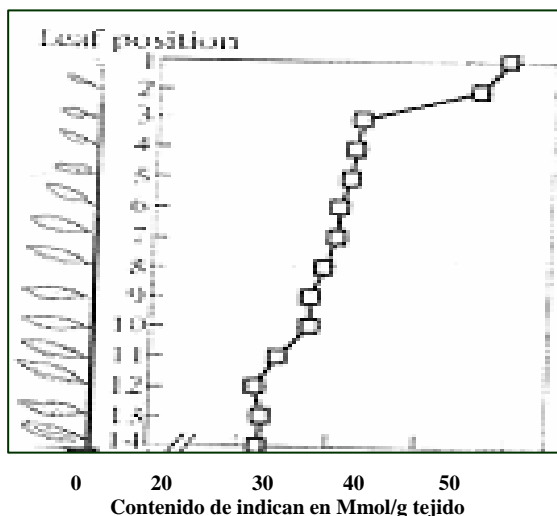
Fig. 1. Proceso de Transformación del Indican a Indigo (Esquivel, 1983)

De acuerdo con Minami y colaboradores, el contenido de indican se acumula en las hojas de la planta y no en otros tejidos como flores, raíces, tallos o semillas.

En la hoja de la planta, el indican se encuentra dentro de los protoplastos y vacuolas de las células. El estudio de Minami y colaboradores muestra que el contenido promedio de indican por vacuola y por protoplasto fue de 1.4 y 1.1 pmol.

Según Minami, "durante el desarrollo de la planta, el contenido de indican varía. Antes de los ocho días de crecimiento de la planta no se puede detectar indican. Es hasta que se desarrollan las hojas que se puede encontrar. Dentro de la planta madura, son las hojas más jóvenes las que presentan mayor contenido de indican".

La figura 2 muestra que la primera y segunda hoja desde la parte superior son las que tienen mayor contenido de dicha sustancia.



La posición 1 representa la hoja más alta en la planta. Los valores presentados son promedios de 5 experimentos. (Planta *Polygonum tinctorium*).

“El factor masa de agua presenta una tendencia a aumentar el porcentaje de indigotina cuando sus niveles tienden al mínimo, mientras que el efecto de los factores tipo de hoja y tiempo de oxigenación aumenta cuando sus niveles tienden al máximo. (Minami 2000).

Figura N° 2. Distribución del contenido de indican como una función de la posición de la hoja. (Minami, 2000).

2. USOS DEL AÑIL

En la historia de la humanidad, el añil ha sido preferido y más utilizado. “En épocas pasadas se utilizaba en China y Japón para contrarrestar el efecto venenoso de diversos insectos y culebras. En algunos lugares, los campesinos acostumbraban usar trajes teñidos con añil para ahuyentar a insectos venenosos”.

“En América el añil fue utilizado desde la época prehispánica. Según el historiador español Fray Diego de Landa, los Mayas utilizaban una pasta de añil a la que le daban el nombre de “Ch’oh” y lo utilizaban en rituales tanto de fecundidad así como agrícolas, de sacrificios humanos o para la purificación del templo. El añil era muy popular para curar todo tipo de enfermedades intestinales como: diarrea, cólico, disentería, indigestión,

estreñimiento, etc. También era utilizado para curar debilidad, la tos, la gripe, las inflamaciones de la piel, quemaduras, sudor, flujo y muchas enfermedades. El historiador Bernardino de Sahún relata como los indígenas mezclaban pasta de añil y ésta era untada en la cabeza para curar enfermedades. Se cree que estas enfermedades se referían a la caída del cabello o el teñido del mismo (canas)”. (Primer encuentro Nacional para la Producción, Usos y Mercadeo del añil en El Salvador, Julio 2000).

En México, los troncos molidos de Jiquilite se utilizaban para curar úlceras, las hojas mojadas aplicadas en forma de emoliente sobre la cabeza quitaban el calor a los niños, al igual que el dolor de cabeza. También

se utilizaba la raíz de Jiquilite para curar las fiebres intermitentes.

“Desde épocas remotas el añil también fue utilizado como colorante para textiles, cerámica y pintura en general. Aún tenemos vestigios en cerámica y arquitectura; un ejemplo de este último es el mural Bonampak en Chiapas, México, en el que predomina el color azul turquesa conocido como “Azul Maya” hecho a base de añil y de una arcilla llamada atapulguita. En nuestro país, se han encontrado varias piezas cerámicas que fueron pintadas con “Azul Maya”. (Primer encuentro Nacional para la Producción, Usos y Mercadeo del añil en El Salvador, Julio 2000).

Las investigaciones confirman que en 55 D.C. el manejo del pigmento

estaba muy difundido en Centro América, incluido el occidente de El Salvador y en México. El uso de diferentes tonos de azul en los trajes que usan los mayas actuales, especialmente en Guatemala, es una tradición heredada, que ofrece una idea del empleo antiguo del añil en textiles. (Gallardo, 1977).

En la actualidad, el añil se utiliza para teñir textiles, alimentos, cosméticos, medicamentos, pintura para murales, pinturas para niños entre otros. También se usa en menor medida para teñir papel, madera, corcho, cerámica y fibras naturales en general.

3. ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA AÑILERA

En el año 2200 A.C. el añil ya era conocido en Egipto. Y en el tiempo de Tolomeo, los Romanos compraban telas teñidas en el Valle del Nilo a precios muy elevados, llegando a exportarse para el año 2000 A.C. a los países del Mediterráneo y Grecia. En la época de las cruzadas se introdujo en Italia. (Kojima, 1991).

Fue Marco Polo, alrededor del año 1300, el primero en dar a conocer en Europa el procedimiento de obtención de la tinta del añil. La importación holandesa de añil desde Asia empezó en 1516. En 1610, las factorías de Cambia y Surta en la India exportaban 200,000 libras de añil, en el mismo año los holandeses fletaron 160,000 libras

del colorante desde Asia. (Browning, 1975).

El añil fue el producto agrícola alrededor del cual giró fundamentalmente la economía de Centroamérica durante cerca de más de trescientos años que van desde finales del siglo XVI hasta finales del siglo XIX (Rubio Sánchez, 1976). Su origen fue muy discutido en un tiempo, debido que algunos creen que fueron los Españoles quienes enseñaron a los Americanos la manera de beneficiar el añil o Xiquilite (Jiquilite). El historiador Clavigero, afirma que los Toltecas ya conocían el uso del añil y los antiguos Mejicanos sabían hacer uso del precioso vegetal aunque el modo de prepararlo era diferente al de los Españoles. Hoy en día, se ha comprobado científicamente la

existencia de unas especies nativas de plantas de añil en el continente americano, entre las cuales se encuentra la *Indigofera suffruticosa*, la cual contiene mayor cantidad de indican que la *Indigofera tinctoria*, originaria de la India, y naturalmente fue utilizada por los indios americanos desde tiempos muy remotos. (Kojima, 1994).

Existían diferentes métodos para el procesamiento de la *Indigofera*, pero el más común consistía en la fabricación de contenedores largos de madera, llamados pilones o canoas. Estos se fabricaban al cortar un tronco de árbol y hacerle un extenso agujero, a manera de canoa sin proa ni popa. Los troncos huecos se llenaban de agua y, luego de sumergir las plantas de Jiquilite en ellos, se batía el líquido hasta que las hojas despidieran el colorante y la pasta quedara depositada en el fondo. Al eliminar el agua cuidadosamente, el producto era extraído y secado, listo para su uso. (Gallardo, 1977).

“Los colonizadores trataron de modificar los métodos de producción empleados por los indígenas, ya que el contacto humano con el agua mezclada y con el colorante se consideraba nocivo para la salud. A finales del siglo XVI, los métodos prehispánicos se volvieron ineficientes y se propagó la construcción de obrajes que permitieron generar mayores cantidades de pigmento para el comercio.

Los obrajes españoles se construían con piedra, cal, arena y madera, y estaban compuestos generalmente de una o dos pilas de remojo, donde

permanecían las plantas sumergidas en agua. Tenían también una o dos pilas de batido, donde se agitaba el agua mezclada con el colorante para que el producto en forma de pasta se depositara en el fondo; de allí se extraía para secarlo. La fuerza para agitar el líquido en las pilas de batido podía ser humana o hidráulica, según el tipo de obraje. Estas fábricas añileras se emplearon en México y en casi todo Centro América, especialmente en El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua.”

Con relación a la exportación de añil salvadoreño, hacia 1573 aparecieron los primeros zurroneos de tinta en el puerto de Acajutla, que llevaban el producto a la Nueva España; en 1580 el comercio ya estaba establecido en el área que constituye la provincia de Guatemala, siendo El Salvador el mayor productor de esta área. En 1625 existían, en la provincia de San Salvador más de doscientos obrajes. Los mayores centros de producción en lo que ahora es El Salvador se encontraban en las regiones de San Miguel, San Vicente y las cercanías de San Salvador. Las exportaciones se dirigían en su mayoría, hacia España, de donde se distribuían a otras naciones europeas. Los precios y la demanda variaron con los años, según las circunstancias. (Gallardo, 1977).

Entre 1580 y 1620 las exportaciones de añil reemplazaron a las de cacao, ocupando las mismas áreas para su cultivo. Sin embargo después de un período de prosperidad, el añil se estancó y permaneció olvidado durante medio siglo. Un pequeño grupo de productores mantuvo el entusiasmo, experimentando y esperando mejores oportunidades. (Cardenal, 1996).

El añil fue el principal producto de exportación de El Salvador hasta finales del siglo XIX, cuando fue desplazado por el café.

4. INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE PR

4.1. Extracción de añil con hoja seca.

(Ushida, 2004).

Estos ensayos han sido realizados por Satoshi Ushida en Japón. Concluyó que el indican de la *Indigofera* puede ser mantenido dentro de la hoja seca, pero depende de las condiciones de secado. La remoción rápida de la humedad en las hojas frescas produce hojas secas verdes de *Indigofera* que contienen bastante indican. Sin embargo, si las hojas frescas se secan lentamente, la hidrólisis del indican (para formar indigotina) puede llevarse a cabo por la enzima de *Indigofera* cuya actividad es lenta.

Los valores de indican en las hojas secas dependiendo del tipo y condiciones de secado oscilan desde 0.13% a 2.30%.

4.2. Evaluación de las variables de secado para la conservación de la planta de añil (*Indigofera spp.*).

(Hernández, Pérez, 2003).

Esta investigación se realizó con el propósito de conservar la planta de añil, para que la materia prima pueda estar disponible en excelentes condiciones y ser procesada en diferentes épocas del año, siendo secado y luego almacenada.

Las pruebas consistieron en secar hoja fresca y luego realizar el proceso de extracción de tinte a partir de la hoja seca. Del tinte obtenido se medía su contenido de indigotina y su peso.

Existe diferencia en el porcentaje de indigotina obtenido en función del tipo de secado de hoja. El secado en estufa sin circulación de aire produce el comportamiento más estable en cuanto a contenido de indigotina, a temperaturas de 38 y 45 °C con respecto al secado solar y secado el artificial de bandejas. En el secado solar, se produce un decaimiento más significativo en el porcentaje de indigotina del colorante. En el secador de bandejas se observa que a la menor temperatura se presentan los mayores rendimientos en el porcentaje de indigotina.

Existe una marcada influencia de la especie de la planta sobre el comportamiento del porcentaje de indigotina y el peso de colorante independientemente del tipo de secado. Puede observarse que la *Indigofera guatemalensis* produce mayor rendimiento y mejor estabilidad en cuanto a ambas características que la especie *Indigofera suffruticosa*, para los tres tipos de secado.

Existe un efecto significativo del aumento de la temperatura sobre el porcentaje de indigotina en el colorante extraído. Tanto para el secado en estufa como en

secador de bandejas, el aumento de la temperatura provoca en general una disminución e inestabilidad en el porcentaje de indigotina, volviéndose más notable para la especie *suffruticosa*. Este efecto negativo puede deberse a la descomposición de los principios activos del colorante, produciéndose probablemente compuestos diferentes a la indigotina.

Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan la necesidad de llevar a cabo estudios más detallados de los procesos de secado experimentados aplicados a la hoja de la planta de añil. Estos estudios pueden ir orientados a determinar y cuantificar el efecto de las variables controlables en cada secado.

4.3. Caracterización físico - química del proceso de producción de colorante de añil (*Indigofera spp.*) en El Salvador.

(Padilla, Santamaría, 2003).

