



Ra Ximhai

ISSN: 1665-0441

[raximhai@uaim.edu.mx](mailto:raximhai@uaim.edu.mx)

Universidad Autónoma Indígena de México  
México

Aguilar-Rivera, Noé; Houbbron, Eric; Rustrian, Elena; Reyes- Alvarado, Luis Carlos  
PAPEL AMATE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) (RESIDUO DE BENEFICIO HÚMEDO)  
Ra Ximhai, vol. 10, núm. 3, enero-junio, 2014, pp. 103-117  
Universidad Autónoma Indígena de México  
El Fuerte, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46131111008>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica  
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal  
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo  
Sustentable

Ra Ximhai  
Universidad Autónoma Indígena de México  
ISSN: 1665-0441  
México

2014

## **PAPEL AMATE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) (RESIDUO DE BENEFICIO HÚMEDO)**

Noé Aguilar-Rivera; Eric Houbroun; Elena Rustrian y Luis Carlos Reyes-Alvarado  
Ra Ximhai, Enero - Junio, 2014/Vol. 10, Número 3 Edición Especial  
Universidad Autónoma Indígena de México  
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 103 - 117



**e-revist@s**

## PAPEL AMATE DE PULPA DE CAFÉ (*Coffea arabica*) (RESIDUO DE BENEFICIO HÚMEDO)

### AMATE PAPER IN PULP OF COFFEE (*Coffea arabica*) (BENEFIT WET RESIDUE)

Noé Aguilar-Rivera<sup>1</sup>; Eric Houbbron<sup>2</sup>; Elena Rustrian<sup>2</sup> y Luis Carlos Reyes-Alvarado<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Córdoba Veracruz, México. <sup>2</sup>Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Orizaba Veracruz, México.

#### RESUMEN

Amate (*amatl*) es un papel hecho a mano de México hechas por indígenas otomíes. Esta artesanía es hecha de corteza del árbol amate o jonote. Es originalmente desarrollado en los estados de Puebla, Hidalgo y Veracruz sobre todo en San Pablito, Puebla. Sin embargo, el papel amate se vende como fondo de las pinturas realizadas por artistas nahuas del estado de Guerrero. Las pinturas de papel amate son una combinación de tradiciones nahuas y otomíes. Si bien ha habido algunas innovaciones menores, el papel amate se sigue haciendo con el mismo proceso básico que se utilizó en el período prehispánico mediante la obtención de fibra de la corteza del árbol de amate clásico. Esto está afectando negativamente el ecosistema del norte de Puebla y obligando a los vendedores de corteza a la búsqueda de otras especies, por lo que es necesario hacer papel amate de forma más sostenible, incluyendo nuevos tipos de corteza de otras especies y subproductos de agroindustrias como arroz, café caña de azúcar, y otros tipos de fibra que tengan alta disponibilidad. El objetivo de este trabajo fue analizar y comparar las características químicas de la pulpa de café, como materia prima para papel amate de mayor calidad, que el producido con la corteza de otras especies. Los resultados mostraron que las características estructurales y químicas de la pulpa celulósica de pulpa de café presentaron facilidad de fabricación de papel, debido a sus propiedades de adhesión, formación y aglutinación de fibras similares a la alta calidad del producto final como el papel amate derivado de corteza del árbol

**Palabras Clave:** Subproductos agroindustriales, papel hecho a mano, propiedades de papel.

#### SUMMARY

Amate (*amatl*) is a handmade paper of Mexico made by Otomi Indians. This craft is made from bark of tree bark amate or jonote. It is originally developed in the states of Puebla, Hidalgo and Veracruz especially in San Pablito, Puebla. However, amate paper is sold as background Nahua paintings by artists from the state of Guerrero. Amate paper paintings are a combination of Nahua and Otomi traditions. While there have been some minor innovations, the amate paper is still done with the same basic process used in the pre-Hispanic period by obtaining a classical amate tree bark fiber. This is negatively affecting the ecosystem of the North of Puebla and forcing vendors bark in search of other species, so it is necessary to make paper amate more sustainably, including new types of bark from other species and by-products of agro-industries such as rice, coffee sugar cane, and other types of fiber that have high-availability

The objective of this work was to analyze and compare the Chemical pulp of coffee characteristics, as raw material for amate paper of higher quality than that produced from the bark of other species. The results showed that the structural and chemical characteristics of coffee pulp cellulose pulp showed ease of paper making, due to its properties of adherence, formation and agglutination of fibers similar to the high quality of the final product as the amate tree bark-derived paper.

**Keywords:** agroindustrial byproducts, handmade paper, paper properties.

#### INTRODUCCIÓN

El papel es una hoja de fibras entrelazadas (usualmente fibras de celulosa a partir de las plantas, pero algunas veces a partir de trapos de tela u otros materiales fibrosos), estas fibras se obtienen mediante el pulpeo de la materia prima, lo que causa en ellas una limpieza y refinación para después formar una superficie sólida.

El papel resulta esencial para la vida moderna, tanto para las denominadas industrias culturales y artesanías y permitir la transmisión de conocimientos e información, como para diversas otras actividades. Por eso es imprescindible transformar a esta industria en una actividad sustentable. Es necesario que desde la obtención de sus materias primas (fibras vegetales y reciclado), sus procesos industriales y los criterios de consumo, sean profundamente revisados en sus métodos, tecnologías y escalas.

Recibido: 11 de septiembre de 2013. Aceptado: 15 de diciembre de 2013.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 10(3): 103-117.

Actualmente se conocen diversos métodos para la obtención de pulpa para papeles culturales, artesanales y de uso común; son métodos químicos, mecánicos, químico-mecánicos y biológicos (biopulpeo), sin embargo, estos procedimientos aplicados en el ámbito industrial utilizan preferentemente materias primas convencionales, como las coníferas de fibra larga de bosques vírgenes o maderas duras como eucalipto derivado de plantaciones forestales. Sin embargo, los materiales más utilizados para la producción de papel a mano o artesanal son las fibras recicladas y en menor escala las fibras primarias o vírgenes, fenómeno que se ha dado en los últimos años debido al déficit de madera disponible y al menor costo de transformación de la fibra reciclada y de plantas no maderables o subproductos agroindustriales como bagazo, pajas, cascarillas etc. (Anzaldo *et al.* 2004).

