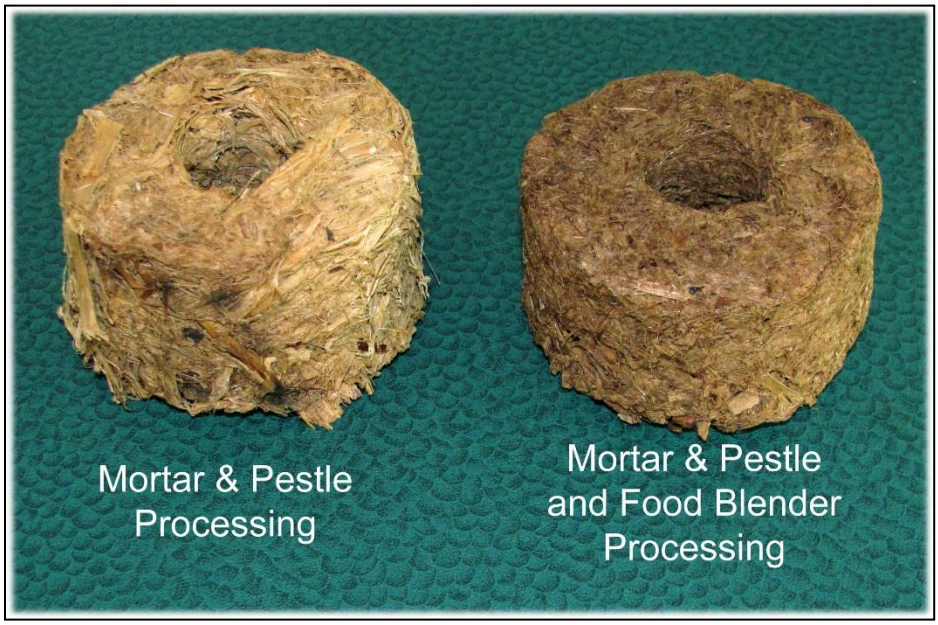
Engineers Without Borders - USA
GREATER CINCINNATI PROFESSIONAL CHAPTER

# Factibilidad de briquetas de combustible de biomasa a partir de residuos de plantas de banano

Por: Lee Hite, el Dr. Zan Smith y el equipo de briquetas decombustible.

Las fibras de la planta de banano podrían ser un nuevo aglutinante para aserrín que no sea pulpa de papel. La biomasa de los residuos de las plantas de banano es utilizable en una briqueta de combustible en condiciones limitadas y este documento revisa esas limitaciones.



**Suma: ..... 3**
**..... 3**
**..... 32**
**..... 3**
**Antecedentes: ..... 32**
**..... 3**
**La planta de banano ..... 33**
**..... 3**
**Residuos vegetales disponibles ..... 43**
**..... 4**
**Preparación de biomasa ..... 54**
**..... 5**
**Formulaciones de unión..... 77**
**..... 7**
**Producción de ..... 9briquetas: 9**
**..... 9**
**Secado de la briqueta húmeda: ..... 109**
**..... 10**
**Prueba de humedad:..... 1110**
**..... 11**
**Tiempo de secado vs formulación: ..... 1211**
**..... 12**
**Reabsorción de humedad vs Formulación:..... 1312**
**..... 13**
**Formulaciones para quemaduras: ..... 1312**
**..... 13**
**Prueba de quemaduras:..... 1412**
**..... 14**
**Aumento de la temperatura del agua VS Mezcla de .....15briquetas 13**
**..... 15**
**Conclusiones ..... 1715**
**..... 17**

**Créditos:** ..... **1816**

..... **18**

**Fuentes:** ..... **1816**

..... **18**

**Referencias:** ..... **1917**

..... **19**

**Imágenes de briquetas para pruebas 8 – 28 ..... 18-21**

**Resumen:**

Examinamos los problemas con la fabricación de briquetas de combustible a partir de desechos de plantas de banano para determinar qué tan probable era que pudieran resolverse. Es nuestra opinión que con un procesamiento especial para las fibras de los tallos de plátano podrían usarse como aglutinante para aserrín, pero el proceso puede no ser práctico o económicamente resuelto en este momento. Por lo tanto, creemos que sería más práctico cosechar fibras del tallo del plátano con fines comerciales.

**Fondo:**

En apoyo del trabajo del Capítulo en Ruanda (Muhororo, Ntobwe y Rubona) queríamos explorar la posibilidad de utilizar los productos de desecho de la planta de banano como combustible de biomasa. Nos propusimos aprender todo lo que pudimos sobre la planta de banano y sus propiedades que soportarían las briquetas de combustible. Con eso en mente, hemos realizado pruebas limitadas. La investigación en este documento se limitó a hojas de plátano, tallos, costillas de hojas, pieles de plátano ennegrecidas, fruta de plátano (la parte que come), aserrín, astillas de madera, pulpa de papel de periódico y hojas de jardín del árbol de arce, y puede no aplicarse a otros materiales de biomasa.

**La planta de plátano, simplemente increíble**

Además de ser una fruta omnipresente que muchos disfrutan, la planta de plátano tiene una larga lista de cualidades sorprendentes para las cuales resultan muchos productos maravillosos. [1] La savia se utiliza para teñir telas, producir tintas indelebles y ayudar con la producción de jabón y gel antibacteriano. La resistencia superior de las fibras tiene una larga lista de aplicaciones en las industrias de tejidos textiles y pulpa de papel[2]. Desafortunadamente, las mismas cualidades que contribuyen a hacer de esta una planta única también juegan en contra de su uso exitoso como briqueta de combustible de biomasa.

Por ejemplo, la planta tiene una sustancia antimicrobiana y antibacteriana natural que permite que la hoja se use como plato de comedor higiénico. [3] Los esfuerzos para compostar los residuos vegetales se ven seriamente obstaculizados por esta calidad antimicrobiana y antibacteriana. Durante siete meses compostamos un lote de desechos de plantas de banano (en su mayoría tallo picado, hojas y costillas de hojas) con pocos signos de descomposición o mal olor. Vea la imagen a la derecha.

En contraste, agregamos un 10% de tallo fresco picado a un lote de desechos de sala 90% bien compostado y después de cuatro meses, las bacterias en el compost del patio descompusieron la mayor parte del tallo de plátano. A partir de esta experiencia,

estábamos convencidos de que el compostaje no era una opción práctica para descomponer los residuos de las plantas de banano.

Además, la fibra de plátano contiene numerosos tubos capilares que le permiten absorber y liberar líquido mejor que la fibra de algodón. [4 y 5 Véanse] también las figuras 20 y 21 de la página 9.

Esta cualidad de absorción de la fibra se utiliza en la producción de telas para camisas, ropa de cama, textiles para el hogar, calcetines y productos de higiene femenina. Las fibras de plátano pueden absorber rápidamente la humedad pero permanecen secas al tacto[6]. Las fibras se utilizan para la purificación natural del agua, para la biorremediación y para el reciclaje[2]. Desafortunadamente, cuando las fibras se empaquetan firmemente en una briqueta de combustible, la liberación de agua es muy lenta y es casi imposible secar completamente la briqueta al aire. Cuando se agrega otra biomasa a la mezcla de fibras, la liberación de agua de las fibras se impide aún más.