Esta investigación se realizó con pruebas pequeñas en laboratorio, utilizando 1 litro de agua por 50 gramos de hoja fresca. Se obtuvieron los resultados siguientes:

Los niveles que optimizaron la etapa de fermentación son: temperatura de 69 °C, pH de 8.48 y tiempo de 24.9 horas. Con estas condiciones el porcentaje de indigotina fue de 47.79%.

Los niveles que optimizaron la etapa de oxigenación son: temperatura ambiente, pH de 7.0 -7.25 y tiempo de 15 minutos. Bajo estas condiciones el

porcentaje de indigotina con agua proveniente de pozo fue de 32.62% y con agua de nacimiento fue de 31.36%.

Para la etapa de oxigenación, la temperatura óptima a utilizar es la temperatura ambiente. Dentro del rango estudiado para este factor (temperatura ambiente hasta 50°C), se demostró que éste no ejerce una influencia significativa. Por tanto y debido a que el nivel de temperatura que maximiza la respuesta para la etapa de maceración es de 69 °C. Se recomienda realizar un enfriamiento posterior a la etapa de maceración hasta una temperatura de 50 °C o menos. Si el enfriamiento no se efectúa, el porcentaje de indigotina disminuye.

4.4. Alternativas técnico-prácticas para reducir el tiempo de extracción de pigmentos sólidos de añil (*Indigofera spp.*)

(Colocho, García, Hurtarte, 2003).

Se evaluaron diferentes tiempos de fermentación (6,12 y 18 horas), adicionando diferentes estimuladores en cada tratamiento; como: cuajatinata, a razón de 10% del peso de biomasa de añil; cal, en una proporción de 0.12 gramos de cal hidratada por litro de agua e hidróxido de sodio (NaOH), a razón de 1 cc por litro de agua.

En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que bajo las condiciones en la cuales se desarrolló la investigación, se encontró un rendimiento favorable a los efectos que podría tener la adición de cal al agua de la pila de fermentación utilizando cal hidratada en una proporción de 120 gramos por m³ de agua y permaneciendo la biomasa en la

etapa de fermentación por un período de 12 horas, pudiendo favorecerse la hidrólisis enzimática y consecuentemente la obtención de tinte.

Estos resultados han sido probados bajo condiciones de laboratorio y falta su consecuente validación en el obraje.

4.5. Optimización de la extracción de colorante de la planta de añil (*Indigofera spp.*) para su utilización en la industria. (Lima, Morales, Orellana, 2002).

Se plantea la construcción de 3 tanques de maceración de lámina de 1/8 de pulgada de espesor con capacidad para producir 1 libra de polvo de añil por unidad. Esta etapa durará 18 horas.

El tanque de aireación recibirá el líquido procedente de cada uno de los tanques de fermentación, se le inyectará aire a presión para oxidar el indoxil a indigotina durante 55 minutos. El polvo de añil será separado del agua por una centrifuga batch.

Durante el desarrollo de la etapa experimental, pudo observarse que tanto el tamaño como el estado de madurez de la planta influyen significativamente en la calidad de indigotina obtenida.

Los factores más significativos en el proceso de extracción del colorante y sus niveles óptimos son: tipo de hoja fresca, uso de glucosa en la maceración (5% del peso de la materia verde), relación hoja-masa de agua

(1:20), maceración (18 horas), oxigenación (55 minutos con una presión de 32.4 libras por pulgada cuadrada).

El rendimiento de añil en promedio fue de 1.6 gramos de colorante por 100 gramos de hoja utilizada.

El diseño de la planta propuesta para la extracción del colorante reduce significativamente los tiempos actuales

de procesamiento de 5-6 días a 20 horas, además de aumentar el rendimiento en polvo y su contenido de indigotina.

4.6. Diseño de ingeniería de una planta piloto para el procesamiento del añil.

(Ramírez, Rodríguez, Zuleta, 2003).

En esta investigación se determinaron que los efectos más significativos sobre el contenido de indigotina son:

Volumen de agua. Presenta una tendencia a aumentar el porcentaje de indigotina cuando sus niveles respecto al peso de la hoja son bajos. El mínimo de volumen de agua corresponde a la relación 1:20, es decir que para 50 gramos de hoja se necesitan 1000 gramos de agua (1 litro).

Tipo y calidad de la hoja. El porcentaje máximo de indigotina se observa con hoja fresca. En la planta madura, son las hojas más jóvenes las que presentan mayor contenido de indican. Los estudios realizados por Minami en la especie *Polygonum tinctorium* muestran que el contenido de indican se acumula en las hojas de la planta y no en otros tejidos.

Oxigenación. De acuerdo a investigaciones realizadas en laboratorio con una bomba de aire de pequeña capacidad, se presenta el valor más alto de contenido de indigotina, en las condiciones de 32.4 libras por pulgada cuadrada de presión y un tiempo de 50 minutos.

4.7. Construcción de una planta moderna de extracción de añil.

(2003)

A raíz de los resultados de las investigaciones precedentes (4.2. a 4.6), la Universidad de El Salvador construyó, en San Miguel, una planta moderna de extracción de añil, con financiamiento de JICA y FIAR/PRODAR/IICA.



Figura N° 3: Construcción de una planta moderna de extracción de añil en la Universidad de El Salvador, San Miguel.

4.8. Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento de añil (proceso BLAGAR).

(Blandón, Garza, 2004)

El equipo utilizado en el proceso BLAGAR consta de 2 tanques de agua con capacidad de 425 litros de agua cada uno, tinajas de acero inoxidable de 400 litros de capacidad para la maceración, aireado y sedimentación, intercambiador de calor, tanque de gas propano, horno microondas, molino, bomba para manejo de líquido lixiviado y aireado, bomba

aireadora Blower (tipo jacuzzi) taladro para eje mezclador y centrífuga, balanza de precisión, cristalería de laboratorio, caja térmica e interruptor.

Durante la etapa de maceración, ocurre el fenómeno de lixiviado. El proceso se realiza a una temperatura de 65 °C y un pH de 8.5; es afermentativo y requiere 4 horas. La etapa de aireado se da a una temperatura menor a 50 °C, pH de 7.5, presión de trabajo 0.1 Kg/cm² y un tiempo de 30 a 45 minutos. La sedimentación se realiza con un separador centrífugo de flujo continuo. El secado se realiza en horno microondas. El molido se realiza con un molino eléctrico de mesa.

En la planta piloto la cantidad a procesar es pequeña comparada con un obraje tradicional, pero la capacidad de los equipos podría ser incrementada para su uso a escala industrial.

Figura N° 4. Planta-piloto de procesamiento de añil (Proceso BLAGAR).

En el obraje tradicional la confiabilidad del proceso depende del clima y de la habilidad del puntero; en el proceso BLAGAR, las variables se controlan con instrumentos, lo que garantiza la obtención de una calidad homogénea del añil. Además, el proceso se realiza en un ambiente cerrado que evita contaminación del producto. Finalmente, el tiempo total requerido para la extracción del añil es de 7.4 horas, lo que representa un considerable ahorro de tiempo, en comparación con el obraje.

El costo de procesamiento BLAGAR es más elevado en un 68% que uno tradicional debido a todos los instrumentos empleados. El costo de operación más influyente es el calentamiento del líquido de lixiviado.



4.9. Obraje de pilón con cámara de calentamiento.

Es un obraje tradicional mejorado, inspirado en el proceso BLAGAR. Tiene una cámara de calentamiento para calentar el agua de la pila de maceración, un sistema de oxigenación equipado de 2 bombas Blower, tipo jacuzzi, un horno para secar la pasta de añil obtenida en el proceso.

diferentes etapas: la fermentación a 4 horas, la oxigenación a 15 - 20 minutos. El filtrado se realizará a través de tendales de manta de la manera tradicional, y el secado en un horno de bandejas.

Este obraje operará por primera vez con la cosecha del año 2005, por lo que aún se requiere validar su eficacia.

Se espera reducir los tiempos de las

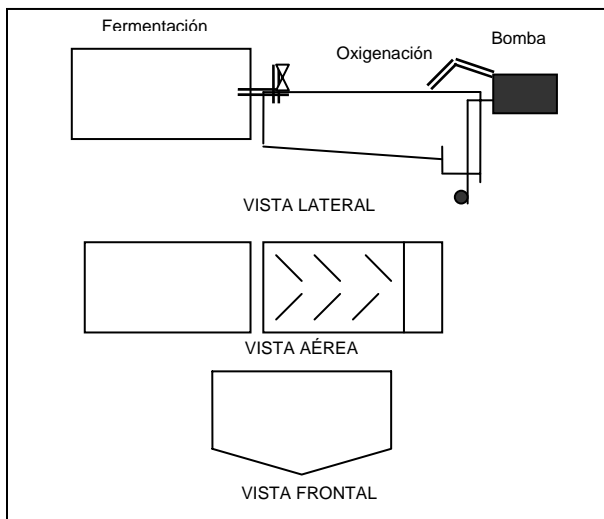
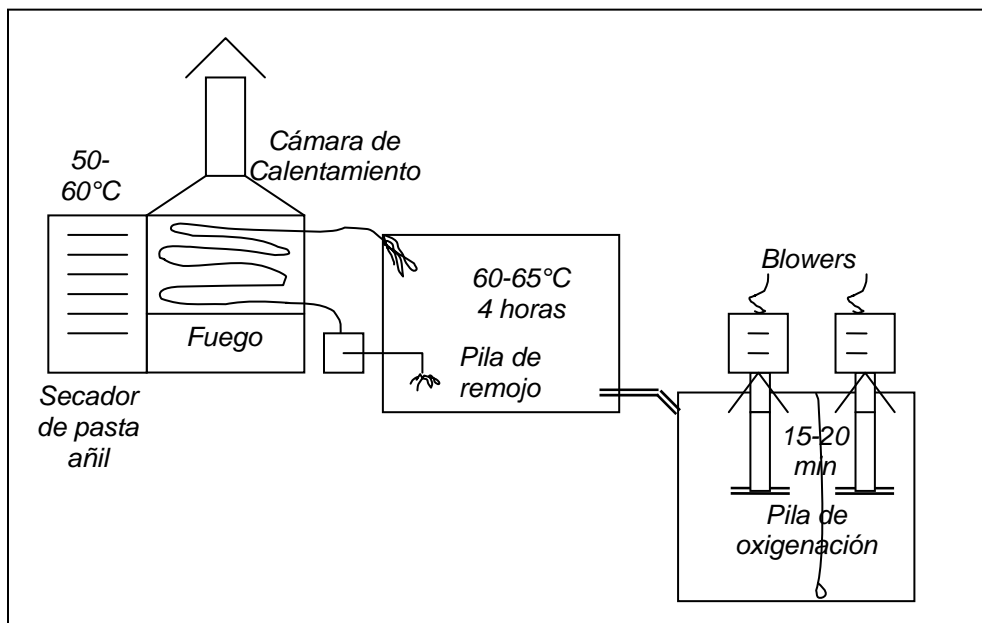


Figura N° 5. Esquema del obraje de pilón mejorado de Miguel Ventura, San Miguel.

Figura N° 6. Disposición y formas de las pilas del obraje de pilón de Miguel Ventura, San Miguel.



Figura N° 7. Obraje de pilón con cámara de calentamiento de Miguel Ventura, San Miguel.

5. ETAPAS PROPUESTAS PARA EL PROCESAMIENTO DEL AÑIL

En El Salvador, la obtención de añil o tinta a partir de hierba fresca de Jiquilite está siendo explotada en forma artesanal, es decir utilizando el método tradicional de extracción en obraje. Esta forma de procesar es considerada como parte de nuestra herencia y en la actualidad ha sido retomada realizando leves modificaciones.

Las principales modificaciones consisten en realizar el aireado utilizando paletas de diferentes formas con movimientos en línea recta, circulatorios o giratorios, o utilizando una bomba achicadora o compresores que bombean aire desde la base del obraje para un oxigenado más rápido. La mayoría de productores no realizan registros de costos de procesamiento, registros de control de la materia verde por área, registro de actividades de procesamiento, controles de temperatura, pH y cantidad de agua.

5.1. Obraje.

Es una estructura donde se procesa el Jiquilite para extraer el tinte de añil. Su tamaño es muy variado dependiendo del área a procesar. Su forma puede ser rectangular o cuadrada. El material de construcción es piedra, ladrillo, o bloque afinado con un revestimiento de cemento en su parte interna para evitar fugas de agua. La mayoría de obrajes están contruidos por una pila de remojo o “fermentación”, una pila de batido (o aireado u oxigenación), aireado o batido y una pilita de descarga de agua. Otros están contruidos de tres pilas: la de remojo, la de aireado y la de sedimentación.