Con base en lo anterior, la tecnología para la obtención de pulpa y fabricación de papel a mano, deberá encaminarse al estudio de métodos alternativos para obtener pulpa a partir de vegetales con fibras cortas y gran contenido parénquimático (Escoto *et al.* 2006).

El papel artesanal o a mano puede ser liso ó presentar diferentes texturas que se logran incluyendo en su preparación, diversas fibras naturales o procesadas, hilos, hojas secas, pétalos, flores, imágenes y otros materiales que lo enriquecen.

En este sentido, El trabajo artesanal en papel es una más de las estrategias de sobrevivencia y reproducción de múltiples grupos domésticos campesinos, mediante el cual sus creadores no sólo reciben retribución monetaria, sino que satisfacen también necesidades de expresión y reafirmación identitaria. En México, el número de personas dedicadas a la manufactura y a la creación de artesanías ha aumentado, lo cual se atribuye al escaso crecimiento de empleos formales que presenta el país desde hace más de dos décadas, así como a la crisis del sector agropecuario, causada por diversos factores, entre los que destacan los bajos precios de los productos agrícolas, la competencia desleal por la importación de productos agrícolas subsidiados y el deterioro de las tierras por la realización de inadecuadas prácticas agrícolas y también ha contribuido la presencia del mercado turístico que aprecia, gusta y valora las expresiones de arte popular por su valor estético y cultural como el papel artesanal (Rojas-Serrano *et al.* 2010).

#### *Papel ámate (papel artesanal mexicano)*

El papel amate es un bien cultural mexicano, tradicionalmente elaborado con un tejido conocido comúnmente como corteza interna y técnicamente como floema secundario (Quintanar-Isaías *et al.* 2008). Ámate, viene del náhuatl *Amatl* y significa “hoja de árbol”, debido a que es extraído de la parte interna de la corteza de los árboles. De esta materia prima se sustrae la esencia del ámate y también el color (papel moreno y papel claro). El papel ámate mexicano, hoy se manifiesta en las pinturas de los pueblos otomíes en Puebla y lo utilizan también los nahuas de Guerrero, es muy posible que en la cultura Olmeca ya se produjera y utilizara el papel, se les reconoce incluso como los inventores de la escritura en Mesoamérica. Distintas culturas precolombinas elaboraban papel a partir de la fibra de vegetales, entre ellos el maguey. En la actualidad, en México, dos culturas indígenas muy importantes utilizan este papel, la Otomí y los Nahuas del Balsas.

La producción comercial del papel amate empezó a fines de la década de 1960 a partir de la fusión de dos tradiciones indígenas: la de los *ñahñús* de San Pablito, en la Sierra Norte de Puebla, productores del papel amate, y la de los nahuas de la Cuenca del Río Balsas, pintores de los pliegos de este papel; práctica que también tiene raíces prehispánicas y es originaria del trabajo pictórico que los nahuas han desarrollado sobre sus piezas de cerámica. Desde el inicio de la producción de papel amate como artesanía, los *ñahñús* de San Pablito han sido los únicos en todo México que producen este papel. En el caso de los nahuas, la actividad de pintar sobre papel amate se ha extendido en ocho pueblos a lo largo del Río Balsas (López *et al.* 2009).

Las comunidades de estos lugares (80%) se dedican a la elaboración del amate de cortezas, en donde esta actividad es su principal sustento. Elaboran una gran diversidad de amates, tanto en tamaños como en texturas y colores.

El proceso de elaborar papel amate es una práctica que exige conocimientos antiguos, experiencia personal y paciencia por parte del amatero. Maya (2011) menciona que en sentido artesanal también se pone en riesgo, si se piensa en el hecho de que algunos amateros ya no extraen la fibra sino que la compran, además algunas familias en las que son numerosos los miembros que participan en la elaboración de papel han ido distribuyendo las diversas tareas que conforman el proceso (algunos cocen la pulpa, otros se dedican a la construcción de las hojas) lo que origina un fenómeno de *especialización*: solo un amatero conoce todo el proceso y los demás son capacitados para una tarea específica, esto se asemeja al trabajo *maquinal* que se observa en las fábricas de producción masiva, si bien en los talleres de San Pablito no interviene ningún tipo de máquina y todo se hace de manera manual, la organización del trabajo es la misma y en caso de adoptarla el proceso como *un saber heredado* sería propiedad de unos cuantos, convirtiendo a los demás integrantes de la comunidad en empleados sin la posesión de un conocimiento, solo de una habilidad específica.

Para la fabricación de este papel se usa el árbol que se llama xalamatl, el jonote (*Trema micrantha* (L) Blume) y la mora en el poblado de San Pablito, Puebla, para la elaboración del papel amate se quita la corteza del árbol en tiras, y después se hierve hasta por 8 horas o más horas con leña, se agregan sales alcalinas (NaOH, cal o cenizas), después de cocidas, se lavan y, si es requerido, se blanquean con hipoclorito posteriormente y a pigmentación con anilinas, se sacan tiras o fracciones que luego serán acomodadas sobre una tabla grande para ser batidas, según diversos tamaños, (1 metro 20 centímetros por 2 metros, 40 centímetros etc), se van cruzando las tiras, se golpetea con una piedra plana y va cerrando poco a poco la trama del papel. Se dejan secar al aire y se separan de la tabla.

A este lugar (San Pablito, Puebla) productor de amate, con lo rudimentario que aun resultan los métodos de producción del papel y del constante trabajo de los otomíes poblanos, que se saben proveedores de muchas comunidades indígenas en toda la república, que utilizan su producto para pintarlos con escenas que revelan el más puro espíritu mexicano (Navarrete y Garibay, 2003).