La resistencia superior es otra cualidad positiva para esta fibra que le permite ser utilizada para imprimir dinero y para hacer cordeles de cuerda, hilos, papel de respaldo abrasivo, bolsas de té y zapatos[6]. Los plásticos de alta resistencia hechos con fibras de plátano son un treinta por ciento más ligeros y de tres a cuatro veces más fuertes que los plásticos convencionales de alta resistencia. [12] La fibra tiene un brillo hermoso y no se arruga fácilmente, por lo que es ideal para vestidos de novia, materiales de vestir, bolsos, tapices y tapetesde mesa[6]. Desafortunadamente, esta resistencia inhibe la fractura de la fibra y requiere cortar en pequeñas secciones para la preparación de la biomasa.

Las cáscaras de plátano se utilizan para pulir cubiertos, zapatos de cuero y las hojas de las plantas de interior. Los investigadores descubrieron que la cáscara de plátano picada podría eliminar rápidamente el plomo y el cobre del agua del río, así como, o mejor que, muchos otros materiales. Un aparato de purificación hecho de cáscaras de plátano se puede utilizar hasta once veces sin perder sus propiedades de unión a metales. [11] Las cáscaras de plátano son muy atractivas como purificadores de agua debido a su bajo costo y porque no tienen que ser modificadas químicamente. [11]

**Residuos vegetales disponibles**

Una parte importante de la palabra "biomasa" es la palabra masa y no hay mucha masa en el tallo del plátano. El noventa y siete por ciento del tallo en peso es líquido en su condición cosechada[9] y este porcentaje no es mucho menor en el resto de la planta[10]. La masa es principalmente fibras. Ver Figuras 1, 2 y 3

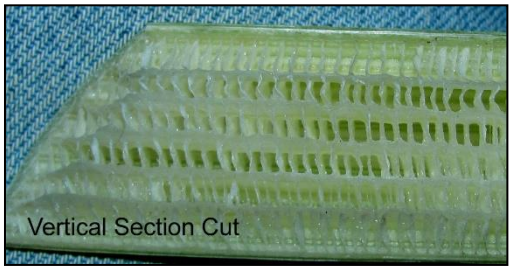



Figura 1

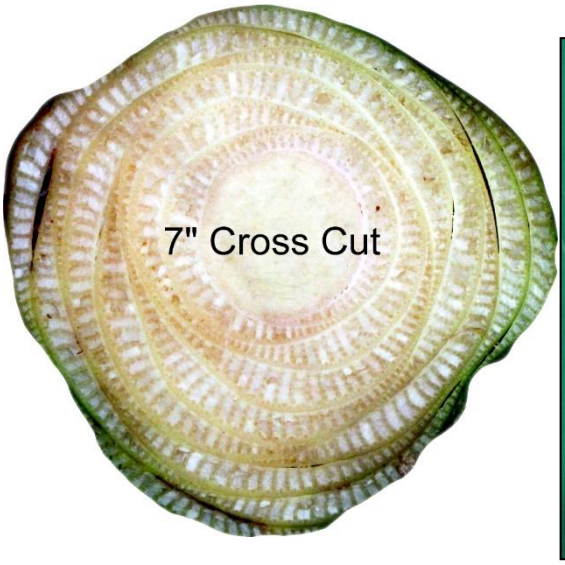


Figura 2 Figura 3

 Todos los derechos reservados 

Investigamos la biomasa tanto de la planta de banano verde disponible inmediatamente después de que se había cosechado la mano de los plátanos como de las frondas secas que quedaban de cosechas pasadas. Para incluir todos los productos de desecho de la planta de plátano en nuestra investigación, incluimos algunas cáscaras de plátano ennegrecidas y la fruta (la parte que come) como aglutinante para la mezcla de fibra. Incluimos algunas formulaciones que utilizan biomasa no bananera como un medio para juzgar la efectividad de los residuos de plantas de banano como briqueta de combustible en comparación con los desechos de plantas no bananeras. Veintiocho formulaciones fueron probadas.

**Preparación de biomasa**:
El corte del material a la longitud se realizó utilizando un picador de machete automatizado que desarrollamos para esta aplicación llamado "Easy BioChop". Ver Figura 4. Se utilizaron tres longitudes de fibras, 3 pulgadas, 1 1/2 pulgada y 1/2 pulgada. Figuras 5 y 6.

El primer lote de materia prima utilizando el tallo verde, la hoja verde y la costilla de la hoja verde se cortaron en secciones de aproximadamente tres pulgadas de largo y dos pulgadas de ancho (Figura 6). Estos fueron compostados cuatro semanas en un compostador de tambor giratorio (Figura 7 y 8) y en una bolsa de plástico negra (Figura 9) con una temperatura del aire ambiente durante el día de 80 ° F. El uso de una bolsa de plástico negra es un método más típico de compostaje utilizado por muchos productores de biomasa, en lugar del tambor.

Figura 4 (Easy BioChop)

Figura 5 Figura 6

Figura 7

Figura 8

Figura 9 Figura 10

Los resultados de ese procedimiento no fueron la biomasa normal en descomposición que se obtendría de un proceso de compostaje (Figura 10), sino más bien un material suavizado y de color oscuro sin descomposición visible y sin mal olor. La eliminación del color verde de la mezcla fue una indicación importante de que la clorofila (un cancerígeno conocido en el humo de la quema de material verde[7)]había sido liberada. Las propiedades antimicrobianas y antibacterianas naturales[2] trabajaron en contra del proceso de compostaje utilizado para ayudar a exponer las fibras.

El material marrón oscuro del esfuerzo de compostaje se dividió en dos grupos. El primer grupo se colocó en lona y se secó al sol durante cuatro semanas. Las frondas secas se pasaron a través de una amoladora especial, la Easy BioGrind (Figura 11) desarrollada para este propósito para exponer aproximadamente el ochenta por ciento de las fibras disponibles. (Figura 12)

Figura 11 (Easy BioGrind) Figura 12

El grupo dos (Figura 13) permaneció como una biomasa húmeda y se trituró en una operación de mortero y mortero suficiente para exponer aproximadamente el noventa por ciento de las fibras y pasar la prueba 'Ooze', 'Spring back' y 'Shake'. [8]

La prueba 'Ooze', 'Spring back' y 'Shake' se utiliza como una medida rápida para determinar la probabilidad de que la briqueta terminada esté bien formada y estructuralmente sólida.

 Todos los derechos reservados

Figura 13

La hoja y la costilla de la hoja de los desechos mantuvieron su tamaño original y se colocaron en un camino de entrada negro y se expusieron al sol para que se secaran. (Figura 14) El tallo fue cortado en secciones de aproximadamente tres pies de largo. Debido a que el tallo era muy lento para secarse, incluso bajo el sol caliente, la corteza del tallo se peló hacia atrás (como quitar una sola hoja de papel de un rollo de toallas de papel) para exponer las secciones más delgadas del tallo.

Figura 14

Figura 15

Las hojas se secaron rápidamente en unos tres días pero mantuvieron su color verde (no deseable porque indica clorofila atrapada). La costilla de la hoja se secó en aproximadamente tres semanas y se volvió marrón en el proceso (clorofila eliminada). (Figura 15)

Por el contrario, la corteza se secó lentamente y no estaba completamente seca después de ocho semanas al sol. Condujimos sobre el ladrido con neumáticos de automóvil para exprimir el lodo de la corteza del tallo. Posteriormente, el material se secó y se volvió marrón en aproximadamente tres semanas.