Las pilas tienen orificios de comunicación (generalmente tuberías con válvulas) para que el agua pase de una pila a otra. De este modo, cuando el agua de la pila de remojo pasa a la pila de oxigenación, se vuelve a cargar la primera pila en donde se lleva a cabo la etapa que requiere más tiempo (14 a 24 horas). Cuando está oxigenada el agua del primer proceso y sedimentada, ya se tiene lista la otra pilada de fermentación para continuar otro proceso.

La pila de fermentación está ubicada a un nivel superior con respecto a las otras; la pilita de descarga de agua es la que se ubica al nivel más bajo.

Las pilas deben tener una pequeña pendiente en el fondo para facilitar el paso de agua de una pila a otra, en las esquinas no deben formar ángulos rectos, para evitar acumulaciones y sea más fácil su manejo; algunas tienen una poceta en la parte central o en la salida del agua.

Los obrajes pueden ser techados, aunque algunos no lo son, de acuerdo a las condiciones económicas de cada productor.

Otro insumo a considerar es el agua a utilizar. Es importante que su ubicación se encuentre cercana al obraje para facilitar su traslado.

Las medidas del obraje adecuadas para un productor que cultiva 5 Mz. son de 2 metros de largo por 1 de ancho y 1.25 de profundidad. Se puede reducir el tiempo de procesamiento colocando una pila de fermentación y dos pilas de oxigenación y sedimentado. Este obraje tiene una capacidad de 1500 libras de materia verde.



Figura N° 8. Obraje techado de 3 pilas Hacienda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.

5.2. Cosecha.

La materia prima para el proceso de obtención de añil es el follaje de la planta, la cual debe ser cuidadosamente seleccionada para su procesamiento, pues el punto óptimo de madurez de la planta es de suma importancia para obtener un buen resultado en la obtención de tinta.

La materia verde debe cortarse en el primer año de siembra del cultivo más o menos de agosto a septiembre, cuando la planta tiene una altura de 1.5 a 2 m. Se debe cortar a una altura de 30 a 40 cm del suelo, con machete, cuma, corvo, tijera de podar y hoz, bien afiladas. Estas herramientas no dañan el tronco, por lo cual pronto surgirán los nuevos brotes.



Figura N° 9. Obraje no techado de 2 pilas, Grupo Los Nonualcos, San Rafael Obrajuelo, La Paz.

Se debe cortar cuando empieza a aparecer la floración y mientras la planta está floreciendo. También puede tomarse como parámetro la coloración amarilla de las hojas de la parte inferior de la planta. Pasado este período el contenido de indigotina que se obtenga puede bajar.

El segundo corte puede realizarse cuarenta y cinco días después del primero.

En el segundo año se puede iniciar la cosecha en junio - julio, cuando empieza a florecer y continuar durante la floración que puede finalizar en septiembre - octubre. También puede tomarse como parámetro la coloración amarilla de las hojas de la parte inferior de la planta.

En el tercer año se toman los mismos criterios que para el segundo año. Después del corte de tercer año la planta comienza a morir y es mejor renovarla porque sus rendimientos son bajos y su explotación ya no resulta rentable. En el primer corte del segundo año es cuando, de acuerdo a la experiencia de los productores, se obtienen los mejores resultados, mayor contenido de biomasa y cantidad de tinta; el contenido de indigotina depende de muchos factores.

La obtención de la materia verde debe realizarse de preferencia en las primeras horas de la mañana en un periodo de 5:00 a.m. – 9:00 a.m para evitar pérdidas de humedad y marchitamiento de la planta; después de cortada debe transportarse lo más rápido posible a la pila de remojo o

“fermentación”, y debe colocarse a la sombra. El material cortado no puede esperar más de seis horas, de preferencia a la sombra, antes de ser procesado.

5.3. Fermentación, maceración o remojo.

En esta etapa se coloca la materia verde, de preferencia hoja y ramas laterales para obtener mejor eficiencia, ya que en los tallos no se encuentra tinte y estos aumentan el volumen de biomasa en la pila.

El material debe pesarse para saber la cantidad que se está procesando y conocer la relación peso del material - volumen de agua para medir la eficiencia en el proceso.

Se coloca acostado en capas, en forma transversal, libre de malezas, tierra y otras impurezas. Se prensa con palos, piedras, madera o amarado con lazo para evitar que flote. El agua debe quedar 10 cm. arriba de la materia verde. Dependiendo de la fuente de agua y tamaño de la pila, así será el tiempo que tarde en llenarse la pila; oscila entre 0.5 a 1 hora. La materia verde se deja en remojo durante un período que oscila de 14 a 24 horas, dependiendo de la temperatura del agua y si es obraje techado o no techado (en un obraje no techado el agua tiende a calentarse más por acción del sol). Para acelerar el proceso de fermentación se puede agregar glucosa a la primera pila a razón de 5% del peso de la biomasa.

Para determinar si el agua está lista para pasarla a la pila de oxigenación, debe estar color verde-amarillento o

anaranjado-amarillento, con una capa oropel. En esta etapa se extrae el principio precursor del tinte, el indican, el cual se transforma en indoxil.

Es muy importante mantener la relación materia verde - agua, es decir cuanta agua debe utilizarse para remojar de acuerdo a la cantidad de hoja que se procese. Muchos productores emplean 0.5 galones de agua por libra de materia verde (hoja y tallo). Sin embargo, se han realizado pruebas de 3 galones de agua por una libra de biomasa y se han obtenido muy buenos resultados.

La pila debe estar diseñada de tal forma que tenga el fondo inclinado para facilitar el paso de agua de una pila a la otra. Se debe colocar una zaranda en el paso del agua a la pila de oxigenación para filtrar las impurezas.

El señor Raúl Olmedo, en el cantón Primavera, Santa Ana, procesa añil de una forma tradicional, pero tiene la modalidad que a la pila de fermentación o maceración le agrega 30 cc por m³ de agua de una enzima llamada "Waste Water". Estima que esto reduce de 2 horas el proceso de fermentación y sedimentación, el cual se realiza en 10 horas en lugar de 12. Adicionalmente, podría aumentar 10 grados de indigotina por Kg de tinte. La biomasa se descompone más rápido y no tienen mal olor ni la biomasa ni el agua. En el primer corte del tercer año obtuvo un añil con 60.6% de indigotina.

En la zona de Apaneca, se han realizado ensayos con un digestor biológico llamado Enziclean, en los

cuales a la pila de fermentación le agregan 20 gramos de dicho producto por m³ de agua. Como resultados, la duración de esta etapa se redujo a 4 horas y el porcentaje de indigotina aumentó a 68%.



Figura N° 10. Pila de fermentación. Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.

5.4. Oxigenación, aireado o batido.

En esta etapa, se produce un cambio químico, o sea oxidación del indoxil obtenido en la etapa de fermentación soluble e incoloro, a indigotina que es insoluble y coloreada.

La descarga de agua de la pila de fermentación hacia la pila de oxigenación puede ser a través de orificios de comunicación entre las pilas por válvulas o mangueras.

Esta pila debe ser de un tamaño que pueda contener la carga de agua de la pila de fermentación, y se recomienda llenar a la mitad de su capacidad para evitar el rebalse cuando se está oxigenando.



Figura N° 11. Oxigenación de paleta. Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.

El aireado puede ser manual con paletas de madera tipo remo, paletas con huacal en la punta y con agujeros para dar mayor movimiento del agua, paleta tipo barrendero y de pedal (“zangarro”) que es una herramienta constituida por dos paletas de madera ubicadas al centro de la pila y accionadas por una palanca tipo pedal con un movimiento con los pies de “sube y baja”.

La oxigenación de forma manual es generalmente realizada por dos personas, los movimientos más utilizados son circulares con los cuales el agua es agitada y golpeada contra las paredes de la pila. Ésta se torna azul y se produce espuma del mismo color. La oxigenación de forma manual dura un máximo de 2 horas.

La oxigenación puede realizarse con bomba achicadora pequeña de 1 HP, la cual succiona agua y la retorna, y a la vez la agita con la misma manguera de la bomba. El agua sufre movimientos vertiginosos a diferentes presiones que sobrepasan los realizados manualmente, lo que produce cantidades considerables de espuma en tiempos cortos. Algunos productores apagan la bomba un

momento y bajan la espuma con paletas de madera, luego continúan la oxigenación con la bomba. Con este método la oxigenación dura de 45 minutos a 1 hora. El uso de compresor de bomba inyectora de aire mejora grandemente la oxigenación y el rendimiento.

El momento de suspender esta actividad es cuando el agua es azul, pero rala y la espuma se torna blanca. Esto indica que el indoxil se ha transformado en indigotina. También se puede hacer la prueba siguiente: se saca agua de la pila y se coloca en un vaso de vidrio o en un plato desechable blanco. Se deja reposar 5 a 10 minutos. Si en el fondo se observan sedimentos azules, es el momento de suspender la oxigenación.



Figura N° 12. Pila de oxigenación con paleta de zangarro. Hacienda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque Cabañas.



Figura N° 13. Válvulas para decantación de agua residual de procesamiento. Hacienda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.

5.5. Sedimentación.

La sedimentación consiste en la separación de los sólidos suspendidos en el líquido por asentamiento.

Cuando el obraje es de tres pilas se procede a descargar el contenido de la pila de oxigenación a través de tubos, válvulas, desagües o mangueras a una tercera pila donde se llevará a cabo el proceso de sedimentación.

El descargado dura aproximadamente 0.5 horas. Se debe colar el agua con zaranda al momento de pasar por los orificios de una pila a la otra para filtrar las impurezas.

Si el obraje es de dos pilas, la sedimentación se realiza en la misma pila de oxigenación.

Para los obrajes que cuentan con una pila única, para la oxigenación y sedimentación, la pila debe ser con un

fondo inclinado y una poceta cerca del orificio de descarga del agua. Esto facilita que la pasta de tinta obtenida permanezca en la pila mientras se descarga el agua.

Se deja el agua en reposo durante un periodo de 10 a 14 horas, para que las partículas de tinta precipiten al fondo de la pila.

La velocidad de asentamiento de las partículas está determinada por su tamaño, forma y densidad. Cuando las partículas se asientan a través del líquido en caída libre, el líquido desplazado por las partículas se mueve hacia arriba. Los sólidos reunidos se compactan lentamente hacia abajo.

Algunos productores agregan agua helada a razón de 5 galones por m³ de agua para disminuir el tiempo de sedimentación. Otros agregan agua de cal con el mismo objetivo y para dar más volumen a la tinta. Sin embargo esta práctica altera la pureza del tinte y disminuye el porcentaje de indigotina. Aún no se ha comprobado el efecto preciso de este producto sobre la calidad de la tinta, por lo que debe ser estudiado más a fondo.

Durante la sedimentación debe taparse la pila con una zaranda para evitar que se contamine con impurezas arrastradas por el viento.

Transcurrido el tiempo de sedimentación, para descargar el agua se procede a la apertura de la válvula superior suavemente evitando flujos transversales que levanten las partículas y produzcan turbulencias. Luego se abre la válvula

inferior y así sucesivamente hasta vaciar a nivel de la pasta de tinta. La decantación con manguera se debe tener el mismo cuidado que con válvula.

Esta agua residual puede almacenarse un máximo de 6 meses y utilizarse diluida (1 galón de agua residual por 15 galones de agua) como fertilizante al suelo y foliar por su alto contenido de nitrógeno, potasio, fósforo y calcio.

5.6. Filtrado.

La pasta de la pila de sedimentación es pasada a los tendales en cubetas. Los tendales son de manta de algodón y pueden ser individuales o colectivos, de estructura metálica o de madera, de diferentes dimensiones. Lo más común es de 1 yarda cuadrada cada uno. Una vez colocada la pasta resultante de la sedimentación en los tendales, se colocan recipientes debajo de ellos.



Figura Nº 14.. Filtrado de Pasta de Añil. Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.

El agua escurrida se vuelve a echar en los tendales porque aún tiene tinta, y se vuelve a filtrar. El agua que sale entonces presenta un color amarillo y no contiene tinta. Esta agua se

descarta. Generalmente la etapa de filtrado dura 24 horas.

5.7. Cocción.

Posterior al filtrado se realiza la cocción de la tinta de añil, utilizando ollas o peroles de metal y fogones de leña. Se cocina en un período de 45 minutos a 1 hora removiendo constantemente y controlando que la temperatura no sobrepase 70 °C. No debe hervir porque se corre el riesgo de dañar la tinta.

Esta etapa es con la finalidad de evaporar el agua que contiene (aunque existen divergencias de opiniones en cuanto a la eficacia de este proceso) y se cree que contribuye a eliminar microorganismos, generalmente hongos. Algunos productores no realizan esta etapa por considerar que no es necesaria.