Sin embargo, el abastecimiento actual de la materia prima depende de extractores de varios pueblos de la Sierra Norte de Puebla quienes recolectan las cortezas en un área que abarca alrededor de 1 500 km<sup>2</sup>. El agotamiento de los árboles de *Ficus* de diversas especies utilizadas por más tiempo que otras es visible en áreas cercanas a San Pablito. Aunque se emplean especies de árboles de larga vida, tales como ojite (*Brosimum alicastrum*), tortocal (*Ulmus mexicana*), palo brujo (*Sapium oligoneuron* y *Sapium aucuparium*) y se han adoptado especies pioneras tales como el jonote (*Trema micrantha*), chichicaxtle (*Urera caracasana*), y ortiga (*Myriocarpa cordifolia*) conforme el mercado ha aumentado, los artesanos requieren de diferentes recursos biológicos para elaborar papel a mano (López *et al.* 2009).

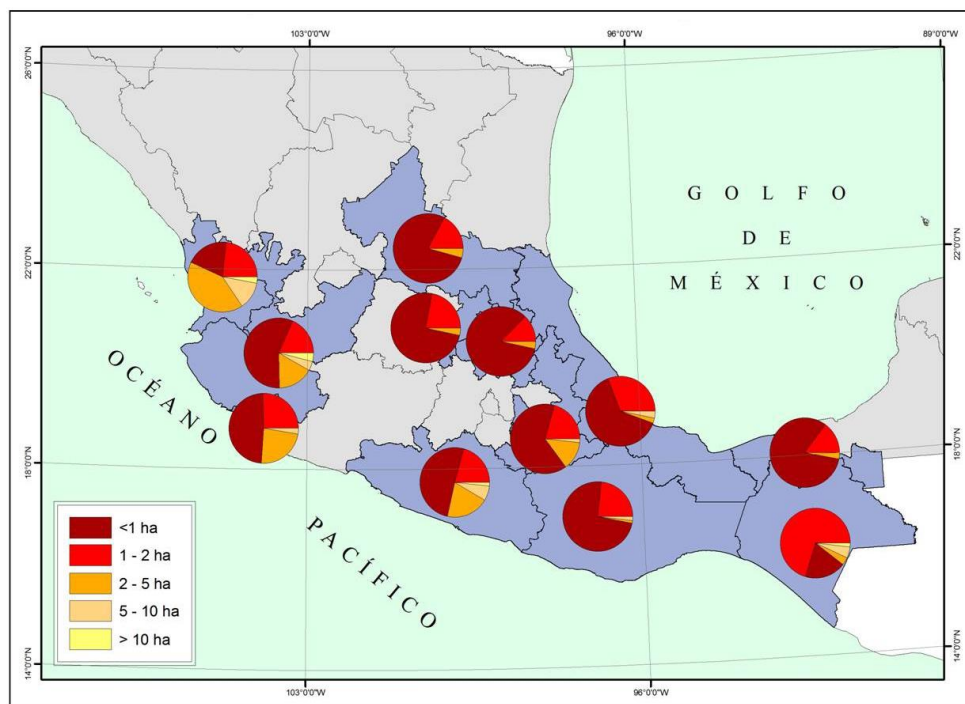
#### *Café (Coffea sp.)*

México es el quinto productor mundial de café después de Brasil, Colombia, Indonesia y Vietnam. Este producto es, después del petróleo, el que más se comercializa en el mundo. Este cultivo tiene una superficie total de 760,000 ha aproximadamente y 490 mil productores, distribuida en 12 estados, 400 municipios y más de 4,000 localidades. Los estados productores en orden de importancia son: Chiapas, Oaxaca, Veracruz (estados que concentran el 72% de la producción el café a nivel nacional), Puebla, Guerrero, Hidalgo, San Luis Potosí (el 24%) y Nayarit, Colima, Jalisco, Querétaro y Tabasco (el 4% restante) concentrada en cuatro regiones: La Vertiente del Golfo de México, la Vertiente del Pacífico, la zona Centro-Norte de Chiapas y la Región del Soconusco (Mas, 2007; Martínez *et al.*, 2007).



**Figura 1.-** Estados productores de café (Olvera, 2010).

Además de su importancia económica, las características del cultivo del café en México son de orden socio-cultural y ecológico. Es un cultivo minifundista practicado por 280,000 productores, de los cuales más de 70% tienen parcelas de menos de dos hectáreas. El 65 % de estos pequeños cafeticultores pertenecen a un grupo étnico. Los cafetales están generalmente localizados entre los 600 y 1,200 m.s.n.m., pero pueden encontrarse entre los 300 y 1,600 m.s.n.m. Corresponden a selvas altas y medianas, selvas bajas caducifolias, bosques de pino y encino y bosques mesófilos (Figura 2).



**Figura 2.-** Superficie cultivada con café por productor en México (Olvera, 2010).

De la planta de café se obtiene una bebida agradable e estimulante, donde su consumo se basa en el hábito de generaciones antiguas y está asociado a diversos usos y costumbres de muchas culturas en el mundo. Pertenece al orden Rubiales, de la familia Rubiáceas, del género *Coffea* (*Lariére*) el cual tiene más de 100 especies conocidas, pero solo se comercializan *C. Arabica Lariére*, *C. Canephora Pierre ex A. Froehner (Robusta)* y *C. Liberica Hiem*. Esta planta produce frutos, conocido como cereza, que son de color verde en estado inmaduro y rojo-amarillento cuando madura (Olvera, 2010).

Los cafetales son agroecosistemas variados en composición y estructura, donde se pueden encontrar especies vegetales cultivadas y silvestres, nativas e introducidas, y cuya diversidad florística está estrechamente ligada a las condiciones sociales, económicas y ecológicas en las que se inserta la producción del café. En la última década el cultivo de esta planta ha estado en crisis debido a los bajos precios del producto; sin embargo, los agricultores deben mantener los cafetales como fuente de ingreso adoptando nuevas estrategias para obtener recursos económicos mediante la introducción o incremento de cultivos de importancia económica y el uso de los subproductos del beneficio del grano (Martínez *et al.* 2007).