Las hojas secas y la corteza del tallo se ejecutaron a través del Easy BioChop y se cortaron en secciones de aproximadamente tres pulgadas de largo. Ese material se pasó a través del Easy BioGrind para exponer las fibras. Algunas de las fibras fueron expuestas del proceso de molienda, pero no todas. Alrededor del veinte por ciento de las fibras de las hojas y alrededor del cuarenta por ciento de las fibras de la corteza del tallo fueron expuestas. Una vez que el material estaba seco, exponer las fibras se hizo más difícil en comparación con el proceso húmedo.

La pulpa de papel era un periódico en blanco y negro disuelto en agua tibia. El aserrín era de maderas blandas cortadas con una hoja de sierra de veinticuatro dientes / pulgada. Las cáscaras de maní se recogieron de la cáscara de cacahuetes crudos que se ejecutaron a través del Easy BioGrind para romperlos y aplanarlos. Las hojas eran hojas de arce secas que se ponían a través del mismo molinillo para crear piezas del tamaño de un copo de maíz.

**Formulaciones aglutinantes**

Se encontraron tres formulaciones aceptables para unir los residuos fibrosos de plátano. La primera formulación utilizó la salida marrón oscurecida de los esfuerzos de compostaje, triturada con un mortero y mortero para exponer la mayoría de las fibras (Figuras 13) y formada directamente en el molde de briquetas. Esto resultó en una briqueta bastante bien formada, pero requirió un tedioso embalaje a mano. (Ver prueba 14)

La segunda formulación exitosa tenía pulpa de papel agregada al material fibroso. A partir de esta mezcla se formó una excelente briqueta estructural. (Consulte la prueba 10.)

La tercera formulación utilizó fibras producidas por una ráfaga corta en una licuadora de alimentos después de una operación de mortero y mortero en tallo verde fresco. Una formulación que utiliza fibras al diez por ciento en una mezcla de aserrín se utilizó para producir una briqueta sólida. Un poco de aserrín requería un veinte por ciento de fibras para una briqueta bien formada.

Figura 16

Las formulaciones fallidas resultaron cuando se agregó biomasa distinta de la pulpa de papel a la mezcla. El aserrín, las hojas o las cáscaras de maní servían para aflojar la mezcla y, en su mayor parte, eran bastante inaceptables. Vea las imágenes de prueba 8, 13, 17 y 19. La excepción fue el uso de fibras de la licuadora de alimentos de alta velocidad de punta, Figura 17. Las frondas secas se molieron para exponer algunas de sus fibras utilizando el Easy BioGrind, (ver prueba 20). Tenían menos probabilidades de unirse bien en comparación con la mezcla fibrosa utilizada en la prueba 14.

Figura 17

**Formulaciones de mezcla/mezcla:**

**Cuadro 1**

Prueba 1, 2 y 8 a 28: Briqueta de 3" de diámetro con orificio central de 1" de aproximadamente 1 1/4" de altura.
Prueba 1 a 7: 96g de materia prima.

Prueba 1: 80% de aserrín 20% de pulpa de papel, briquetas en forma de rosquilla
Prueba 2: 80% de hojas / 20 pulpa de papel, briquetas en forma de rosquilla
Prueba 3: 80% hojas/20 papel, briquetas de bolas hechas a mano
Prueba 4: 2/3 de aserrín, 1/3 de cáscara de plátano, briquetas de pistola de calafateo
Prueba 5: 2/3 hojas secas de plátano, 1/3 cáscara de plátano, briquetas de pistola de calafateo
Prueba 6: 1/3 de hojas secas de plátano, 1/3 de cáscara de plátano, 1/3 de aserrín, briquetas de pistola de calafateo
Prueba 7: 96 g de bloques de madera blanda
Prueba 8: 50% hojas de plátano, 50% de aserrín (seco 2 horas a 300 ° F)
Prueba 9: 1/3 hojas de plátano, 1/3 de pulpa de papel, 1/3 de aserrín (seco 2 horas a 300 ° F)
Prueba 10: 70% hojas de plátano, 30% de pulpa de papel (seco 2 horas a 300 ° F)
Prueba 11: 40% hojas de plátano, 40% de aserrín, 20% de pulpa de papel (humedad) (secado 2 horas @ 300 ° F)
Prueba 11A: 40% hojas de plátano, 40% de aserrín, 20% de pulpa de papel (seco al horno) (secado 2 horas a 300 ° F)
Prueba 12: 1/3 hojas de plátano 1/3, pulpa de papel, 1/3 astillas de madera pequeñas (secas 2 horas a 300 ° F)
Prueba 13: 50% hojas de plátano, 50% astillas de madera pequeñas (secas 2 horas a 300 ° F)
Prueba 14: 100% hojas de plátano (fibras expuestas) (seco 2 horas @ 300 ° F)
Prueba 15: 40% hojas de plátano, 40% hojas de arce, 20% de pulpa de papel (seco 5 horas @ 300 ° F)
Prueba 16: 90% de hojas de plátano, 10% de pieles de plátano (secas 5 horas a 300 ° F)
Prueba 17: 40% de hojas de plátano, 40% de polvo de sierra, 20% de pieles de plátano (secas 5 horas a 300 ° F)
Prueba 18: 40% cáscaras de maní, 40% de polvo de sierra, 20% de pulpa de papel (seco 5 horas @ 300 ° F)
Prueba 19 80% hojas de plátano, 20% cáscaras de maní (secas 5 horas a 300 ° F)
Prueba 20: Hojas de plátano 100% (fibras mínimas expuestas) (Seco 5 horas @ 300 ° F)
Prueba 21: 1/3 hojas de plátano, 1/3 de pulpa de papel, 1/3 de aserrín (seco 5 horas a 300 ° F)
Prueba 22: 50% planta de hostas compostadas, 50% astillas de madera (secas 5 horas a 300 ° F)
Prueba 23: Corteza de planta de plátano 100%, fresca cortada en trozos largos de 1/2 ", triturada a una consistencia de fibra.
Secado a 220 ° F durante 6 horas y 330 ° F durante 5 horas
Prueba 24: 80% corteza de planta de plátano, recién cortada en trozos largos de 1/2 ", triturado a una consistencia de fibra;
20% pulpa de papel. Secado a 220 ° F durante 6 horas
Prueba 25: 80% de corteza de planta de plátano, recién cortada en trozos de 1/2 "de largo, triturado a una consistencia de fibra;
20% de pulpa de papel, seca a 220 ° F durante 6 horas
Prueba 26: 80% de corteza de planta de plátano, recién cortada en trozos de 1/2 "de largo, un ciclo de congelación / descongelación

**Producción de briquetas:**

A menos que se indique lo contrario, las briquetas se hicieron utilizando la prensa de palanca de micro compuestos con un diámetro de molde de tres pulgadas y un orificio central de una pulgada. (Figura 18) Las briquetas alternativas se hicieron usando una prensa de pistola de calafateo (Figura 19) o briquetas de bola hechas a mano.

La prueba 1 a 7 fue de 96 g de materia prima y la prueba 8 a 22 fue de entre 66 g y 126 g de materia prima. Prueba 1, 2 y 8 a 22: se utilizó un molde de 3" de diámetro, 3 1/2" de alto con un orificio central de una pulgada. El molde se llenó hasta la parte superior con biomasa húmeda. Algunas mezclas produjeron un buen factor de forma cuando se expulsaron del molde y otras mezclas tuvieron un retroceso excesivode[8.] El molde era difícil de llenar con la mezcla de fibra usando una taza de vertido. En su lugar, empacamos a mano el molde, que fue una operación tediosa y lenta. Prueba dos briquetas de bola hechas a mano usadas y briquetas para la prueba 3-5 fueron de la prensa de pistola de calafateo.