Figura Nº 15. Perol para realizar la cocción de la pasta de añil.

5.8. Prensado.

Esta actividad consiste en colocar la pasta de añil en una manta y se deposita en una caja de madera con agujeros en los laterales. Se tapa con una tabla y se le coloca peso encima para que

desprenda la humedad que aún contiene. Esta caja se coloca a la sombra en un lugar fresco y ventilado. Esta etapa puede durar hasta 4 días. El prensado funciona como un deshidratador disminuye el tiempo de la siguiente etapa y mejora el grado de indigotina. La mayoría de productores no la realizan.



Figura N° 16. Cajón de madera para el prensado de la pasta de añil. Hacienda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.

5.9. Secado.

Se efectúa depositando la tinta en capas delgadas, en bandejas de lámina de medidas diferentes, según la cantidad que se está procesando.

Se exponen al sol durante 2 ó 3 días (dependiendo si está nublado) hasta que la pasta se transforme en terrón o carbón y ya no contenga humedad.

Se podría mejorar el tipo de secado usando un secador apropiado para evitar la exposición directa al sol debido a que existen fuertes

presunciones que los rayos ultra violeta opacan la brillantez del colorante o su calidad y pueden disminuir el porcentaje de indigotina.

Cuando se está secando la tinta, se recomienda cubrirla con cedazo para evitar la contaminación de hojas, impurezas e insectos.



Figura N° 17. Secado de la tinta en bandeja de lámina.

5.10. Molido, empaque y almacenamiento.

La tinta de añil generalmente se guarda en terrón y se muele al momento de la venta, en molino manual, eléctrico o de nixtamal.

Debe quedar finamente molido con una consistencia similar al talco. Se empaqueta en bolsas plásticas de diferentes tamaños de acuerdo a especificaciones del comprador.

Se recomienda que estas bolsas sean de "abrir y cerrar" fácilmente para comodidad de los teñidores y otros usuarios del tinte. Deben ser oscuras, resistentes y que no permitan la entrada

de humedad (agua y vapor de agua). Se almacenan en la sombra en lugar fresco y ventilado.



Figura Nº 18. Molino de mano para moler la tinta de añil, Hacienda Los Nacimientos, Aguilares.

diferentes cultivos y los resultados son alentadores, diluyendo 1 galón de agua residual en 15 galones de agua.

También es posible reutilizarla una sola vez, no más de la mitad del agua residual para el procesamiento, echándola a la pila de remojo.

Cuadro Nº 1. Contenido de nutrientes en

ANALISIS	RESULTADO
Cobre	0.05 mg/litro
Calcio	560.0 mg/litro
Hierro	0.40 mg/litro
Magnesio	100.00 mg/litro
Potasio	330.00 mg/litro
Zinc	0.20 mg/litro
Nitrógeno total	7.18 mg/litro
Sólidos totales	5936.00 mg/litro
Fósforo	28.70 mg/litro

Fuente: Análisis de aguas naturales, realizadas en el marco de la presente investigación, febrero 2005.

5.11. Disposición de desechos.

5.11.1. Desechos líquidos.

El agua residual del proceso de extracción del tinte presenta una demanda bioquímica de oxígeno muy por encima de la norma Señalada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para aguas residuales de modo que se debe aplicar un tratamiento adecuado previo a su vertido. Es necesario investigar este tratamiento.

Al realizar un análisis de agua residual de procesamiento se encontró que contiene los siguientes nutrientes, como se muestra en la cuadro 1.

Se han realizado ensayos para utilizar esta agua como fertilizante foliar en

agua residual de procesamiento de añil.

5.11.2. Desechos sólidos.

El único desecho sólido que se genera durante todo el proceso es la biomasa agotada y no se considera como fuente de contaminación ambiental, ya que es un material biodegradable y de alto contenido en nitrógeno.



Figura N° 19. Desechos de biomasa resultante del procesamiento de añil. Hacienda La Perla, Cantón Rojitas, Sensuntepeque, Cabañas.

Se realizó un análisis de la biomasa resultante del procesamiento. Los nutrientes que se muestran en el cuadro 2.

Con estos niveles la biomasa puede ser utilizada para fabricar abono orgánico y fertilizar otros cultivos.

Cuadro N° 2. Contenido de nutrientes en biomasa resultante del procesamiento del añil.

MACRONUTRIENTES (%)						MICRONUTRIENTES (mg/Kg)				
N	P	K	Ca	Mg	S	B	Fe	Zn	Cu	Mn
4.4	0.3	1.2	4.6	0.7	0.22	28	540	90	9	300

Fuente: Análisis de aguas naturales, realizadas en el marco de la presente investigación, febrero 2005.

5.12. Medidas y recomendaciones de seguridad personal a tomar en cuenta durante el procesamiento de añil.

No se ha estudiado que el procesamiento de añil represente un riesgo para la salud humana, tampoco se conocen efectos nocivos relacionados con su manipulación. Sin embargo, en su procesamiento se pueden dar condiciones de insalubridad que de no controlarse pueden llevar a poner en riesgo el bienestar físico y la salud humana de las personas que se dedican a esta labor.

Es necesario tomar en cuenta algunas medidas y recomendaciones de higiene y seguridad personal por parte de las personas que se vean relacionadas con esta actividad:

- ✓ Durante la recolección de la planta, las personas deben usar vestimenta adecuada, camisa de mangas largas, pantalón, botas y guantes, pues la

exposición constante a los campos de añil produce picazón en la piel.

- ✓ Durante el procesamiento, todos los implicados deben usar guantes de naturaleza impermeable, botas de hule para introducirse a las pilas o desplazarse en el área de trabajo, y camisa de mangas largas.
- ✓ No comer o beber alimentos en los obrajes donde se procesa el añil.
- ✓ Lavarse las manos con agua y jabón o bañarse si fuera necesario luego de haber finalizado las actividades laborales.
- ✓ En el momento de realizar el molido de la tinta, cubrirse con mascarilla para evitar la inhalación de polvos.
- ✓ La biomasa resultante de cada procesamiento se debe secar al sol y esparcir sobre el terreno, pues el amontonamiento de este

material atrae moscas y genera malos olores.

✓ En el caso del agua residual, se debe procurar desechar o reutilizar de forma adecuada.

6. COSTOS DE PRODUCCION DE TINTE DE AÑIL

El valor de la materia verde es el costo de producción del cultivo. Incluye

administración, imprevistos y costos financieros de la fase de cultivo.

6.1 Costo de producción de tinte de añil por pilada, 1er año.

6.1.1. Oxigenación manual.

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$
	COSTOS DIRECTOS			
	Materia verde 1,400 lbs			\$56.00
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00
	Oxigenación manual	2	2	2.00
	Sedimentación	1	1	0.50
	Decantación	1	1.5	1.5
	Prensado			
	Filtración	1	2	1.00
	Cocción	1	1	0.50
	Secado	1	2	1.00
	Molido	1	0.5	0.25
	Empacado	1	0.5	0.25
	Depreciación obraje			1.37
	Sub-total			11.37
	COSTOS INDIRECTOS			
	Administración 3%			0.34
	Imprevistos 5%			0.56
	Costos Financieros 7%			0.79
	Sub-total			1.69
	TOTAL			69.06

0.040/Lb materia verde
 \$4.0/ jornal de 8 horas

Produce 4.67 lb/pilada
 \$14.78 /lb de tinta
 \$32.51/kg de tinta

6.1.2. Oxigenación con bomba achicadora.

GUÍA TÉCNICA: PROCESAMIENTO DEL AÑIL EN EL SALVADOR

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$
	COSTOS DIRECTOS			
	Materia verde 1,400 lbs			\$56.00
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00
	Oxigenación con bomba	1	1	0.50
	Combustible			1.00
	Sedimentación	1	1	0.50
	Decantación	1	1.5	1.50
	Prensado			
	Filtración	1	2	1.00
	Cocción	1	1	0.50
	Secado	1	2	1.00
	Molido	1	0.5	0.25
	Empacado	1	0.5	0.25
	Depreciación obraje			1.37
	Sub-total			10.87
	COSTOS INDIRECTOS			
	Administración 3%			0.32
	Imprevistos 5%			0.54
	Costos Financieros 7%			0.76
	Sub-total			1.62
	TOTAL			68.49

0.040/Lb materia verde
 \$4.0/ jornal de 8 horas

Produce 4.67 Lb/pilada
 \$14.66/ lb de tinta
 \$ 32.25/Kg de tinta

6.2 Costo de producción de tinte de añil por pilada, 2º año.

6.2.1. Oxigenación manual.

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$
	COSTOS DIRECTOS			
	Materia verde 1,400 lbs			\$19.60
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00
	Oxigenación manual	2	2	2.00
	Sedimentación	1	1	0.50
	Decantación	1	1.5	1.50
	Prensado			
	Filtración	1	2	1.00
	Cocción	1	1	0.50
	Secado	1	2	1.00
	Molido	1	0.5	0.25
	Empacado	1	0.5	0.25
	Depreciación obraje			1.37
	Sub-total			11.37
		COSTOS INDIRECTOS		
	Administración 3%			0.34
	Imprevistos 5%			0.56
	Costos Financieros 7%			0.79
	Sub-total			1.69
	TOTAL			32.66

0.014/Lb materia verde
 \$4.0/ jornal de 8 horas

Produce 4.67 lb/pilada
 \$6.99 /lb de tinta
 \$15.37/kg de tinta

6.2.2. Oxigenación con bomba achicadora.

GUÍA TÉCNICA: PROCESAMIENTO DEL AÑIL EN EL SALVADOR

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$	
	COSTOS DIRECTOS				
	Materia verde 1,400 lbs			\$19.60	0.014/Lb materia verde \$4.0/ jornal de 8 horas
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00	
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00	
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00	
	Oxigenación con bomba	1	1	0.50	
	Combustible			1.00	
	Sedimentación	1	1	0.50	
	Decantación	1	1.5	1.50	
	Prensado				
	Filtración	1	2	1.00	
	Cocción	1	1	0.50	
	Secado	1	2	1.00	
	Molido	1	0.5	0.25	
	Empacado	1	0.5	0.25	
	Depreciación obraje			1.37	
	Sub-total			10.87	
		COSTOS INDIRECTOS			
	Administración 3%			0.32	Produce 4.67 lb/pilada \$6.87 /lb de tinta \$15.11/kg de tinta
	Imprevistos 5%			0.54	
	Costos Financieros 7%			0.76	
	Sub-total			1.62	
	TOTAL			32.09	

6.3 Costo de producción de tinte de añil por pilada, 3° año.

6.3.1. Oxigenación manual.

GUÍA TÉCNICA: PROCESAMIENTO DEL AÑIL EN EL SALVADOR

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$	
	COSTOS DIRECTOS				
	Materia verde 1,400 lbs			\$47.60	0.034/Lb materia verde \$4.0/ jornal de 8 horas
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00	
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00	
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00	
	Oxigenación manual	2	2	2.00	
	Sedimentación	1	1	0.50	
	Decantación	1	1.5	1.50	
	Prensado				
	Filtración	1	2	1.00	
	Cocción	1	1	0.50	
	Secado	1	2	1.00	
	Molido	1	0.5	0.25	
	Empacado	1	0.5	0.25	
	Depreciación obraje			1.37	
	Sub-total			11.37	
	COSTOS INDIRECTOS				
	Administración 3%			0-34	Produce 4.67 lb/pilada \$12.98 /lb de tinta \$28.55/kg de tinta
	Imprevistos 5%			0.56	
	Costos Financieros 7%			0.79	
	Sub-total			1.69	
	TOTAL			60.66	

6.3.2. Oxigenación con bomba achicadora.

	ACTIVIDAD	MANO DE OBRA	HORAS DE TRABAJO	COSTO \$	
	COSTOS DIRECTOS				
	Materia verde 1,400 lbs			\$47.60	0.034/Lb materia verde \$4.0/ jornal de 8 horas
LABORES DE PROCESAMIENTO	Transporte del campo al obraje	2	1	1.00	
	Colocar materia verde en 1ª pila	2	1	1.00	
	Maceración o Fermentación	1	2	1.00	
	Oxigenación con bomba	1	1	0.50	
	Combustible			1.00	
	Sedimentación	1	1	0.50	
	Decantación	1	1.5	1.50	
	Prensado				
	Filtración	1	2	1.00	
	Cocción	1	1	0.50	
	Secado	1	2	1.00	
	Molido	1	0.5	0.25	
	Empacado	1	0.5	0.25	
Depreciación obraje			1.37		
	Sub-toal			10.87	
	COSTOS INDIRECTOS				
	Administración 3%			0.32	Produce 4.67 lb/pilada \$12.86 /lb de tinta \$28.29/kg de tinta
	Imprevistos 5%			0.54	
	Costos Financieros 7%			0.76	
	Sub-total			1.62	
	TOTAL			60.09	

En el cuadro 3 se muestra un resumen de costos de producción de tinte por

año, que incluye el valor de la materia verde (es decir el costo de producción

agrícola), y por otro lado el número de jornales necesarios para procesar una

pilada y una manzana.