Existen 2 tipos de beneficios de café: vía seca y vía húmeda, según el tipo de café, la disponibilidad del agua y el tipo de cosecha.

#### *Proceso del beneficio húmedo*

La mayoría de café producido en México está transformado por vía húmeda, por resultado da un café más suave y de mayor calidad.

El proceso inicia con la recepción, etapa donde los frutos son recibidos en un tanque (sifón) lleno de agua para evitar que el fruto se caliente y comience a fermentar. Se eliminan todas sus impurezas y se seleccionan por su densidad; posteriormente la materia prima pasa a la sección de despulpado, esta etapa es el proceso de separación de la pulpa y cascarilla del grano de café.

Una vez obtenidos los granos de café del despulpe, estos pasan a la fermentación, etapa en la cual se elimina el mucílago del grano, debido a que el mucílago es insoluble en agua existen dos formas de retirarlo: fermentación natural y en su mayoría por remoción químico-mecánica, esta fase tiene una duración promedio de 24 hrs.; consecutivamente se da paso al lavado, una vez removido el mucílago de la superficie del grano, este se debe lavar con agua limpia tantas veces sea necesario para la remoción de los residuos de mucílago (Krauss, 2002).

El secado es la etapa posterior a la remoción del mucílago, principalmente esta etapa consiste en reducir la humedad del grano de 52 al 12%, al concluir el secado del café, se requiere de por lo menos de tres horas para homogeneizar la humedad. En esta etapa ya se tiene como producto café oro y por último se procede a almacenar (Alvarado, 2001).

La pulpa de café es el exocarpio del grano, con una pequeña porción del mesocarpio que se queda unido después del despulpado, este subproducto (desecho solidó) es abundante, representa aproximadamente 41% del peso del café cereza (fruta), es voluminoso y perecedero. La pulpa, junto al mucílago adherido a los granos recién despulpados, representan el 61% de la materia fresca de las cerezas y son la fuente principal de los materiales contaminantes de las cuencas y/o terrenos agrícolas, sin tratamiento alguno en donde se sitúan este tipo de instalaciones.

Se estima que un beneficio de café, tiene un procesamiento diario de 23 toneladas de café cereza, de las cuales 5 toneladas corresponden al grano (café pergamino) y 14 toneladas corresponden a pulpa y mucílago fresco.



El beneficio húmedo es el proceso de mayor impacto ambiental debido a la utilización excesiva de agua (dependiendo de las instalaciones y manejo, se estiman entre 8 y 40 Lt. de agua limpia para transformar 1kilogramo de café cereza en café oro), esta agua a menudo es vertida en los ríos alterando las fuentes de agua en el país. La contaminación orgánica por aguas residuales generadas se estima en 280 toneladas de DQO/día, por otra parte la cantidad de pulpa producida en el país por año es de 440,000 toneladas de peso seco (Villanueva, 2002). Los lixiviados y la pulpa son un desecho agro-industrial de suma importancia debido a la gran cantidad generada y a su bajo valor nutritivo a causa de sustancias tóxicas como la cafeína y los polifenoles (Murthy, 2010; Noriega Salazar, 2009; Farah, 2006). El 6% del café cereza en peso se considera como producto final, el 94% restante se consideran productos contaminantes y del 100% del peso de café cereza 39% es pulpa fresca (Perraud-Gaime *et al*, 2000).

Si bien este material no ha sido ampliamente investigado y actualmente no presenta una aplicación inmediata a la industria, representa una alternativa viable dado su enorme potencial orgánico (Pandey, 2000).

Por lo tanto, si la pulpa de café procedente del beneficio presenta características técnicas para el sector pulpa y papel, podría utilizarse para fabricar papel artesanal y así contribuir a la solución de problemas ambientales, sociales y laborales, al propiciar un uso sustentable del residuo ya que no existen trabajos sobre la producción de fibra para papel a partir de la pulpa de café original fresca. En este sentido, la etapa de corte de café tiene una duración de 6 meses del año, comprendidos de octubre a marzo; los beneficios de café y cortadores de café solo procesan café hasta que termina la etapa de corte y de transformación de café cereza en café oro, ahora este trabajo puede ayudar a que los trabajadores puedan tener otra etapa de trabajo y no solo la de corte y procesamiento del café si no también la de la utilización de la pulpa de café (desecho agro-industrial) para valorizarla haciendo papel artesanal los cuales se diferencian notablemente de las fuentes fibrosas originales (ficus, xonote y del *Cyperus papiro*, de la familia de las moráceas, malváceas y ciperáceas, respectivamente) registradas en la bibliografía especializada.

### *Objetivo General*

Fabricar papel artesanal a partir del residuo cafetalero (pulpa de café).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Caracterización de la pulpa de café*

En esta etapa se tiene como objetivo evaluar la calidad de la pulpa de café para la fabricación de papel artesanal, aplicando los análisis fisicoquímicos utilizados por las normas TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) (*Cuadro 1*) y para la observación, medición y fotografiado de las características morfológicas de las fibras de pulpa de café se empleó una cámara Sedgewick Rafter que tiene una cuadrícula en milímetros (mm<sup>2</sup>) y un microscopio Motic estereoscópico ocular 10x-20x con Moticam 350 (cámara) y un microscopio Zezz axiostas plus (óptico) cp-acromático cámara mini bid.