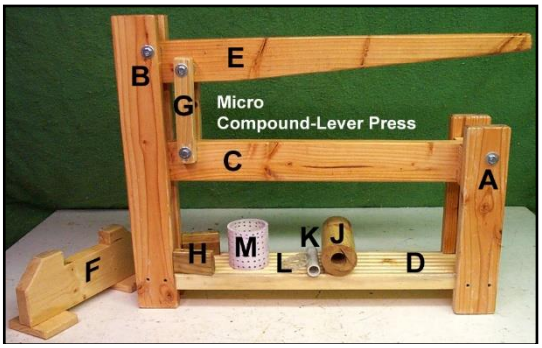


Figura 18

Figura 19

**Secado de la briqueta húmeda:**
Esta fue una tarea difícil de lograr con éxito. La fibra de plátano es rápida para absorber la humedad (Figura 20), lo que la convierte en un material deseable para una serie de otras aplicaciones. La estructura de la fibra contiene numerosos tubos de tipo capilar[7] (Figuras 22 y 23) que absorben fácilmente la humedad. Si bien la liberación de esa humedad es normalmente buena (Figura 21) cuando la fibra se seca en un entorno sin restricciones, encontramos que cuando la biomasa fibrosa se empaquetó firmemente en una briqueta, la humedad fue difícil de liberar por secado al aire. Algunas formulaciones agregaron material no bananero para mejorar la unión o la quema, y esta adición impidió aún más el secado al aire.

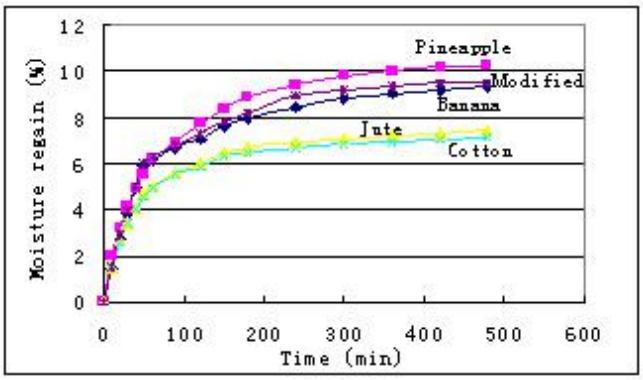


Figura 20

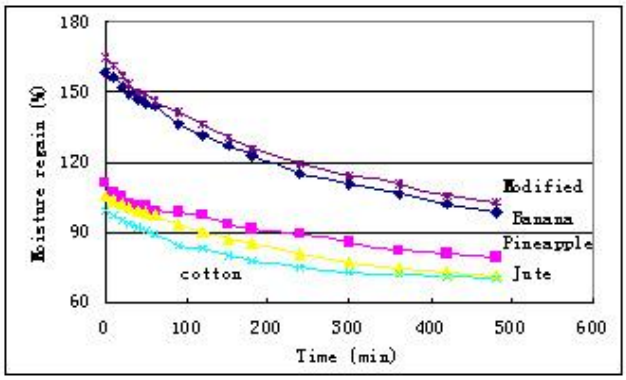


Figura 21

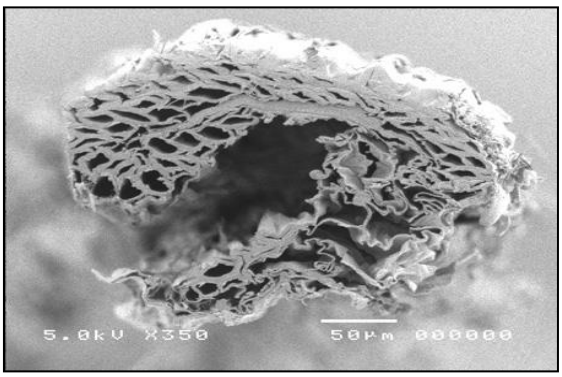



Figura 22

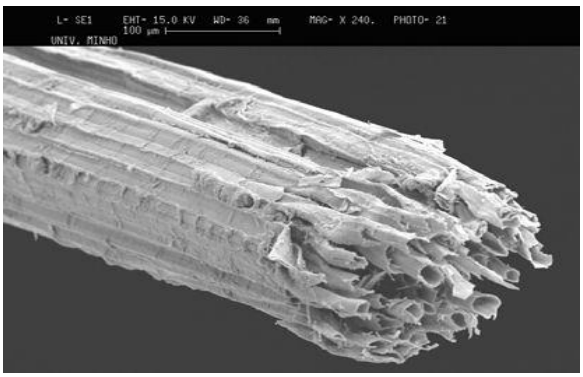



Figura 23

De hecho, si se agregó biomasa no bananera a la mezcla de fibra de plátano, nos resultó imposible secar adecuadamente la briqueta al aire. El humo excesivo duró la mayor parte de la quemadura hasta que se logró el punto de inflamación final para las briquetas secas al aire cargadas de humedad. Esto se consideró una actuación inaceptable.

Utilizamos medidas extremas en un intento de secar briquetas que contenían fibras de plátano. El primer intento fue secar al horno la briqueta durante dos horas a 300 ° F. Si la prueba de humedad (descrita a continuación) falló, volvimos a hornear la briqueta durante tres horas adicionales a 300 ° F. La mayoría de las briquetas que contienen fibras de plátano pasaron la prueba de humedad después de cinco horas a 300 ° F, pero no todas.

**Prueba de humedad:**
La prueba para la humedad residual de la briqueta fue colocar la briqueta en una pequeña bolsa de plástico sellada, exprimir el aire y calentar la briqueta en un horno de microondas de 1,000 W durante un período de no más de un minuto. Observe la expansión de la bolsa y la condensación de humedad en la superficie interior de la bolsa. Si no se observaba ninguno, colocábamos la bolsa en el frigorífico para acelerar la condensación de posible vapor de agua en el interior de la bolsa. Si no se observaba condensación, considerábamos que la briqueta estaba seca. Véanse las figuras 24 y 25.

Figura 24 Figura 25

**Precaución con esta prueba:** el sobrecalentamiento de la briqueta en el horno de microondas puede hacer que la briqueta se incendie y se queme de adentro hacia afuera. Sumergir inmediatamente en agua en caso de que esto ocurra.

**Tiempo de secado vs. formulación:**
Teníamos curiosidad por el tiempo de secado de otras mezclas de briquetas. Probamos cuatro mezclas (Figuras 26 y 27). Se colocaron en una pantalla de malla de alambre elevada al aire libre las veinticuatro horas del día y recibieron aproximadamente ocho horas de sol / día. El aire ambiente diurno era de 75 ° F con un viento de 0-5 mph y un punto de rocío de 44 °.