Cuadro N° 3. Resumen de costos de producción (incluyendo el valor de la materia verde) y número de jornales para procesar una pilada y una manzana.

AÑO	COSTO DE PRODUCCION POR Kg DE TINTE		NUMERO DE JORNALES PROCESAMIENTO MANUAL		N° JORNALES PROCESAMIENTO CON BOMBA ACHICADORA	
	MANUAL \$	BOMBA \$	POR PILA	POR MZ	POR PILA	POR MZ
1	32.51	32.25	1.75	17.50	1.50	15
2	15.37	15.11	1.75	33.25	1.50	28.50
3	28.55	28.29	1.75	12.25	1.50	10.50

En el cuadro 4 se muestra un resumen de costos de procesamiento o de obtención de tinte por año, sin incluir el valor de la materia verde. El costo para los tres años es el mismo, ya que

el número de jornales se mantiene similar. El cuadro también muestra el número de jornales para procesar una pilada y una manzana.

Cuadro N° 4. Resumen de costos de producción (sin incluir el valor de la materia verde) y número de jornales para procesar una pilada y una manzana.

AÑO	COSTO DE PRODUCCION POR Kg DE TINTE		N° JORNALES PROCESAMIENTO MANUAL		N° JORNALES PROCESAMIENTO CON BOMBA ACHICADORA	
	MANUAL \$	BOMBA \$	POR PILA	POR MZ	POR PILA	POR MZ
1	6.13	5.87	1.75	17.50	1.50	15
2	6.13	5.87	1.75	33.25	1.50	28.50
3	6.13	5.87	1.75	12.25	1.50	10.50

7. REGISTRO Y CONTROLES DE PROCESAMIENTO

GUÍA TÉCNICA: PROCESAMIENTO DEL AÑIL EN EL SALVADOR

A continuación se presenta un formato para poder llevar registros de las actividades de procesamiento para

cada etapa y registro de producción de añil por año.

PROCESAMIENTO DE AÑIL

NOMBRE HDA. _____ NOMBRE PRODUCTOR _____

Depto. _____ Municipio _____ Cantón _____

Caserío _____ N° de Proceso _____ Especie _____

Nombre de Lote _____ N° de Corte _____ Edad de la planta _____

Fecha inicio _____ Fecha finalización _____

N°	CONCEPTO	UNIDAD	MANO DE OBRA	COSTO MANO DE OBRA	OBSERVACIONES
	CORTE BIOMASA				
01	Tiempo de corte	Hrs			
02	Tiempo de traslado	Hrs			
03	Tiempo de pesado	Hrs			
04	Peso biomasa: solo hoja---- tallo-hoja--	Lbs			
PREPARACIÓN DE CARGA					
05	Tiempo de ubicación de la hoja	Hrs			
06	Tiempo de llenado de agua	Hrs			
07	Volumen de agua	Gln			
FERMENTACIÓN					
08	Tiempo de fermentación	Hrs			
09	pH inicial				
10	pH final				
11	Temperatura inicial	°C			
12	Temperatura final	°C			
OXIGENACION					
13	Tiempo de llenado de la pila	Hrs			
14	Volumen	Gln			
15	Tiempo de oxigenación	Hrs			
16	Temperatura inicial	°C			
17	Temperatura final	°C			
18	pH inicial				
19	pH final				
SEDIMENTACIÓN					
20	Volumen total	Gln			
21	Volumen del sedimentado	Gln			
22	Tiempo de sedimentación	Gln			
23	pH final				
24	Tiempo de drenaje	Hrs			
25	Tiempo de recolección de sedimento	Hrs			
FILTRADO					
26	Tiempo de colocación en tendales	Hrs			
27	Tiempo de filtrado	Hrs			
COCCION					
28	Tiempo de colocación en perol	Hrs			
29	Tiempo de cocción	Hrs			
PRENSADO DE LA TINTA					
30	Tiempo de colocación en prensa	Hrs			
31	Tiempo de prensado	Hrs			
SECADO					
32	Tiempo de colocación en bandejas	Hrs			
33	Tiempo de secado	Hrs			

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DE AÑIL/AÑO

PRODUCTOR. _____ LOTE _____

LUGAR. _____

FECHA DE CORTE	N° DE PROCESO	AREA SEMBRADA Mz	EDAD DE LA PLANTA	N° DE CORTE	CANTIDAD BIOMASA Lbs	CANTID DE AGUA Gln	PRO DUC. TINTA Lbs	CALI-DAD DE TINTA %	OBSERVIONES

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

1. El punto de corte del follaje para el procesamiento de añil es cuando la planta empieza a florecer y durante la floración, o cuando las hojas de la parte inferior se tornan amarillas.
2. Se recomienda procesar hojas y ramas laterales, ya que el contenido de indican se encuentra en las hojas y no en el tallo. De ese modo se puede aprovechar más materia verde y los rendimientos en tinta pueden aumentar.
3. No se han realizado estudios para comprobar el efecto de la cal sobre la calidad de tinta. Se sabe que aumenta el volumen, pero disminuye la calidad; por lo que es un factor que debe investigarse más a fondo.
4. Se debe medir el pH del agua, ya que debe mantenerse lo más cerca de 7 para mejores resultados.
5. La pila de oxigenación debe ser de tamaño adecuado de tal manera que el agua procedente de la pila de fermentación no rebalce al momento de realizar el aireado.
6. Para tener certeza del momento en el cual se debe finalizar la oxigenación se puede realizar una prueba de sedimentación de agua, colocándola en un vaso de vidrio 5 a 10 minutos. Si en el fondo se observan sedimentos azules, se puede iniciar la etapa de sedimentación.
7. Para pasar el agua de una pila a otra y para su descargue se recomienda colocar zaranda en los

- orificios para evitar contaminación por el paso de impurezas.
8. Durante la sedimentación debe taparse la pila con zaranda para evitar contaminación con basura.
 9. Al realizar la cocción de la pasta de tinte de añil, no debe sobrepasar de 70 °C, pues se corre el riesgo de dañarla.
 10. Existe la posibilidad de que los rayos ultravioletas del sol dañan la calidad de la tinta por lo que se recomienda evitar secarla a pleno sol.
 11. Cuando la tinta se está secando, colocarle un cedazo para evitar contaminación de hojas, insectos y otros.
 12. La tinta de añil debe quedar finamente molida con una consistencia similar al talco.
 13. La tinta debe guardarse en bolsas de “abrir y cerrar” fácilmente, resistentes a la humedad (agua y vapor de agua), en un lugar fresco, ventilado y a la sombra.
 14. Es importante llevar registros y controles de procesamiento para conocer los costos, cantidad y calidad de la tinta que se está produciendo.
 15. La biomasa resultante del procesamiento puede utilizarse para elaborar abono orgánico, ya que contiene nutrientes.
 16. El agua de desecho puede utilizarse como abono foliar para diferentes cultivos, ya que también contiene elementos minerales.
 17. Se recomienda no volver a utilizar el agua residual para realizar otro procesamiento de la tinta, aunque en algunos casos se ha hecho un reciclado parcial con buenos resultados.

SIGLAS

ACOPADIM: Asociación Cooperativa de Productores Agropecuarios y de Servicios Diversificados del Norte de Morazán.

AICD: Agencia Interamericana para la Cooperación y el Desarrollo.

ADEL: Asociación de Desarrollo Económico Local.

ADEPAO: Asociación de Productores Añileros de Oriente.

AGRISAL: Agrícola Industrial Salvadoreña.

AGRONATURA: Asociación Salvadoreña de Agricultores y Procesadores de Productores No Tradicionales.

ASAÑICA: Asociación Cooperativa de Añileros de Cabañas.

AZULES: Asociación de Añileros de El Salvador.

BCIE: Banco Centroamericano de Integración Económica.

BMZ: Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo.

CENTA: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal.

CIDI: Consejo Interamericano para el Desarrollo Integral.

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CONCULTURA: Consejo Nacional para la Cultura y el Arte.

FIAR: Fondo de Investigación para la Agroindustria Rural.

FUNDEMUSA: Fundación para el Desarrollo de la Mujer y la Sociedad.

GTZ: Cooperación Técnica Alemana.

IICA: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

ISTA: Instituto Salvadoreño de Transformación Agraria.

JICA: Japan International Cooperation Agency.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

MINEC: Ministerio de Economía.

OEA: Organización de los Estados Americanos.

PRODAP: Programa de Desarrollo Rural en la Región Paracentral.

PRODAR: Programa de Desarrollo de la Agroindustria Rural para América Latina y el Caribe.

SEDI: Secretaría Ejecutiva para el Desarrollo Integral.

UES: Universidad de El Salvador.

USD: Dólar estadounidense.

BIBLIOGRAFIA

- Blandón, E., Garza, S. 2004. Diseño y Puesta en Marcha de una Planta Agroindustrial Piloto para el Procesamiento del añil. Proyecto Fomento de la Competitividad de las Empresas Rurales del Marañón y Añil en El Salvador OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC. pp. 4, 15 - 21, 36.
- Browning, D. 1975. El Salvador, la Tierra y el Hombre, Ministerio de Cultura y Comunicaciones. Dirección de publicaciones, 3ª Edición El Salvador. pp. 125-126.
- Cardenal, R. 1996. Manual de Historia de Centro América. UCA, El Salvador. p. 128.
- Castillo Morales et al. 2002. Optimización de la Extracción del Colorante de la Planta de Añil (*Indigofera spp.*) para la Utilización en la Industria. Proyecto Agroindustria MAG/GTZ, Universidad de El Salvador. pp. 35, 67, 104, 105, 115, 127, 147, 149.
- Colocho, J:L. et al. 2003. Alternativas Técnico-Prácticas para Reducir el Tiempo de Extracción de Pigmentos Sólidos del Añil (*Indigofera spp.*), Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE (MINEC/GTZ), El Salvador. pp. 3, 7, 8, 18.
- Gallardo, R. 1993. El Obraje de Añil de San Andrés. Grupo Editorial Siquisiri S.A. de C.V. México. p. 15.
- Hernández Ayala et al. 2003. Evaluación de las Variables de Secado para la Conservación de las hojas de la Planta de Añil (*Indigofera spp.*). Trabajo de graduación para optar al título de Ingeniero Químico en la Universidad de El Salvador, Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de El Salvador MAG/BCIE/IICA. pp. 22, 32, 33, 40.
- Kojima, H. 1991 – 1994. Apuntes sobre el Añil o Indigo. Informe de la Investigaciones Etnográficas en el Centro y Sur de Guatemala. p. 512.
- Minami, Y. et al. 2000. Tissue and Intracellular Localization of Indican Synthase from Indigo Plants. Plant cell Physiol.
- Padilla Rivas et al. 2003. Caracterización Fisicoquímica del Proceso de Producción de Colorante de Añil (*Indigofera spp.*) en El Salvador. Universidad de El Salvador, Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de El Salvador MAG/ BCIE/ IICA. pp. 63 -65, 73, 113, 115.
- Primer Encuentro Nacional para la Producción, Usos y Mercadeo de Añil en El Salvador. Julio 2000. pp. 2, 3.
- Revista del Arte Popular Michoacano. 2001. Ukata, Edición Especial. p. 14.

Rubio Sánchez, M. 1976. Historia de Añil o Xiquilite en Centro América. Ministerio de Educación, El Salvador. p. 9.

Ushida, S. 2004. Ponencia en el Primer Congreso Internacional de Añil y Otros Colorantes Naturales EXTRAE.

Zuleta Morataya, J.F. et al. 2004. Diseño de Ingeniería de una Planta Piloto para el Procesamiento de Añil. Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de el Salvador MAG/BCIE/ IICA y Proyecto Modernización del Procesamiento de Añil en El Salvador, FIAR/ PRODARI/ IICA. pp.- 22-25, 27, 33, 34.