Para realizar estos análisis, la muestra de pulpa de café seca se obtuvo de un beneficio de la región de Huatusco, Veracruz, después del proceso de despulpado se secó previamente al ambiente. La pulpa de café fue molida en un mortero con pistilo hasta obtener un tamaño de partícula que pasa por un tamiz malla 40 y se retenga en otro tamiz de malla 60 (como lo describe la norma TAPPI T257 cm-85) posteriormente se procede a realizar la preparación de las muestras para el análisis (TAPPI T 264 om-88) y los análisis correspondientes de calidad de fibra



**Cuadro 1.- Análisis físicoquímicos TAPPI efectuados en pulpa de café (TAPPI, 2000)**

Descripción	Técnica
Muestreo y preparación de madera para análisis.	TAPPI T 257-cm-85.
Preparación de madera para análisis químico.	TAPPI T 264 om-88.
Humedad.	TAPPI T264 om-88.
Cenizas en madera, combustión a 525°C.	TAPPI T211 om-93.
Lignina en madera y pulpa insoluble en ácido.	TAPPI T222 om-88.
Determinación de Holocelulosa.	"Método Wise"
$\alpha$ -Celulosa en Pulpa.	TAPPI T203 om-93.
$\beta$ y $\gamma$ -Celulosa en Pulpa.	TAPPI T203 om-93.
Pentosanos en Madera.	TAPPI T223ts.
Cuantificación de Extraíbles con Etanol-Tolueno.	TAPPI, T 264 om-88.
Cuantificación de Extraíbles con Etanol.	TAPPI, T 264 om-88.
Cuantificación de Extraíbles con Agua.	TAPPI, T 264 om-88.

### *Pulpeo de la materia prima*

La pulpa para papel a mano utilizada en este trabajo fue obtenida por un proceso de pulpeo aplicado a la materia prima (pulpa de café, desecho agroindustrial lignocelulósico) por el proceso químico alcalino a la sosa, empleando una solución de NaOH comercial con concentración 5% p/p en un contenedor de acero inoxidable a temperatura y presión de trabajo de 100°C y 1 atm con hidromodulo 5:1 en un tiempo de cocción a fuego directo de 120 minutos de acuerdo al proceso original de la corteza para amate. Utilizar un reactivo químico como agente ablandador de la pulpa de café se justifica en la disminución del tiempo de cocimiento, el cual se redujo notablemente en oposición a de 8 a 12 del método convencional. La pulpa resultante se lavo para eliminar los residuos de reactivo; se exprime y desintegro en un mezclador comercial y se coloca en contenedores de plástico.

Posteriormente se obtuvieron pastas (pulpas) de papel y cartón reciclado para evaluar mezclas de fibras recicladas (fibras largas) y cortas es decir, fibras de papel bond MOW (mixed office waste) o cartón reciclado OCC (old Corrugated Container) con las fibras obtenidas por el pulpeo de la materia prima (pulpa de café) descrito anteriormente para mejorar la formación de hojas y la capacidad de impresión (printability).

### *Encolado*

Todos los papeles, con excepción de los absorbentes (para baño, toallas y papel filtro) necesitan aditivos como encolado para adquirir una superficie mas lisa, blancura más brillante, tersura mejorada para impresión y opacidad. El encolado y el efecto de encolado se utilizan para reforzar la hoja, mejorar su consistencia, darle resistencia a la abrasión y estabilidad dimensional, controlar sus cualidades de absorción; protegerla contra las degradaciones químicas, mecánicas o ambientales; modificar la superficie, la textura, el carácter y la apariencia; mejorar su resistencia a la grasa, suciedad, manchas y a los líquidos; alterar las propiedades de reflectancia y mejorar significativamente la capacidad de impresión (printability). Las hojas de papel hechas a mano sin encolar tienden a ser muy absorbentes. Si se utiliza encolado en exceso, la hoja se suele denominar *de encolado rígido*, mientras que, de lo contrario, sería llamada *de encolado suave o débil* (Maynor, 1994).

Para la aplicación del encolado interno a las fibras se agrego una solución de almidón en la tina de formación del papel, y en el caso del encolado externo, se aplico una solución de almidón

pero en la hoja formada y seca con una brocha por las dos caras de la hoja (en ambos casos con una concentración de 2.5 % en el encolado interno y 2.5 % en encolado externo.

#### *Equipo requerido en la elaboración de papel artesanal*

El equipo que se empleo para la elaboración de papel artesanal fue: Una tina de formación, juego de bastidor y tamiz, Tela fieltro y prensa (*Figura 3*).

El equipo antes enlistado ya ha sido reportado en los trabajos de Escoto *et al*, (2006); Cuevas Castelán (2004); Navarrete y Garibay (2003)



**Figura 3.-** Equipo para la elaboración de papel artesanal.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### *Análisis fisicoquímico*

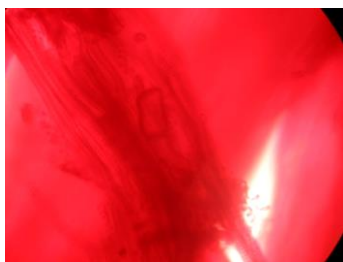
En el *Cuadro 2* se presentan los análisis fisicoquímicos de la pulpa de café.

**Cuadro 2.- Resultados de análisis fisicoquímicos en pulpa de café y fibras provenientes de la digestión anaerobia de pulpa de café**

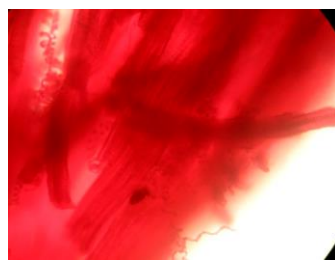
Componente	%
Humedad 105°C.	84.18
Cenizas	6.11
Lignina	36.87
Holocelulosa	56.75
$\alpha$ -Celulosa	43.28
$\beta$ y $\gamma$ -Celulosa	13.48
Pentosanos	10.74
Extraíbles Etanol-Tolueno	11.96
Extraíbles Etanol	11.51
Extraíbles Agua	40.82

En cuanto al rendimiento del método de pulpeo la eficiencia del pulpeo alcalino (sosa al 5% p/p) fue de 32.05%.