Descubrimos que cualquier formulación hecha del tronco de un árbol de madera (pulpa de papel, astillas de madera o aserrín) puede secarse a aproximadamente un seis por ciento de humedad en treinta y seis horas bajo el sol de Ohio. Sin embargo, agregar hojas a la mezcla duplica el tiempo de secado a setenta y dos horas. (Figura 27)

La adición de fibras de plátano a una formulación alargó significativamente el tiempo de secado (Figura 28)

Figura 26

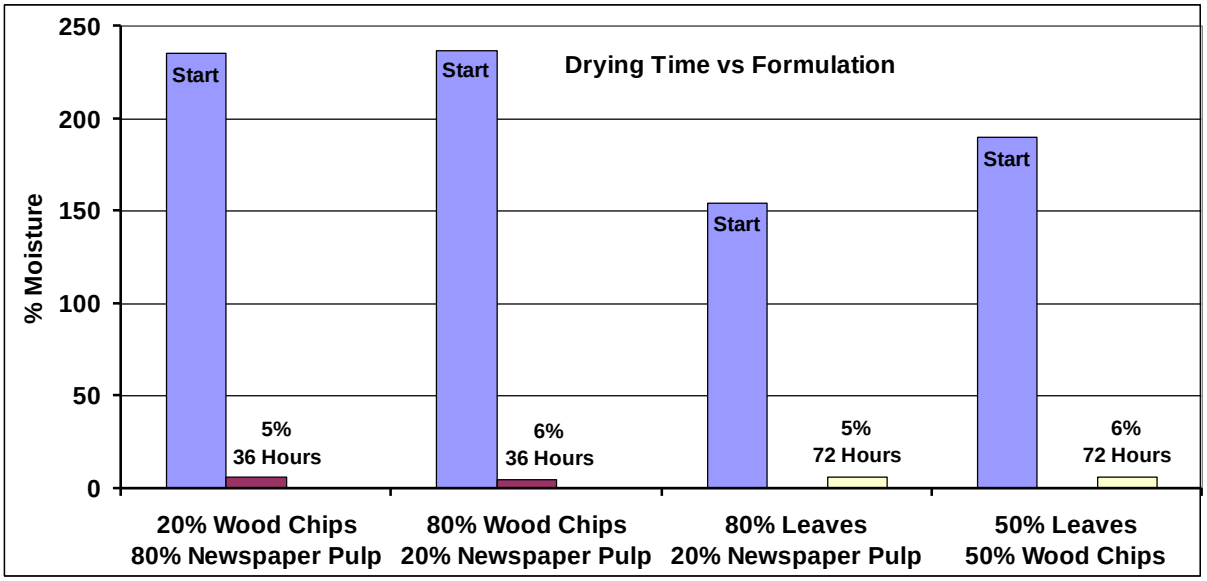



Figura 27

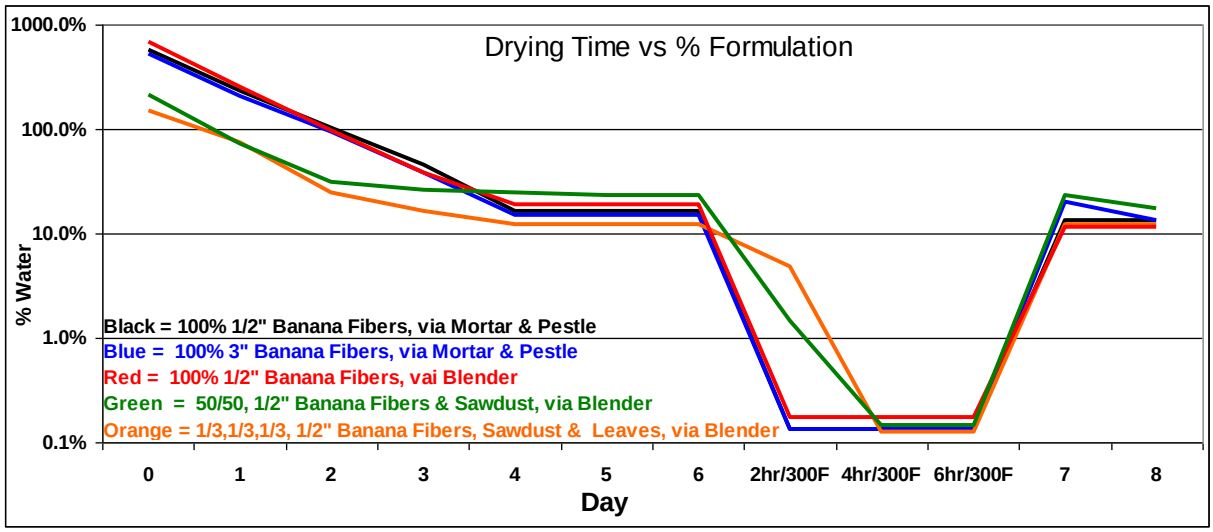



Figura 28

**Reabsorción de humedad vs. Formulación:**
Las briquetas se secaban al horno a menos del uno por ciento de humedad en peso y se dejaban al aire libre bajo un refugio para la lluvia. Los días uno y dos tuvieron lluvia intermitente con temperaturas diurnas de alrededor de 85 ° F y setenta por ciento de humedad relativa. Los días 3, 4 y 5 fueron soleados con temperaturas de alrededor de 85 ° F y cuarenta por ciento de humedad relativa.

Al final de las primeras 24 horas, (día uno) las briquetas absorbieron rápidamente la humedad por encima del diez por ciento en peso. La mayoría de las briquetas liberaron algo de humedad cuando dejó de llover al final del segundo día y para el tercer día habían vuelto a los niveles de humedad presentes al final del primer día. (Ver figura 29)

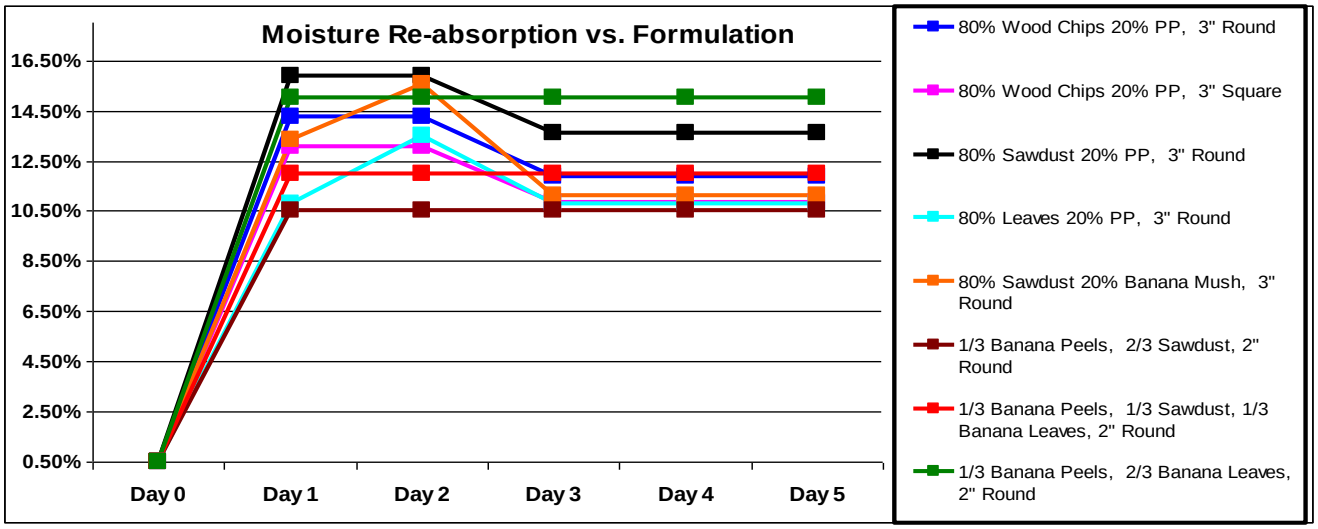



Figura 29

**Formulaciones para quemaduras:**
Las formulaciones enumeradas en la tabla uno incluyen mezclas tanto para residuos de plantas de banano como para otras mezclas que no utilizan biomasa de banano.