**ANEXO:
INVESTIGACIONES RECIENTES SOBRE PROCESAMIENTO DE AÑIL**

1. Extracción de añil con hoja seca.

Esta investigación fue realizada por Satoshi Ushida en Japón, profesor de la Universidad de Murowa. Ha experimentado por más de 10 años el teñido tradicional con añil. Los resultados fueron dados a conocer en una ponencia en el Primer Congreso Internacional de Añil y Otros Colorantes Naturales EXTRAE, 2004.

Realizó varios ensayos con plantas de *Polygonum* y de *Indigofera*. De éstas, las especies no eran las que se conocen en El Salvador.

Ensayo 1. Las hojas de *Indigofera* fueron secadas bajo condiciones no controladas a 25 °C. El contenido de indican fue de 2.09%. Estas hojas fueron mantenidas por 4 meses.

Ensayo 2. Después de conservarlas secas por 4 meses el valor de indican no incrementó (2.06%).

Ensayo 3. Las hojas de *Indigofera* se secaron rápidamente a bajas presiones (8 mm de Hg) y el contenido de indican fue más alto (2.30%).

Ensayo 4. Se secaron las hojas a baja presión (8 mm de Hg) y 50°C. El contenido de indican fue de 2.26%. A temperatura de 25 °C el valor fue muy similar.

Ensayo 5. Las hojas se secaron por medio de papel, bajo condiciones húmedas. El contenido de indican fue de 1.3%.

Ensayo 6. Las hojas se secaron cubriéndolas con un plástico. El

contenido de indican bajó a 0.13%. Este método favoreció la humedad y se requirió mucho tiempo para secar las hojas. Esto indica que un secado rápido es mejor para mantener el indican en las hojas secas.

Los valores son indicados como el contenido de indigotina en las hojas secas. Es decir, los valores no son la razón del peso del indican en la hoja seca, sino el porcentaje de indigotina que se obtendría en la hoja seca si el indican que contiene la hoja se transformara en indigotina.

El indican de la *Indigofera* puede ser mantenido dentro de la hoja seca, pero depende de las condiciones de secado. La remoción rápida de la humedad en las hojas frescas produce hojas secas que contienen bastante indican. Sin embargo si las hojas frescas se secan lentamente, se da una hidrólisis enzimática del indican, que produce indigotina en la hoja. La enzima de *Indigofera* responsable de esta hidrólisis tiene una actividad lenta.

Cuando las hojas frescas de la *Indigofera* se secan, en un período breve, quitando rápidamente la humedad, el color se mantiene verde. El indican puede ser extraído por el agua a partir de esas hojas verdes secas, y la indigotina puede ser producida tal y como es el caso de la extracción a partir de hojas frescas. Sin embargo las hojas frescas de *Indigofera* que se secan bajo condiciones húmedas, también provocan que el indican cambie a indigotina dentro de la hoja. En este caso, el color de la hoja seca es gris.

Existe una diferencia del contenido de añil en las hojas de *Indigofera* y *Polygonum*. Esto puede explicarse por medio de la actividad enzimática. Dado que la enzima de *Indigofera* es débil y lenta, el indican es menos propenso a ser hidrolizado durante el secado que el caso de *Polygonum*.

2. Evaluación de las variables de secado para la conservación de la planta de añil (*Indigofera spp.*).

Esta investigación fue realizada por Cristo José Hernández Ayala y Edwin Alexander Pérez Flores en el año 2003, para optar al título de Ingeniero Químico de la Universidad de El Salvador. (Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de El Salvador MAG/BCIE/IICA)

2.1. Secado en estufa sin circulación de aire.

El secado de las hojas en estufa sin circulación de aire se efectuó colocando inicialmente una muestra de cuatro libras de hoja recolectada de la Hacienda Los Nacimientos, de las especies *Indigofera suffruticosa* e *Indigofera guatemalensis* sobre bandejas de cedazo de 10x10x3 cm y posteriormente sometiéndolas a calentamiento directo en estufa PRECISION THELCO a tres diferentes temperaturas (38 °C, 45 °C y 60 °C) y diferentes tiempos.

Para *Indigofera guatemalensis*, los mejores resultados se obtuvieron a 10 minutos de secado, 60 °C y 48.47% de humedad con un contenido de indigotina (resultando del proceso de extracción de tinte que se hizo

posteriormente) de 47.54%; mientras que para *Indigofera suffruticosa* el mejor resultado se obtuvo a 40 minutos de secado, 45 °C y 57.74% de humedad, logrando un contenido de 37.04% en indigotina.

2.2. Secado solar.

El secado solar de las hojas de la planta de añil se efectuó colocando 4 libras de hoja fresca de las especies *suffruticosa* y *guatemalensis* sobre bandejas de cedazo metálico de las dimensiones 10x10x3 cm. Posteriormente las bandejas fueron acondicionadas en un área en donde el sol no incide directamente. El avance del proceso de secado solar se continuó registrando la variación del porcentaje de humedad de las hojas con el tiempo: de 0, 20, 40, 80, 120, 200 y 300 minutos.

Los datos recolectados para el secado solar de *Indigofera guatemalensis* se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° A.1. Recolección de Datos para el Secado Solar Especie *Indigofera guatemalensis*.

TIEMPO (Min.)	% DE HUMEDAD	% INDIGOTINA
0	64.17	38.299
20	55.39	40.902
40	49.01	45.504
80	38.51	29.979
120	27.47	11.014
200	14.38	27.283
300	8.16	14.128

Para la *Indigofera guatemalensis* el nivel máximo de porcentaje de indigotina de 45.55% se dio con un porcentaje de humedad de 49.01% y un tiempo de secado de aproximadamente 40 minutos.

Después de este tiempo el porcentaje de indigotina tiende a disminuir.

Los datos recolectados para el secado solar de *Indigofera suffruticosa* se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro N° A.2. Recolección de datos para el secado solar, especie *Indigofera suffruticosa*.

TIEMPO (Min.)	% DE HUMEDAD	% INDIGOTINA
0	67.67	30.165
20	60.73	34.255
40	55.64	26.911
80	42.41	21.798
120	37.47	7.296
200	21.64	2.718
300	13.53	0

Por otra parte, para la especie *Indigofera suffruticosa*, el máximo porcentaje de indigotina obtenido (34.26%) se dio cuando el tiempo de secado era de 20 minutos y el porcentaje de humedad de 60.73%.

Se observa que los contenidos de indigotina del colorante extraído usando hojas de la especie *guatemalensis* siempre son mayores a las obtenidas para *suffruticosa*. Existe una disminución del porcentaje de peso con respecto al avance del secado solar después de 100 minutos para ambas especies.

2.3. Secado con circulación de aire.

El secado de la hoja con circulación de aire se llevó a cabo en un secador de

bandejas de cedazo de 10x10x3 cm colocando 4 libras de hoja de ambas especies. Las bandejas se disponen luego en el interior del secador, en el cual circula un flujo de aire caliente a temperaturas constantes de 35°C y 50°C, en un rango de tiempo de 0 a 300 minutos. La velocidad del flujo de aire se mantuvo a 1.7 m/seg.

Para *Indigofera guatemalensis*, el mayor porcentaje de indigotina (39.554%) se obtuvo a un tiempo de 0 minutos y 73.64% de humedad, y para *Indigofera suffruticosa*, el mayor porcentaje de indigotina se obtuvo a 90 minutos de secado y 48.35°C.

3. Caracterización físico -química del proceso de producción de colorante de añil (*Indigofera spp.*) en El Salvador.

Trabajo de investigación elaborado por Endy Kevin Padilla Rivas y Wilson Eduardo Santamaría Segovia para optar al título de Ingeniero Químico de la Universidad de El Salvador, diciembre 2003. (Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de El Salvador MAG/ BCIE/ IICA).

Se realizaron pruebas de laboratorio utilizando una relación de 50 gramos de hoja por 1 litro de agua que se colocan en un Beaker de 2 litros para dar inicio a las pruebas de fermentación en la que cada muestra es controlada a diferentes niveles temperatura, pH y tiempo. Para la temperatura se consideraron valores de 50°C, 35°C y temperatura ambiente; para el pH se analizaron 5, 7 y 9 y para el tiempo 15, 18 y 21 horas.

Una vez transcurrido el tiempo de fermentación correspondiente a cada

muestra, la hoja es separada del agua y trasladada a otro recipiente a través de un colador, realizando además un escurrido de la hoja.

El agua obtenida es sometida al proceso de oxigenación a temperatura ambiente, 35°C y 50°C, tiempos de 15, 30 y 45 minutos y pH de 9, 7 y 5. El oxígeno es suministrado por un compresor de aire con un flujo regulado de 20 cm³/seg. El proceso es realizado controlando el nivel de cada factor en estudio.

La muestra oxigenada se deja en reposo por un tiempo aproximado de 1 hora para alcanzar una estabilización; en este período ocurre una sedimentación del sólido formado en la etapa de oxigenación.

La muestra es centrifugada durante 5 minutos a una velocidad de 2.5x10³ RPM. El sólido separado en forma de pasta es secado en una estufa a una temperatura de 60°C durante un tiempo de 18 a 20 horas. Luego se procede a la determinación del contenido de indigotina en el indigo natural para cada muestra.

Para la fermentación se puede afirmar en cuanto a la temperatura que a medida que aumenta se ve incrementado el contenido de indigotina en el polvo obtenido. Los niveles altos de pH permiten obtener mayores porcentajes de indigotina.

El tiempo se considera no significativo sobre el contenido de indigotina, en el intervalo de los niveles estudiados.

Se analizó el tipo de agua utilizado en el proceso (agua de pozo y de nacimiento), y se concluyó que el tipo

de agua no ejerce una influencia significativa, por lo que es posible utilizar tanto agua de pozo como de nacimiento sin alterar los resultados obtenidos en el porcentaje de indigotina en el colorante.

4. Alternativas técnico-prácticas para reducir el tiempo de extracción de pigmentos sólidos de añil (*Indigofera spp.*)

Esta investigación fue realizada por el Dr. José Luis Colocho, la Ing. Margarita Hurtarte y el Ing. Francisco García en septiembre 2003. (Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE MINEC/GTZ).

Se investigaron alternativas para reducir el tiempo de extracción de pigmentos sólidos de añil, con énfasis en el proceso de fermentación y su efecto en las siguientes etapas. Se consideraron alternativas prácticas y rentables, a través de la adición de componentes de origen vegetal, mineral y químico.

Los tratamientos consistieron en agregar a la pila de fermentación diferentes compuestos:

1. Tratamiento con un estimulador vegetal: Cuajajintita a razón de 10% del peso de biomasa de añil.

2. Tratamiento con un estimulador mineral: 0.12 gramos de Cal Hidratada por litro de agua, conteniendo 35% de CaOH (Hidróxido de Calcio) y 15% de MgOH (Hidróxido de Magnesio).

3. Tratamiento con un estimulador químico: 1 cc de NaOH (Hidróxido de sodio) por litro de agua.

El material vegetal de añil utilizado para la evaluación de los tratamientos fue 1 libra cortada y colocada dentro de un depósito de plástico con capacidad de 10 litros de agua, adicionándole 4 litros de agua. Los tiempos de fermentación utilizados fueron 6, 12 y 18 horas. Posteriormente, se retiró la biomasa y se procedió a realizar la oxigenación o aireado por un período de 2 horas utilizando una bomba de pecera. Luego se dejó en reposo 10 horas para obtener el tinte solidificado, eliminando el excedente de líquido existente. Las masas sólidas de tinte de los diferentes tratamientos se colocaron en tendales de manta de 30x30 cm durante 2 días para obtener el tinte sólido y seco.

Se tomaron datos de temperatura y pH de cada tratamiento a las 2, 4 y 6 horas de iniciarse el período de fermentación. Las masas secas de tinte fueron pesadas y analizadas en su contenido de indigotina.

Los mejores valores promedio (44.94% de indigotina) fueron obtenidos con el tratamiento de estimulador mineral (Cal Hidratada) en una proporción de 0.12 gramos por litro de agua (120 gramos/m³ de agua), en un período de fermentación de 12 horas, lo cual probablemente sea atribuido al efecto del medio alcalino inducido por la cal como fuente mineral desde el inicio de la etapa de fermentación, favoreciendo la actividad microbiana y/o actuando como parte no proteica o coenzima que acelera la reacción de descomposición de la molécula del pigmento con agua.

Estos ensayos están sujetos a validación.

5. Optimización de la extracción de colorante de la planta de añil (*Indigofera spp.*) para su utilización en la industria.

Esta investigación fue realizada por Ana Beatriz Lima Sagastume, Elvia Elena Morales Castillo y Sara Elizabeth Orellana Claros, para optar al título de Ingeniero Químico en el año 2002 de la Universidad de El Salvador. (Proyecto Agroindustria MAG/GTZ).