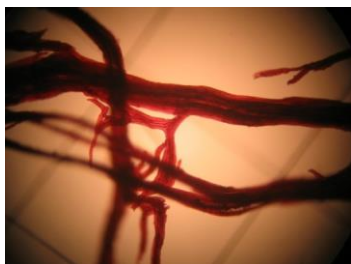
Para el análisis morfológico de las fibras original y después del pulpeo alcalino se hicieron observaciones en microscopio a estas fibras de la pulpa de café original y se observaron en el ocular a 10x y 40x fibras gruesas e intactas (*Figuras 4 y 5*) y *Cuadro 3*.



Pulpa de café (materia prima original) a 40x.



Pulpa de café (materia prima original) a 40x.

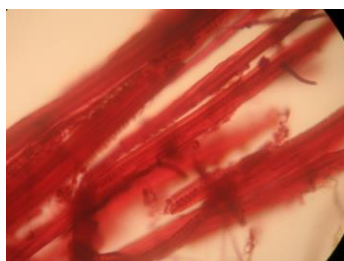


Pulpa de café (materia prima original) a 10x.



Pulpa de café (materia prima original) a 1x.

**Figura 4.-** Pulpa de café original.



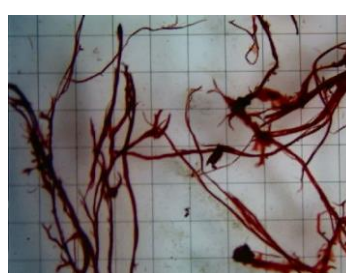
Fibras provenientes del proceso a la sosa a 40x.



Fibras provenientes del proceso a la sosa a 40x.



Fibras provenientes del proceso a la sosa a 10x.



Fibras provenientes del proceso a la sosa a 1x.

**Figura 5.-** Fibras de pulpa de café proceso alcalino.

Estas fibras presentaron estar cubiertas por una capa delgada y transparente sin forma para la elaboración de papel artesanal (*Cuadro 3*)

**Cuadro 3.- Longitud de fibras**

Tipo de fibra/origen.	Longitud (mm).
Pulpa de Café (original).	8.25
Proceso a la Sosa (pulpeo).	7.13

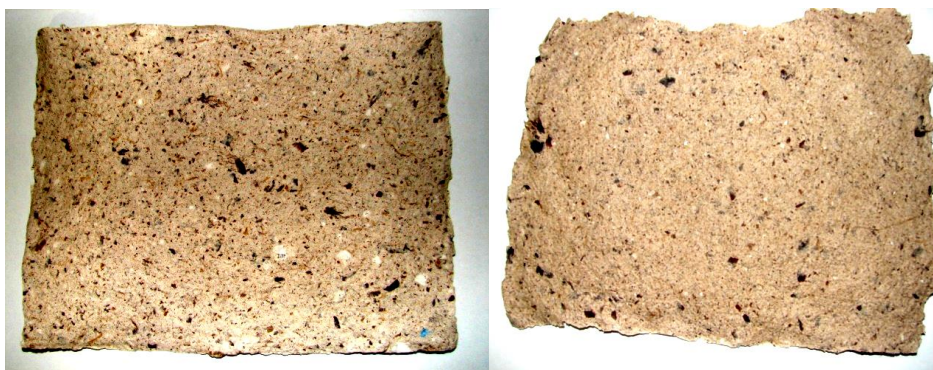
En este sentido, las fibras presentan características químicas y morfológicas adecuadas para la elaboración de papel; así mediante la cocción alcalina se logro flexibilizar el haz fibroso de la pulpa de café al modificar la estructura interna y externa del haz fibroso lo cual originó un incremento notable en el ablandamiento y flexibilización, permitiendo que se incremente el entrelazamiento fibrilar y con ello el manejo de la textura y manejabilidad obteniendo a partir de ello un papel hecho a mano con buena textura y apariencia similar al papel amate por la digestión alcalina de pulpa de café mezclada con cartón reciclado (OCC), y papel de oficina bond reciclado (MOW) (*Cuadro 4 y Figura 6*)

**Cuadro 4.- Mezclas de pastas y encolado para la elaboración de papel artesanal**

Mezclas realizadas de pulpa de pulpa de papel blanco (MOW-mixed office waste-) con pulpa de café	
Tipo de papel	Composición del papel
Cantidad de pulpas mezcladas para la formación de papel	
A	75% MOW + 25% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.
B	50% MOW + 50% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.
C	75% MOW + 25% pulpa de café encolado 5% interno y 2.5% externo.
D	50% MOW + 50% pulpa de café encolado 5% interno y 5% externo.
E	75% MOW + 25% pulpa de café sin encolar.
F	50% MOW + 50% pulpa de café sin encolar.
G	25% MOW + 75% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.
Composición de hojas de papel con pulpa de café.	
H	100% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.
I	100% pulpa de café encolado 2.5% interno y 5% externo.
J	100% pulpa de café encolado 5% interno y 2.5% externo.
K	100% pulpa de café sin encolar.
Mezclas realizadas de pulpa de café y cartón reciclado.	
L	50% cartón + 50% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.
M	50% cartón + 50% pulpa de café sin encolar.
N	25% cartón + 75% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.



a) 100% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo b) 50% cartón + 50% pulpa de café encolado 2.5 interno y 2.5 externo



c) 75% MOW + 25% pulpa de café sin encolar d) 50% MOW + 50% pulpa de café encolado 2.5% interno y 2.5% externo.

**Figura 6.-** Papel amate de pulpa de café.

#### *Pruebas para determinar la calidad en el papel artesanal*

El papel artesanal hecho de pulpa de café y mezclas de papel bond y cartón reciclado se evaluaron con las pruebas: calibre, peso base y prueba de Cobb (calidad de encolado).

#### *Calibre o Espesor*

El espesor, llamado también calibre, se define como la distancia perpendicular que existe entre las dos caras del papel, bajo condiciones específicas. Su valor se expresa en milímetros (mm), micras y puntos (que son milésimas de pulgada).