Las primeras pruebas revelaron que el uso de una mezcla que incluía fibras largas de plátano (digamos cuatro pulgadas o más) hacía imposible remover adecuadamente una mezcla sin crear una gran bola de fibras que fuera imposible de desentrañar. Además, cuanto más largas eran las fibras, más difícil era empacar el molde. Esta limitación requería que todo el material verde y seco se cortara a una longitud de dos a tres pulgadas o menos para minimizar la obstrucción durante el proceso húmedo.

Varias mezclas no pasaron las pruebas 'Ooze', 'Spring back' y 'Shake' como sugirió la Legacy Foundation como medida para la integridad potencial de la briqueta. Sin embargo, continuamos incluyéndolos en la quema para la determinación de la BTU disponible generada.

**Prueba de quemaduras:**
Todas las quemaduras se realizaron usando la misma estufa, que era una lata de pintura con orificios de aire alrededor de la circunferencia inferior y alrededor de la circunferencia superior. Una rejilla elevó el piso quemado a aproximadamente una pulgada del fondo de la lata. (Figura 30 y 31)

Figura 30

Figura 31

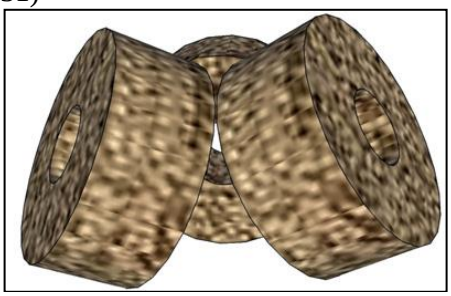


Figura 32

El agua estaba en una lata de café que cabía encima de la lata de pintura. El peso del agua se midió antes y después de la quemadura. La temperatura del agua se registró cada minuto hasta que no se observó ningún aumento de la temperatura. (Figura 33)

Se seleccionaron tres briquetas de cada mezcla para cada quemadura y se pesaron antes de quemarlas. Vea las imágenes de briquetas para la prueba 8 a 22.. No todas las tres combinaciones de briquetas tenían exactamente el mismo peso. El encendido fue una sola hoja de papel de 8 1/2' x 11" arrugada, encendida y colocada en el centro de la pila de tres briquetas. (Figura 32) No se midieron gases ni partículas. La BTU para cada quemadura se calculó a partir de los resultados de las pruebas y se trazó para cada mezcla.

(Figura 33)

Encontramos que BTU / gramo de mezcla de briquetas secas es una medida útil del rendimiento de la quemadura y ayudó a normalizar el peso desigual de las diversas mezclas de tres briquetas. Ver Figura 34.

Recomendamos el uso adecuado de gafas de seguridad y guantes de goma para estas pruebas, y le sugerimos que tenga un cubo de agua y un extintor de incendios disponibles.

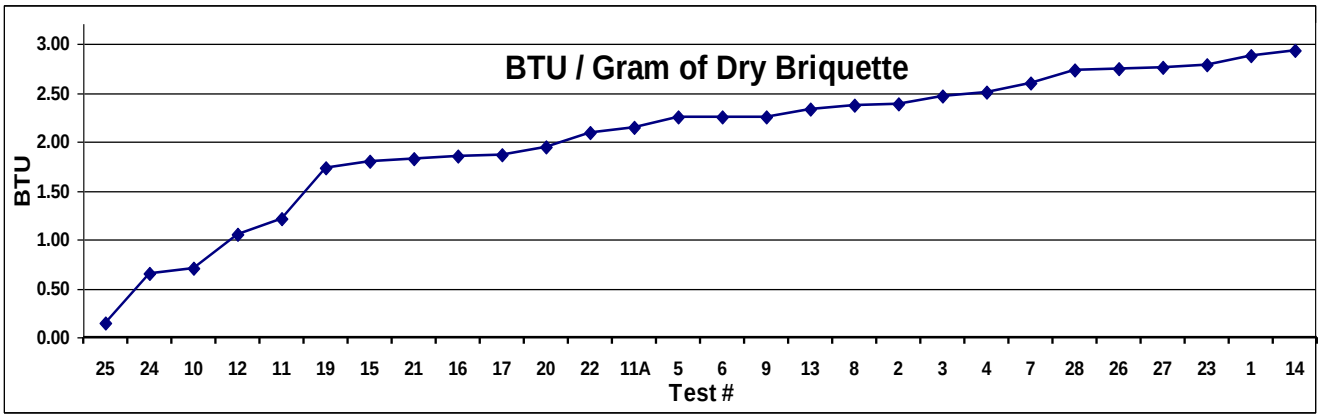


Figura 34

**Aumento de la temperatura del agua VS Mezcla de briquetas**
La velocidad a la que aumentó la temperatura del agua dependía de la BTU disponible de las briquetas, la masa de las tres briquetas de prueba seleccionadas, el contenido de humedad de la briqueta y el suministro de aire al material de la briqueta. Esto no pretendía ser una prueba definitiva, sino más bien un medio general de evaluación.

Por ejemplo, la prueba catorce fue 100% desechos de banano con fibras expuestas. La apertura de la briqueta era alta como resultado de las fibras expuestas. El excesivo spring-back[8] existía cuando se expulsaba del molde y no se consideraba una briqueta estructuralmente sólida. Sin embargo, se quemó rápidamente al comienzo de la prueba de quemaduras debido al buen suministro de aire al interior de la briqueta causado por la apertura. Sin embargo, a medida que avanzaba la combustión, se ralentizó porque tomó tiempo forzar la humedad de las fibras. Puede ver en la Figura 35 que la prueba número catorce se calentó rápidamente pero se estancó a medida que las fibras cargadas de humedad consumieron el calor para expulsar la humedad.