Se realizaron pruebas sobre el efecto de la adición de glucosa y sacarosa como agentes de fermentación, a razón de 5% en relación al peso de la hoja. Los porcentajes de indigotina adicionando glucosa presentan menor variabilidad y son mayores que los obtenidos con sacarosa. Se realizó una propuesta de diseño para una planta de extracción del colorante, para la cual se plantea la construcción de 3 tanques de fermentación con capacidad de producción de 1 libra de colorante por unidad. Se ha estimado que el rendimiento del colorante por peso de hoja es de 1.6%, o sea que para producir una libra de tinte se necesitan 62.5 libras de hoja de añil.

En el desarrollo experimental de esta investigación se obtuvieron rendimientos en hoja en relación al peso de la planta de Jiquilite de 45% en promedio, por lo que para obtener las 62.5 libras de hoja se necesitan 138.9 libras de planta.

En la propuesta, los tanques para la fermentación son de lámina ASTM A36 con recubrimiento de pintura anticorrosiva con 1 metro de diámetro, 1 metro de altura, 1/8 de pulgada de espesor y 1 pulgada de diámetro de boquilla de descarga, colocados a 0.40 cm. del suelo. Cada tanque tiene

una capacidad de 723 litros de agua (0.723 m³).

Con una picadora de zacate se reduce el tamaño de materia verde. El material pesado (62.5 libras de hoja) se coloca manualmente en el tanque de fermentación, adicionando aproximadamente 0.43 libras de glucosa, ya que ésta presenta una tendencia de aumentar el porcentaje de indigotina al máximo cuando sus niveles son del 5% con respecto al tamaño de la muestra. Luego, se incorpora el agua. El llenado del tanque dura de 15 a 20 minutos. La etapa de fermentación tiene una duración de 18 horas y los lotes se colocan en los tanques con una diferencia de 1.5 horas entre sí. Transcurrido este tiempo el líquido se transfiere mediante una bomba hacia el tanque de oxigenación en un tiempo aproximado de 5 minutos, mientras se retiran los desechos de la planta de añil del tanque.

La etapa de oxidación tiene una duración de 55 minutos, tiempo en el cual se inyecta aire por medio de un compresor conectado a una serie de difusores, distribuidos de tal manera que se garantice una oxigenación uniforme del líquido. El tanque de aireación, que recibe el líquido procedente de cada uno de los tanques de fermentación, tiene un diámetro de 1.1 m y 1 m de altura. Es de lámina ASTM A36 con espesor de 1/8 de pulgada, recubierto de pintura anticorrosiva. Tiene un diámetro de boquilla de descarga de 1 pulgada, equipado con 40 difusores de 11.7 cm de diámetro cada uno, ubicados a 0.125 m de altura sobre el fondo del tanque, y colocados sobre tubería PVC. Se utiliza un compresor con el

objetivo de suministrar el aire necesario para oxidar el indoxil a indigotina, con una capacidad de 49.3 pie³/min., 100 Psi (libra por pulgada cuadrada) de presión y 15 HP, marca ABAC, modelo BV8900/500FT.

En la propuesta, la separación sólido-líquido se realiza con una centrífuga Batch de 1600 revoluciones por minuto, motor 0.5 HP que opera con un filtro medio o una malla de acero inoxidable y una placa de metal conteniendo muchas ranuras finas o agujeros. El tamaño de las ranuras está dispuesto de tal manera que permita pasar el agua, mientras el polvo de añil es retenido. El proceso de centrifugado dura 2.23 segundos. Los desechos líquidos son evacuados por la centrífuga para su posterior tratamiento.

El contenido de indigotina estimado es de 58.43% y el rendimiento promedio obtenido en pruebas fue de 1.6 gramos de colorante por 100 gramos de hoja utilizada.

El diseño de la planta propuesta reduce significativamente los tiempos actuales de procesamiento (5-6 días a 20 horas), además de aumentar el rendimiento en polvo y su contenido de indigotina.

6. Diseño de ingeniería de una planta piloto para el procesa-miento del añil.

Investigación realizada por José Francisco Zuleta, Fernando Teodoro Ramírez y Rafael Antonio Rodríguez. (Proyecto Asesoría, Capacitación y Asistencia Técnica para el Sector Añilero de el Salvador MAG/ BCIE/ IICA y Proyecto Modernización del Procesamiento de Añil en El Salvador, FIAR/ PRODARI/ IICA).

6.1. Propuesta de diseño de una planta para el procesamiento de añil.

Para que la construcción de la planta para el procesamiento de añil sea técnica y económicamente factible para los productores, el proceso de extracción de añil debe ser solamente con hoja y tallos menores que la contienen, de tal forma que el diseño debe estar constituido por un tanque para la maceración de la hoja, un tanque para la oxigenación y sedimentación del colorante, una rejilla para asegurar que la hoja esté inmersa dentro del agua en el tanque de fermentación, una red de tubería para la distribución de aire comprimido que se colocará en el tanque de oxigenación, un equipo para la generación de energía eléctrica, una

bomba de agua accionada por motor de combustión o eléctrico, un compresor para el suministro de aire al tanque y colectores solares para el secado de la pasta de colorante. Adicionalmente se contempla sea fácil su traslado de un lugar a otro.

Para el diseño de la planta se tomó como parámetro los registros de producción de la Hacienda Los Nacimientos. El Jiquilite, en el primer año, produce 12,000 libras de materia verde, en el segundo año 25,800 libras y en el tercer año 6,000 libras por manzana. La planta de procesamiento debe ser diseñada para procesar los rendimientos del segundo año ya que son los más altos.

En el cuadro A.3 se presentan las producciones de hoja diaria para procesar en la planta y el volumen de agua a utilizar.

Cuadro N° A.3. Producción de hoja diaria para la planta.

PRODUCCIÓN (Mz)	PESO DE LA PLANTA (Lbs)	PESO DE LA HOJA (Lb)	PROCESAMIENTO DE PLANTA (Lb/día)	PROCESAMIENTO DE LA HOJA (Lb/día)	VOLUMEN TOTAL (m3)
1	25,800	15,480	198	119	0.518
2	51,600	30,960	396	238	1.036
3	77,400	45,440	594	357	1.554
4	103,200	61,920	792	476	2.072
5	129,000	77,400	990	595	2.590

Diariamente se procesarán 119 libras de hoja con un volumen de 518 litros (0.518 m³) ya que se aplica un factor de seguridad de 1:3 al volumen total de agua.

Determinando la producción y los volúmenes de producción que se requieren, las dimensiones del tanque de fermentación se muestran en el cuadro A.4.

Cuadro N° A.4. Dimensiones del tanque de fermentación.

AREA DE PRODUCCIÓN (Mz)	PESO DE LA HOJA DIARIA (Lb)	VOLUMEN DE TANQUE (m3)	ALTURA DE TANQUE H (m)	DIÁMETRO DE TANQUE D (m)	DIÁMETRO DE VÁLVULA A (pulg)
1	119	0.673	1.30	.80	3
2	238	1.347	1.30	1.14	3
3	357	2.020	1.30	1.40	3
4	476	2.694	1.30	1.62	3
5	595	3.367	1.30	1.80	3

La figura A.1 ilustra las dimensiones del tanque de fermentación. Dicho tanque es de lámina de acero inoxidable de 3/32 pulgadas de

espesor, cuenta con un visor de vidrio y 3 válvulas de 3 pulgadas de diámetro para facilitar la decantación del agua.

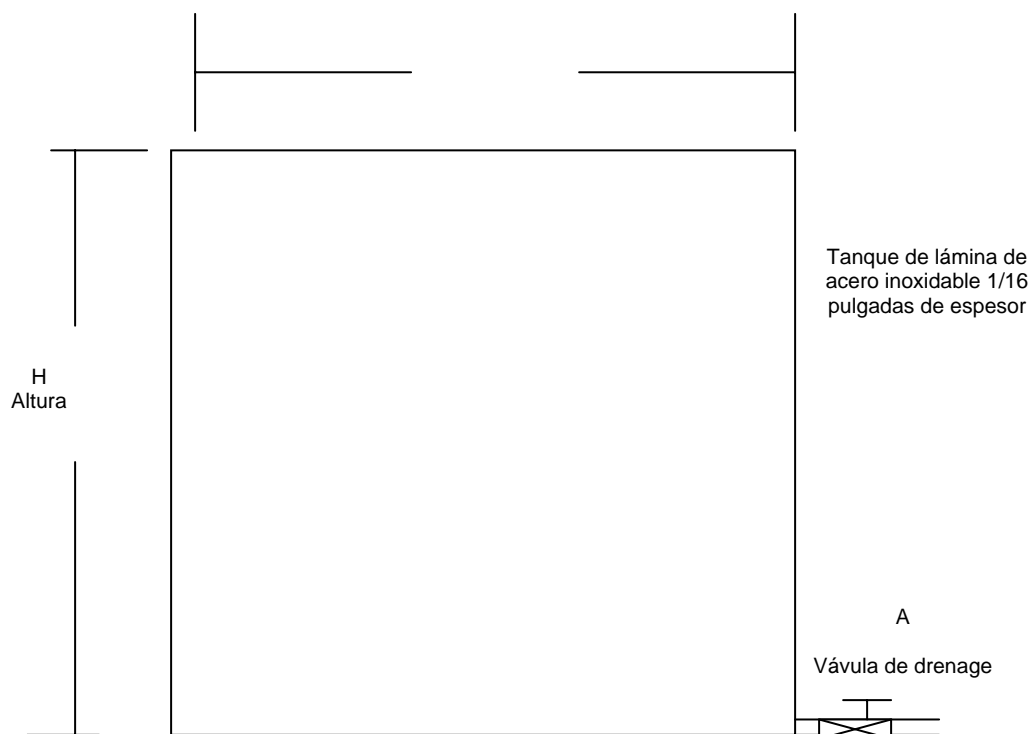


Figura A.1. Tanque de fermentación.

En el cuadro A.5, se muestran las dimensiones del tanque de oxigenación y sedimentación para procesar diferentes áreas.

Cuadro N° A.5. Dimensiones del tanque de oxigenación y sedimentación.

AREA A PROCESAR (Mz)	ALTURA H (m)	DIÁMETRO D (m)	ALTURA H(m)	A (pulg)	E (pulg)	F (pulg)	B (pulg)	I (pulg)	G (pulg)	L (cm)
1	1.10	0.80	0.25	½	½	½	1	½	3	30
2	1.10	1.14	0.25	½	½	½	1	½	3	30
3	1.10	1.40	0.30	½	½	½	1	½	3	30
4	1.10	1.62	0.30	½	½	½	1	½	3	30
5	1.10	1.80	0.30	½	½	½	1	½	3	30

La figura A.2. ilustra las dimensiones del tanque de oxigenación y sedimentación

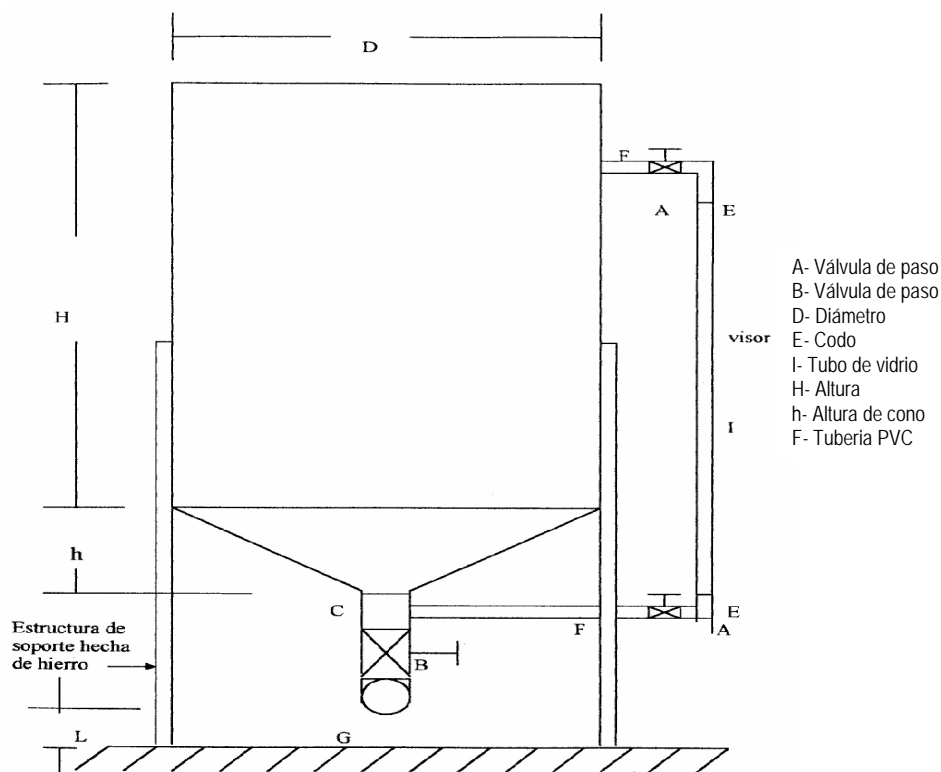


Figura A.2. Tanque de oxigenación y sedimentación..