#### *Peso base (gramaje)*

En la fabricación y conversión del papel y el cartón, existen dos características de gran importancia: el peso (propriadamente denominado masa) y el área. Se llama peso base al peso en gramos de un metro cuadrado de papel (también se acostumbra llamarle gramaje).

#### *Prueba de Cobb*

El papel se encola para resistir la penetración de líquidos o específicamente, para resistir la penetración del agua o soluciones acuosas, la prueba de Cobb consiste en medir el aumento de peso en una hoja, que ha estado en contacto con el agua por una sola cara. Las principales funciones del encolado son la de prevenir el corrimiento de la tinta de escribir sobre el papel (printability) hacer al papel resistente a la penetración por la humedad, dar solidez a la hoja y endurecerla, aumentar la retención de fibras, cargas y ciertos materiales agregados (*Cuadros 5 y 6*).

**Cuadro 5.- Pruebas físicas para evaluar la calidad de papel artesanal (TAPPI, 2000)**

Descripción	Técnica
Prueba de Cobb.	TAPPI T441.
Peso base o gramaje.	TAPPI T220 om-88.
Calibre.	TAPPI om-89.

Los tipos de papel obtenidos, a pesar de sus diferencias en gramaje y calibre, contaron con una gran similitud con respecto al papel amate comercial son menos permeables al agua o humedad por lo tanto presentan mayor capacidad de impresión (printability) derivado del encolado con una concentración de 2.5 % en el encolado interno y 2.5 % en encolado externo.

Durante la elaboración de las hojas en el bastidor-tamiz dentro de la tina de formación la presencia de fibras de OCC y MOW permitió obtener mejores resultados e igualar las



características gramaje-calibre del papel amate al proporcionar mejor formación y textura al papel artesanal de pulpa de café.

**Cuadro 6.- Resultados de pruebas físicas en papel artesanal**

Tipo de papel.	°Cobb. (g/m <sup>2</sup> )	Peso base o Gramaje. (g/m <sup>2</sup> )	Calibre. (mm)
Amate	350.42	146.83	0.023
Imitación Amate	342.11	133.45	0.016
A	790.76	625.78	1.02
B	272.5	266.02	0.62
C	417.6	625.34	1.02
D	267.44	335.18	0.56
E	546.68	434.68	0.74
F	566.76	337.92	0.57
G	239.94	193.82	0.5
H	141.88	428.3	1.02
I	193.48	348.74	1.02
J	390.26	544.7	1.02
K	360.8	330.76	0.77
L	368.02	348.66	0.58
M	665.94	403.06	0.65
N	254.9	192.86	0.32
O	476.26	375.7	1.02
P	497.74	301.8	1.02

## CONCLUSIONES

Las artesanías son una alternativa para capitalizar nuevamente a las comunidades indígenas, que tiene una historia que han heredado y cuyo conocimiento de sus entornos naturales han derivado en cultura, en manifestaciones artísticas.

Para la propuesta de este trabajo, esta podrá fomentar y apoyar a la agroindustria cafetalera y así mismo se logro demostrar que los procesos en los cuales se emplean residuos agroindustriales pueden llegar a ser competitivos frente a los usos tradicionales y causan un impacto negativo menor en el medio ambiente dentro del esquema de alternativas tecnológicas para el aprovechamiento Integral de la pulpa el café y otros subproductos.

En primer lugar este trabajo logro caracterizar y estandarizar los residuos lignocelulósicos provenientes del cultivo de café empleando las técnicas de cuantificación para cada uno de sus compuestos químicos.

Las características químicas y morfológicas de la pulpa de café fresca indican que este material puede como fibra para papel a mano en un proceso químico bioproceso y adecuar y acondicionar la técnica de obtención de pulpa de café y las condiciones de operación necesarias que han de ser empleados en el proceso de obtención de papel artesanal.

Así el pulpeo de la materia prima (pulpa de café) logro la obtención de diversas clases de papel, cada una con características diferentes a las exhibidas por el papel artesanal en el mercado por lo tanto, la pulpa de café se puede emplear en la elaboración de papel artesanal eliminando los desechos sólidos de la industria cafetalera, generando interés laboral, ambiental y social.

Por otra parte, se requiere la evaluación de nuevos subproductos agroindustriales y Identificación de métodos de ablandamiento de fibras con técnicas de biopulpeo y la reincorporación de técnicas basadas en el uso tradicional de cenizas, adaptadas a las condiciones actuales de organización e infraestructura que permitan la sostenibilidad de esta artesanía.

### LITERATURA CITADA

- Alvarado, M. A. (2001). Factibilidad de metanización de una mezcla de efluente bruto con los sólidos re-acidificados ambos generados por el beneficio húmedo de café. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. 54 p.
- Anzaldo, H. J., Vargas, R. J. J., Fuentes, T. F., Silva, G. J. A., Rutiaga, Q. J. G., Sanjuán, D. R. (2004). La madera de aguacate (*Persea americana* Mill) como materia prima para la fabricación de papel corrugado. *Ciencia Nicolaita*, 39:207-216.
- Casey, P. J. (1990). Celulosa y Hemicelulosa. Lignina. Pulpa y Papel. *Química y Tecnología Química*. Vol.1, pp. 29-150.
- Cuevas, C. E. (2004). Elaboración de papel hecho a mano. Tesis profesional. Facultad de Artes Plásticas, Universidad Veracruzana. Xalapa-Enríquez, Veracruz, México. 62 p.
- Escoto, G. T., Vivanco, C. E. M., Lomelí, R. M. G., Arias, G. A. (2006). Tratamiento fermentativo – químico – mecánico del bagazo de maguey (*Agave Tequilana* Weber) para su aplicación en papel hecho a mano. *Revista mexicana de ingeniería química* 5(1):23-27.
- Farah, A., Marino, D. C. (2006). Phenolic compounds in coffee. *Braz. J. Plant Physiol.*, 18(1):23-36.
- Krauss, U., George, A. (2002). Un sistema de mini beneficiado húmedo para pequeños productores de café, en Perú. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*. 65:65 – 74.
- López, C. A., Quintana, I., Meeren, M. V. (2009). Papel Amate. *CONABIO. Biodiversitas* 82:11-15.
- Martínez, M. A., Evangelista, V., Basurto, F., Mendoza, M., Cruz, R. A. (2007). Flora útil de los cafetales en la Sierra Norte de Puebla, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78: 15- 40.
- Martínez, C. C. (2002). Optimización de la hidrólisis-solubilización de la pulpa de café en un reactor anaerobio de acidogénesis. Tesis de maestría. Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. 81p.
- Maya, M. R. (2011). El papel amate, soporte y recurso plástico en la pintura indígena del centro de México. Memoria para optar al grado de doctor. Universidad complutense de Madrid Facultad de bellas artes Departamento de Pintura. Madrid España 461 p.
- Maynor, C. I. (1994). Apresto/Reapresto. En *Catalogo de conservación de papel del American Institute for Conservation* (Betancourt V., Blanco L., Álvarez A. eds), Editorial EX LIBRIS, Caracas, p. 9-42.
- Mas, J. F. (2007). Un modelo de la distribución geográfica de los cultivos de café en México. Disponible en: [http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id\\_articulo=1437](http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=1437)