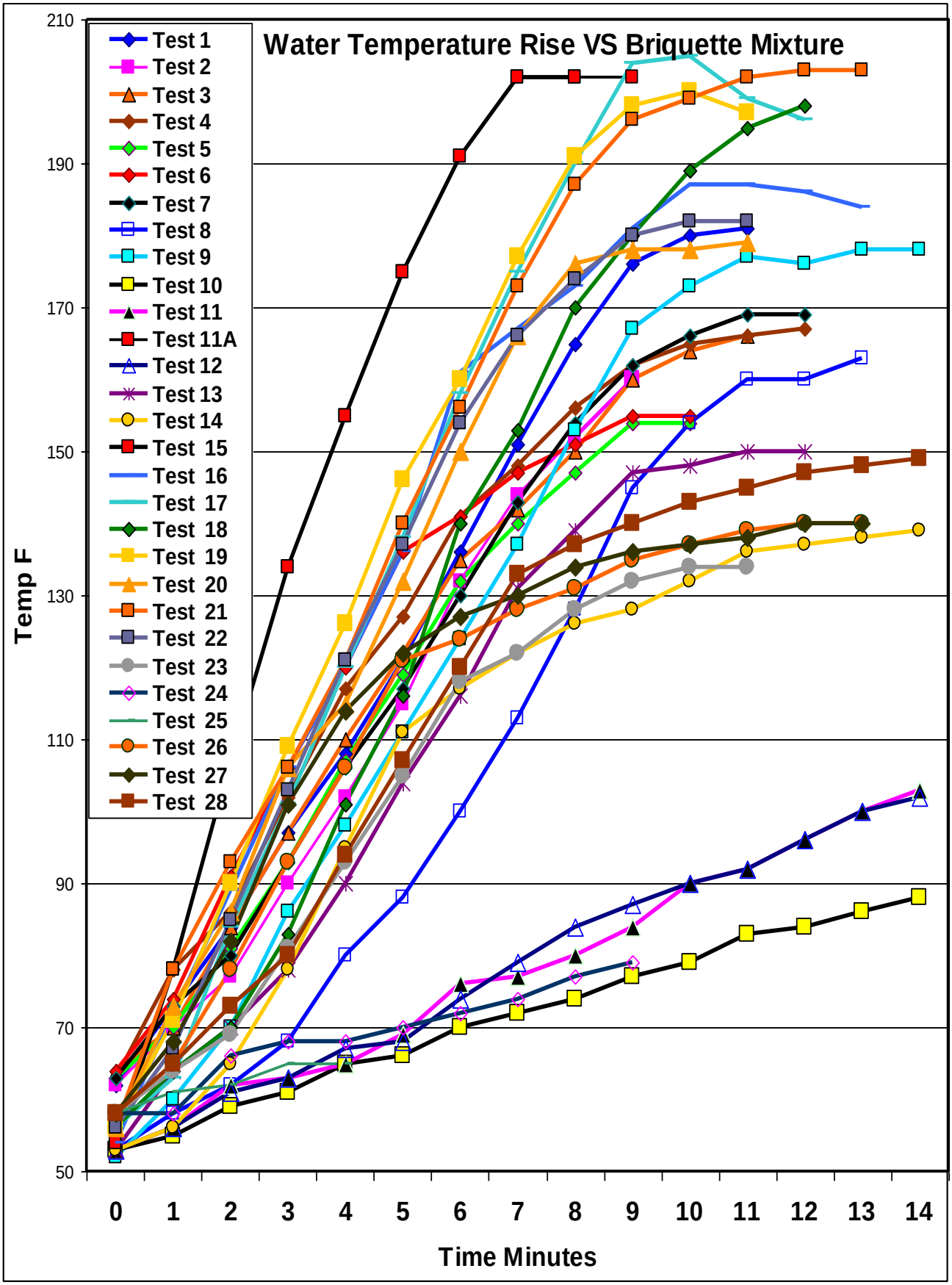

Water Temperature Rise VS Briquette Mixture
Temp F
Time Minutes
210
190
170
150
130
110
90
70
50
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
Test 1
Test 2
Test 3
Test 4
Test 5
Test 6
Test 7
Test 8
Test 9
Test 10
Test 11
Test 11A
Test 12
Test 13
Test 14
Test 15
Test 16
Test 17
Test 18
Test 19
Test 20
Test 21
Test 22
Test 23
Test 24
Test 25
Test 26
Test 27
Test 28

Figura 35

**Conclusiones:**

1. Para evitar la obstrucción del proceso húmedo con fibras largas, tanto el material verde como el seco necesitan cortarse en longitudes pequeñas (menos de tres pulgadas).

2. No existen propiedades naturales de unión a la biomasa dentro del material verde o seco picado. La autoencuadernación fue posible después de que el material verde se ablandó a través de un proceso similar al compostaje y luego se trituró en un lodo con un mortero y un mortero. Este proceso expuso fibras suficientes para la unión. La estructura de la briqueta terminada era aceptable para las pruebas, pero no se consideraba comercialmente aceptable. La pulpa de papel aumentó la unión e hizo una buena briqueta estructural, pero el uso de otra biomasa debilitó la estructura a menos que la pulpa de papel estuviera presente.

3. Las fibras de corteza verde fresca que se trituraron con un mortero y mortero se procesaron aún más utilizando una ráfaga corta en una licuadora de alimentos de alta velocidad. La Fundación Legacy determinó que una formulación que utiliza el 10% de estas fibras y el 90% de aserrín produjo una briqueta estructuralmente sólida. El aserrín utilizado en nuestra prueba requirió un veinte por ciento de fibras para una buena unión cuando se usaron las fibras de una licuadora de alimentos de alta velocidad de punta. El desafío sigue siendo encontrar un proceso de molienda húmeda que emule los mismos resultados producidos por la licuadora de alimentos. Como señala The Legacy Foundation, tal vez un residuo combustible abrasivo agudo como finos de carbón, cáscaras de arroz o aserrín áspero podría actuar como un medio de cizallamiento, y luego proceder a golpear la mezcla en la operación de mortero y mortero.

4. Las propiedades antimicrobianas y antibacterianas naturales de la planta de banano trabajaron en contra del proceso de compostaje utilizado para ayudar a exponer las fibras. Los trozos de desechos de plátano se volvieron marrones y se ablandaron, pero nunca se descompusieron después de meses en el proceso de compostaje.

5. La unión de frondas secas solo fue posible después de cortar a longitudes de menos de tres pulgadas y moler para exponer las fibras disponibles, luego mezclarse con una gran cantidad de puré de pieles de plátano muertas y puré de fruta de plátano. Este proceso fue difícil de prensar debido a la mezcla pegajosa. Además, requería una cantidad excesiva de pieles y frutas de plátano muertas para unir una pequeña cantidad de frondas.

6. Secar al aire una briqueta de biomasa de plátano era casi imposible. Sin obstrucciones por otro material circundante, la fibra de plátano normalmente libera su humedad rápidamente. Cuando se presiona en una briqueta, la liberación de la humedad era muy lenta, incluso cuando se secaba al horno. Cuando se rodea con otra biomasa para mejorar la unión o la quema, la liberación de la humedad de la fibra era difícil de lograr incluso en un horno a 300 ° F.

7. No pudimos completar una quemadura exitosa usando una briqueta seca al aire que contenía fibras de plátano debido al humo excesivo de la quemadura. Tal vez la briqueta se quemaría mejor en una estufa de aire forzado como un gasificador, pero no hicimos ninguna prueba para esa condición.

8. Empacar el molde de briqueta con el material fibroso fue difícil, tedioso y lento. Las fibras se entrelazaron con otras fibras y no se vertieron bien. El embalaje a mano funcionó mejor.

9. El ablandamiento por congelación se probó, pero no se incluyó en este informe. Expusimos un lote de tallos verdes frescos picados a un solo ciclo de congelación / descongelación como metodología de ablandamiento. Si bien ese proceso aceleró y mejoró significativamente el proceso de ablandamiento, no se consideró una solución práctica para un clima tropical.

10. En nuestra opinión, producir una briqueta de combustible de biomasa a partir de los residuos de la planta de banano no vale la pena el esfuerzo. Puede ser más práctico cosechar y usar las fibras del tallo con fines comerciales. Si uno pudiera encontrar un proceso adecuado para emular la molienda húmeda

lograda mediante el uso de una licuadora de alimentos, entonces una pequeña cantidad de esas fibras (alrededor del 10% al 15%) podría ser efectiva como aglutinante para el aserrín.

**Créditos:**
Gracias al equipo de briquetas de EWGCP que donó numerosas horas al proyecto en los últimos 14 meses.

Gracias a los esfuerzos del Conservatorio Krohn por un suministro interminable de productos de desecho de plantas de banano.

Gracias a la Fundación Legacy por su excelente documentación sobre briquetas y por los experimentos con un procesador de alimentos para la extracción de fibra y formulaciones asociadas.

Gracias a mi esposa por tolerar el uso de su horno convencional y el horno de microondas para las pruebas de briquetas. El secado de briquetas húmedas no tenía exactamente el mismo olor que las galletas para hornear.

Gracias a los editores colaboradores.