6.2. Funcionamiento del proceso utilizando la planta.

La hoja de la planta debe desprenderse manualmente utilizando guantes de cuero, para un desprendimiento más práctico y rápido; para ello se requieren 3 personas. La hoja se coloca ordenadamente dentro del tanque de maceración, luego se coloca la rejilla para evitar que la hoja salga a la superficie.

Posteriormente se suministra agua de acuerdo a la cantidad de hoja a procesar. Para ello se requiere 60 minutos y para el remojo 14 horas.

Después del remojo se retira manualmente la rejilla de hojas y luego se traslada el líquido al tanque de oxigenación por gravedad o por bomba. Esto tarda 15 minutos. Luego se acopla el compresor a la tubería de oxigenación dura 15 minutos y se procede a la oxigenación con aire comprimido durante 1.5 horas. La potencia del compresor es de 5 HP. Se sugiere que se haga un mezclado manual con paleta para acelerar el desvanecimiento de espuma.

Realizada la oxigenación se deja sedimentar la mezcla por 6 horas. La separación del volumen sedimentado con la del agua se podrá ver con el visor. Se drena el agua con las válvulas que corresponden, la cantidad según el nivel que se observa en el visor, este proceso dura 1.5 horas.

Se drena el sedimento abriendo la válvula suavemente y con mucho cuidado para evitar generar turbulencias al interior del recipiente y colocar el sedimento en cubetas, esto

dura 2 horas. Se debe tener cuidado, además, de diferenciar el color de lo que se drena. El color del sedimento es azul profundo y el del agua café claro. El sedimento se coloca en tendales y se filtra durante 4 horas para eliminar volúmenes de agua. La pasta se coloca en bandejas, esto dura 1 hora. Luego las bandejas se trasladan y se colocan en los colectores solares. Permanecen secándose 20 horas efectivas al sol.

Los costos de inversión inicial para procesar 1 Mz incluyendo tanques de fermentación y oxigenación, compresor de aire, filtro, accesorios para oxigenar, manguera para aire y bomba de agua representan un total de \$3,610.00.

7. Construcción de una planta moderna de extracción de añil.

A raíz de los resultados de las investigaciones precedentes, JICA, a través del Proyecto Piloto de Añil, y FIAR/ PRODAR/ IICA, por medio del Proyecto de Modernización del Procesamiento del Añil en El Salvador, financiaron la construcción de una planta-piloto de extracción de añil en San Miguel, a cargo de la Universidad de El Salvador. El valor de la inversión fue de aproximadamente USD 7,400.

8. Diseño y puesta en marcha de una planta agroindustrial piloto para el procesamiento de añil (proceso BLAGAR).

El diseño y puesta en marcha de la planta piloto fue a cargo de los ingenieros Eduardo Blandón y Salvador Garza, en el marco del Proyecto Fomento de la Competitividad de las Empresas Rurales

del Marañón y Añil en El Salvador
OEA-SEDI-AICD/IICA/MINEC.

La planta-piloto tiene una capacidad de procesamiento de 1 tonelada métrica de biomasa, por lo que es muy útil para la realización de investigaciones y ensayos. Es fácilmente desmontable y transportable para permitir su instalación en varios sitios sucesivos. Para su uso, requiere de un área techada de 60 m², acceso a agua y conexiones eléctricas (monofásico). El valor total de la inversión en equipos y materiales asciende aproximadamente a \$5,000.00.

Este proceso consiste en la extracción de indigotina a partir de Jiquilite fresco sumergido en agua caliente. La extracción es afermentativa. El proceso total ha sido denominado BLAGAR por los consultores.

El material debe llegar a la planta piloto recién cortado, libre de tierra y malezas. El agua para el proceso debe tener un pH de 7.1. Para mantener el pH en ese rango se le agrega 4 gramos de carbonato de sodio por Kg. de biomasa.

El tamaño del material de añil se reduce a 25 cm. lo que permite aprovechar eficientemente el volumen de la tina, aumenta la relación biomasa agua y aumenta la superficie de contacto favoreciendo el proceso de lixiviado.

El lixiviado es donde se verifican cambios químicos (reducción e hidrólisis del indican a indoxil) y manipulaciones físicas (extracción, transporte de fluidos y transferencia de calor).

La tina de lixiviado tiene un cuerpo principal cilíndrico de una sola lámina de acero inoxidable (de 2 mm de espesor) enrollada de 4x8 pies y una sola costura de soldadura. Tiene una tapadera con haladera, lo que permite aislar del medio ambiente la biomasa para evitar contaminaciones. Tiene una descarga de 1 pulgada y un cono inferior de una sola lámina de 2x1 m, ambos de 2 mm de espesor. Posee un falso fondo formado por una rejilla perforada desmontable que evita obstrucciones debidas al material en la salida del fluido o el paso de partículas a la bomba. En la parte superior tiene otra rejilla perforada que mantiene el material en su lugar. Se utiliza acero inoxidable porque no ocasiona contaminación y tiene alta resistencia a la temperatura. La tina está montada sobre un tubo de 2 pulgadas fijado a una zapata y tiene movimiento pivotante. En su parte inferior se encuentran una válvula y visor de nivel. La tina de lixiviado debe llenarse con agua de tal forma que el material siempre esté cubierto de líquido.

El agua es calentada en un intercambiador de calor donde el agua de lixiviado fluye continuamente en su interior. Dicho intercambiador está compuesto de dos tubos concéntricos, sellados en su extremo.

Por el tubo interior circula el agua de lixiviado. La llama de combustión, proveniente de un quemador de gas propano tipo soplete, calienta el intercambiador en donde circula el agua. Su construcción es sencilla y robusta.

La temperatura del líquido recirculado, unos 400 litros en promedio, incrementa desde la temperatura ambiente de 27 °C

hasta 65°C en menos de 1 hora. El proceso de lixiviado dura 4 horas.

En el aireado del líquido hay un cambio químico (oxidación de indoxil que es soluble e incoloro y se transforma en indigotina que es insoluble y coloreada) y manipulaciones físicas (transporte de fluido y transferencia de masa que es el caso del oxígeno que pasa de una fase gaseosa a una fase líquida).

Las principales variables a medir son temperatura (no mayor de 65°C), pH (7.5), presión de trabajo del compresor (0.1 kg/cm²) y tiempo (30 a 45 minutos). Se emplea un compresor tipo Jacuzzi de 1 HP provisto de tubería de alto caudal de aire y baja presión de 3/32 pulgadas.

El agua conteniendo el indoxil se procesa en la tina de acero inoxidable, lo que reduce la contaminación.

La separación sólido-líquido se realiza mediante el uso de un separador centrífuga de flujo continuo. El tamaño de la partícula y sobre todo la diferencia de densidades entre las dos fases permite efectuar la separación por este medio de forma rápida, limpia y eficiente. Se recomienda para la operación una centrífuga de disco con una potencia menor de 1HP y un caudal de alimentación de 20 litros por minuto. Ello permite que el proceso dure 30 minutos.

Es importante mencionar que por razones de presupuesto, el separador centrífuga no pudo ser comprado, por lo tanto no es parte de la inversión que se realizó para la planta piloto actualmente disponible.

El secado se realiza en un horno microondas con excelentes resultados toda vez que se trate de pasta semifluida. Este proceso dura 1 hora.

El molido se realiza en un molino eléctrico de mesa con resultados satisfactorios obteniendo un tamaño de partícula de 150 milésimas de milímetro. El desperdicio se reduce al mínimo, el colorante no se contamina ya que no se expone al medio ambiente.

El proceso completo permite la obtención de 1.5 Kg. de tinta por tonelada métrica de biomasa (2200 libras) con 58.6% de indigotina. Estos valores pueden variar ya que el proceso requiere más investigación.

El costo por Kg. de tinte es de \$50.14, debido a que incluye calentamiento, bombeo y secado.

9. Obraje de pilón con cámara de calentamiento.

Este obraje está construido en terrenos propiedad de Miguel Angel Ventura en cantón La Puerta, caserío Las Cocinas, departamento de San Miguel. (Co-financiamiento: Programa de Fortalecimiento de la Economía y Empleo FORTALECE/MINEC/GTZ).

El funcionamiento de este obraje es similar a un obraje convencional, pero cuenta con un horno y una cámara de calentamiento para la etapa de maceración y 2 bombas tipo Blowers para la oxigenación, concebidos con base a la tecnología de la planta-piloto y el proceso BLAGAR. Aún no se han realizado pruebas de funcionamiento.

Además del costo del obraje, la inversión ha sido de \$3,000.00.

La cámara de calentamiento está construida de bloque y mide 2.3 m de ancho, 2.5 m de largo y 2 m de alto. En su interior, tiene una tubería de caño negro de 1 ¼ de pulgada de diámetro, dispuesta en forma de serpentín. La cámara, en la parte superior, cuenta con una chimenea de metal a una altura de 3 m, con agujeros para que salga el vapor. En la parte inferior se coloca la leña.

El horno se encuentra ubicado junto a la cámara de calentamiento separado por una lámina metálica. De longitud mide 2 m, de ancho 2 m y de fondo 1.5 m; sus paredes son de bloque y en su interior lleva separaciones para poder colocar las bandejas que contengan la pasta de tinta de añil.

La pila de remojo mide 2.5 m de ancho, 3.5 m de largo y 1.5 m de alto. Tiene una capacidad de 40 barriles de agua, y 30 qq. de biomasa. Está techada con lámina de zinc-alum.

Se coloca la materia verde de añil dentro de la pila acostada en forma superpuesta; se prensa con madera y se coloca el agua hasta 10 cm arriba de la materia verde.

Se enciende la cámara de calentamiento y se pone a funcionar una bomba achicadora de 1 pulgada que succiona el agua de la pila hacia la caldera de calentamiento y la hace circular por el tubo en forma de serpentín. De esta forma se calienta el agua que cae a la pila de fermentación y está circulando. La temperatura debe oscilar entre 60 a 65°C. El proceso duraría solamente 4 horas.

La pila de oxigenación tiene las mismas medidas que la pila de fermentación. Está techada; tiene una inclinación al centro con cierta pendiente. En su extremo se encuentra una poceta para poder extraer el agua y no botar tinta. La pila está separada por la mitad con una división de bloque. Tiene comunicación por un agujero de 3 pulgadas en la parte inferior. La pila está equipada en la parte superior con 2 Bombas eléctricas tipo Blower montadas sobre un trípode. Cada una de ellas tiene un tubo de PVC de 1 ¼ de pulgada hasta el fondo de la pila y en la punta una prolongación del mismo tubo PVC en forma de pata de gallina con agujeros finos. La bomba tira aire turbulento que sale por los agujeros de los extremos, lo que permite la aireación. El proceso duraría de 15 a 20 minutos.

Al finalizar la oxigenación se procede a retirar las bombas y se agrega agua helada a razón de 10 galones a la pilada para acelerar la sedimentación. Se dejaría en reposo 2 a 3 horas.

Luego se procede a botar el agua por medio de válvulas comenzando a abrirlas con sumo cuidado para evitar mover el agua. Se comienza con la válvula del extremo superior.

De esta agua, se bota solamente el 50% en el suelo a través de un resumidero, ya que la otra mitad se ocupa como agua de remojo en otro proceso, habiéndole agregado 50% de agua limpia.

La pasta de añil se coloca en un tendal de 9 m de largo por 1.2 m de ancho, para que se filtre. La primera agua se recoge en recipientes y se vuelve a filtrar. Esta etapa duraría 24 horas.

El horno se mantiene a una temperatura de 50-60°C. En bandejas de lámina similares a las que se fabrica pan, se coloca la pasta de añil en capas delgadas para que seque eficientemente. Aún no se ha estimado el tiempo requerido para secar la pasta de añil.

Cuando el colorante está bien seco se procede a molerlo en molino de nixtamal, que trabaja a 20 kg/hora. Se guarda en bolsas plásticas de 1 y 10 Kg.

Se almacena en bodega a la sombra y en un lugar ventilado.