- Murthy, P. S., Madhava, N. M. (2010). Recovery of Phenolic Antioxidants and Functional Compounds from Coffee Industry By-Products. Food Bioprocess Technol DOI 10.1007/s11947-010-0363-z. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/366xjt1780141744/>
- Navarrete, L. M., y Garibay, S. J. (2003). Elaboración de Papel Imitación Ámate, a partir de Residuos Sólidos (papel Bond y Cáscara de Naranja). Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. 100 p.
- Noriega, S. A., Silva, A. R., García de Salcedo, M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. Zootecnia Tropical 27(2): 135-141.
- Olvera, V. L. A. (2010). Análisis espacial y temporal de la propagación de la broca de café *Hypothenemus hampei* (FERRARI) en la huasteca potosina tesis para obtener grado de maestría en ciencias ambientales universidad autónoma de San Luis Potosí 126 p.
- Pandey, A. (2000). Biotechnological potential of coffee pulp and coffee husk for bioprocesses. Biochemical Engineering Journal 6: 153–162.
- Perraud, G., Saucedo, C. G., Augur, C., Roussos, S. (2000). Adding Value to coffee solid by-products through biotechnology. Coffee Biotechnology and Quality. pp. 437-446.
- Quintanar, I. A., López, B. C., Vander, M. M. (2008). El uso del floema secundario en la elaboración de papel amate. Contacto S 69, 38–42.
- Rojas, S. C., Martínez, C. B., Ocampo, F. I., Cruz, R. J. A. (2010). Artesanas Mixtecas, Estrategias de reproducción y cambio. Revista de Estudios de Género. La ventana IV (31):102-138.
- Sanjuán, D. R. (1997) Procesos alcalinos. En Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jalisco, México. pp 15-21 y 175-176.
- Villanueva, M. A. (2002). Hidrólisis-Solubilización de la pulpa de café en un reactor anaerobio simple. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico de Orizaba, Veracruz, México. 71 p.
- TAPPI. (2000). Technical Association of the Pulp and Paper Industries, TAPPI Test Methods 2000-2001 Atlanta, Georgia, USA.

## Síntesis curricular

### Noé Aguilar Rivera

Docente titular de tiempo completo adscrito a la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de Córdoba Ver. de la Universidad Veracruzana, Perfil Promep (2006-2017), licenciatura en Ingeniería Química, Especialidad en Celulosa y papel, Maestría en Productos Forestales por la Universidad de Guadalajara, Doctor en Ciencias ambientales con especialidad en Gestión Ambiental por la Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Integrante del Cuerpo Académico “Ciencia y Tecnología de la caña de azúcar”. Las líneas de generación y aplicación del conocimiento que atiende son: Gestión ambiental en agroindustrias, celulosa y papel, Biorefinerías y producción de hongos comestibles.

**Eric Pascal Houbron**

Docente titular de tiempo completo adscrito a la FCQ Orizaba de la Universidad Veracruzana, Perfil Promep (2005-2019), licenciatura en biología Experimental, Maestría en Microbiología, y una Especialidad en Ecología Acuática Continental por la Universidad Paul Sabatier de Toulouse Francia. Doctor en Ingeniería de Procesos Industriales con especialidad en tratamiento biológico de agua del Instituto Nacional de Ciencias Aplicadas de Toulouse (INSA-T) Francia. Integrante del Cuerpo Académico Consolidado UVER 159 “Gestión y control de la contaminación ambiental” y responsable del laboratorio de investigación en gestión y control ambiental de la FCQ-Orizaba. Las líneas de generación y aplicación del conocimiento que atiende son: Procesos de tratamiento de aguas residuales, procesos de potabilización de agua, tratamiento de desechos sólidos orgánicos, valorización de residuos lignocelulósicos y producción de biocombustibles.

**Elena Rustrían Portilla**

Doctor en Ecología Microbiana por la Universidad Claude Bernard, Lyon I, Francia Maestría en Biotecnología de Fermentaciones en Departamento de posgrado del Instituto Tecnológico de Veracruz. Licenciado en Biología con especialidad en Ecología Acuática por la Universidad Veracruzana. Docente titular, tiempo completo adscrito a la FCQ Orizaba de la Universidad Veracruzana desde 2001. Representante CA Consolidado, UVER 159 “Gestión y control de la contaminación ambiental”; Líneas de investigación: procesos de eliminación de nutrientes por vía biológica y calidad de aguas superficiales.

**Luis Carlos Reyes Alvarado**

Candidato a Doctor en el Institute for Water UNESCO-IHE Delft Holanda en el cuadro del programa Erasmus Mundus Joint Doctorate Environmental Technologies for Contaminated Solids, Soils and Sediments (ETeCoS3) program. Maestro en alimento e Ingeniero Químico por la Universidad Veracruzana.