## Fuentes:

1. http://www.chiangmai-chiangrai.com/fruit-banana.html

2. Actividades antibacterianas y antioxidantes del plátano
(Musa, AAA cv. Cavendish) Cáscara de frutas
Matook Saif Mokbel y Fumio Hashinaga
Departamento de Ciencia y Tecnología Bioquímica, Facultad de Agricultura
Kagoshima University, 1-21-24, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japón
Revista Americana de Bioquímica y Biotecnología 1 (3): 125-131, 2005
ISSN 1553-3468 © 2005 Publicaciones científicas
http://www.scipub.org/fulltext/ajbb/ajbb13125-131.pdf

3. SWICOFIL AG Servicios Textiles
Apartado postal 1926
Gerliswilstr. 23
CH - 6021 Emmenbruecke
Suiza http://www.swicofil.com/products/010banana.html

4. Figuras 22 y 23
Fibras de plátano – Variabilidad y comportamiento de fractura
Samrat Mukhopadhyay, Ph.D.1, Raul Fangueiro, Ph.D.1, Yusuf Arpaç2, Ülkü Şentürk2
1Universidad de Minho, PORTUGAL, Universidad 2Ege, TURQUÍA
Journal of Engineered Fibers and Fabrics Volumen 3, Número 2—2008
http://www.jeffjournal.org/papers/Volume3/Mukhopadhyay3.2.pdf ,página 43.

5. Figuras 20 y 21.
Suzhou Lifei Textil Co., Ltd.
221# Sudai road xiangcheng Distrito Suzhou ciudad China
Código Postal: 215132 http://www.li-fei.com/banana.htm http://www.shenboo.com.cn
http://www.li-fei.com/products/4/e10.htm rts

6. Nisshinbo Textile Inc.

2-31-11, Ningyo-cho, Nihonbashi,
College-ku, Tokio 103-8650, Japón http://www.nisshinbo-textile.co.jp/english/goodidea/banana.html

7. The Legacy Foundation,4886 Highway 66, Ashland, OR 97520 http://www.legacyfound.org/
2003 —Fuel Briquettes: Theory and Applications from Around the World. Página 4

8. The Legacy Foundation,4886 Highway 66, Ashland, OR 97520 http://www.legacyfound.org/
Manual del usuario- Productor, Página 10

9. http://www.pulverdryerusa.com/applications.html

10. INVESTIGACIONES SOBRE LA PREPARACIÓN Y EL PRENSADO DE PLANTAS DE BANANO
H Prigge, R Kohlheb & K Becke, Universitat Gottingen, Alemania Occidental. Marzo de 1980

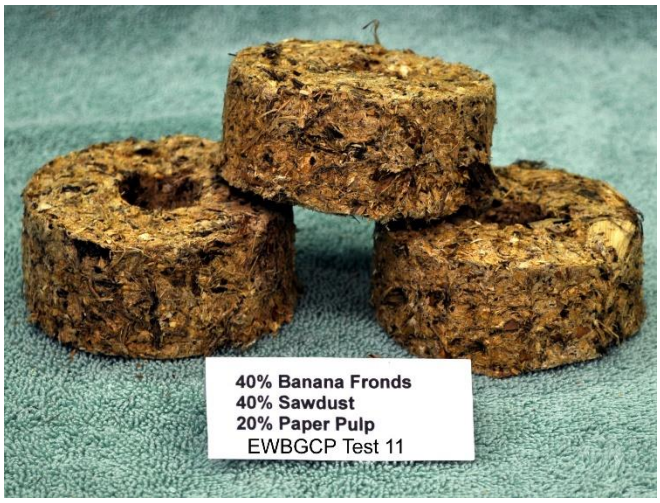
11. Cáscara de plátano aplicada a la extracción en fase sólida de cobre y plomo del agua del río: preconcentración de iones metálicos con un residuo de fruta. Investigación Química Industrial y de Ingeniería
Renata S. D. Castro,† Laercio Caetano,‡ Guilherme Ferreira,§ Pedro M. Padilha,§,|| Margaret J. Saeki,§ Luiz F. Zara,^ Marco Antonio U. Martines,# y Gustavo R. Castro*,§
†FEIS-UNESP, Dpto. De Fitotecnia, Tecnología de Alimentos y Socio Economia, C.P. 31, 15385-000 Ilha Solteira, SP, Brasil
‡FEIS-UNESP, Dpto. Física y Química, C.P. 31, 15385-000 Ilha Solteira, SP, Brasil
§IB-UNESP, Dpto. Química y Bioquímica, C.P. 510, 18618-000 Botucatu, SP, Brasil)
BIOANALYTICAL INCT - UNICAMP, C.P. 6154, 13084-971 Campinas, SP, Brasil
↑ UNB - Dept. Química, 73300-000 Planaltina, GO, Brasil
#UFMS- Dpto. Química, 79074-460 Campo Grande, MS, Brasil
http://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ie101499e

12. Los autos "verdes" podrían estar hechos de piñas yplátanos.
La investigación fue presentada en una reunión de la American Chemical Society el 27 de marzo de 2011.

**Imágenes de briquetas para las pruebas 8 - 28**

**Prueba 8 Prueba 9**

**Prueba 10 Prueba 11**




**Prueba 11A Prueba 12**

**Prueba 13 Prueba 14**

**Prueba 15 Prueba 16**

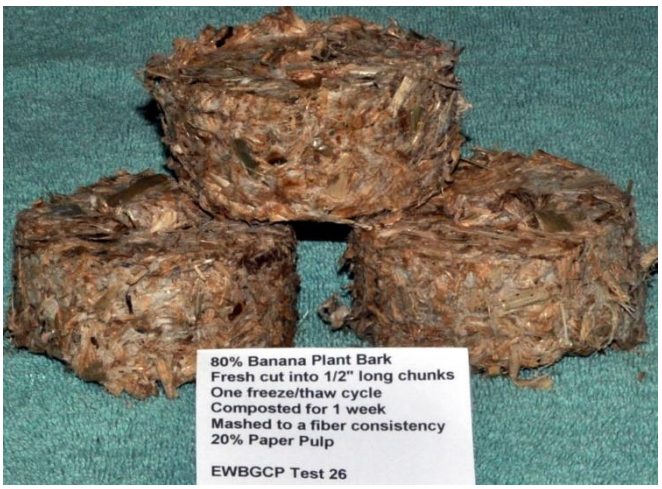
**Prueba 17 Prueba 18**

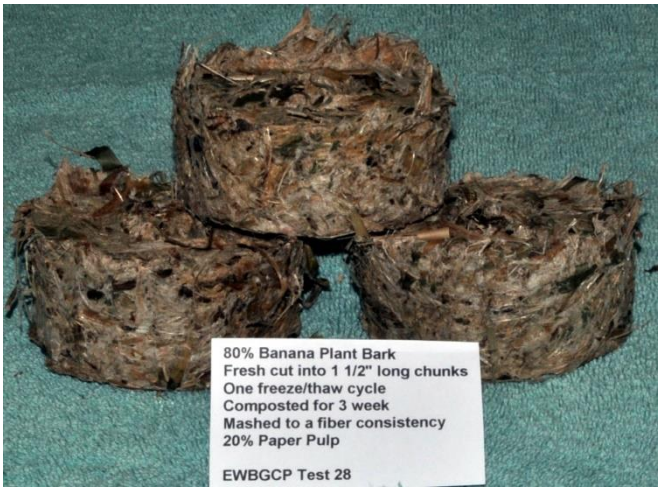
**Prueba 19 Prueba 20**

**Prueba 21 Prueba 22**

**Prueba 23 Prueba 24**

**Prueba 25 Prueba 26**




**Prueba 27 Prueba 28**