“Obtención de Briquetas de la Corteza de tres Especies Forestales a nivel artesanal en Pucallpa”

Barbaran Baratta Julio Cesar [(1)] Manuel Iván Salvador Cárdenas [(2)] Noé Cristian Fachin Vargas [(3)]
(1). Ingeniero forestal UNU
(2) Ingeniero forestal Msc. Profesor principal de Fac. Cs. Forestales y Ambientales de la UNU
(3) Ingeniero forestal Profesor Auxiliar de Fac. Cs. Forestales y Ambientales de la UNU

RESUMEN

El presente trabajo se realizó en los ambientes del Laboratorio de Tecnología de la Madera de la Universidad Nacional de Ucayali, planteándose los siguientes objetivos determinar la factibilidad técnica de la obtención de briquetas a partir del aserrín de corteza de tres especies forestales a nivel artesanal y los objetivos específicos fueron: determinar la densidad anhidra y aparente, composición química, resistencia a la compresión horizontal, vertical y poder calórico de las briquetas del aserrín de corteza, obteniéndose los siguientes resultados:

En cuanto a las dimensiones los diámetros fueron uniformes de (3.2 cm), así como los volúmenes presentaron el mismo comportamiento que las longitudes. Las briquetas de quinilla y lupuna resultaron las más livianas, que la de Shihuahuaco con 1.17 kg/cm³. En cuanto al contenido de humedad: las de corteza de Lupuna blanca presento un 13 %, en comparación con la quinilla colorada con un 7 % y la Shihuahuaco con un 4 %; en cuanto a la densidad aparente de las briquetas de corteza de Shihuahuaco fue de 926 kg/estéreo, en comparación con las de Quinilla colorada con un 713 kg/estéreo, y la de Lupuna blanca se posesiona con 607 kg/estéreo. Las briquetas de cortezas de Shihuahuaco y de Lupuna blanca, tienen mediana resistencia en comparación con la quinilla colorada, que es de baja resistencia a la compresión perpendicular al eje longitudinal. Así mismo las briquetas de shihuahuaco, quinilla colorada y lupuna blanca son de muy baja resistencia a la compresión paralela al eje longitudinal.

De esta manera se puede decir que existen diferencias significativas en el contenido de lignina entre las briquetas de la corteza de Quinilla colorada (27.46 %) y la de shihuahuaco (27.27 %), superando significativamente del contenido de lignina de la Lupuna blanca (23.53 %) No existen diferencias significativas entre los promedios del poder calórico superior de las briquetas de corteza de tres especies forestales. Así mismo las partículas de la corteza de lupuna blanca presentaron la siguiente forma: Redondez 0.5 y esfericidad 0.7, las de Quinilla colorada: Redondez 0.7 y esfericidad 0.7 y las de shihuahuaco: Redondez 0.7 y esfericidad 0.3.

Palabras clave: propiedades físicas de la corteza, propiedades mecánicas de las briquetas densidad aparente de las briquetas, volumen aparente, volumen real.

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

Los especialistas estiman entre los años 2030 y 2050 la atmósfera contendrá el doble de gases invernaderos que a mediados del pasado siglo y según los climatólogos, esto provocará que el calentamiento de la tierra aumente de promedio entre 1.5 y 4.5 grados centígrados (Revista consumer. sf)

La corteza tiene características y funciones diferentes dependiendo de la especie de árbol de que se trate. Ella provee a los árboles de un soporte estructural, conduce nutrientes desde las hojas hasta las raíces y ofrece protección contra los insectos taladradores de la madera.

La corteza es un residuo de las producciones que utilizan la madera descortezada. Si la madera se descorteza en el bosque, se queda allí, enriqueciendo la formación de humus. Cuando el descortezado se realiza en las instalaciones de las industrias, este residuo se acumula en grandes pilas, contaminando el entorno, y en el peor de los casos es quemado, lo cual conlleva a la emisión de gases de la combustión como el dióxido de carbono, monóxido de carbono que son acumulados en la atmósfera contaminando el medio ambiente.

Existen alternativas energéticas de bajo costo, de muy bajo impacto en el medioambiente, de fácil réplica en otras zonas del país y el mundo, innovador y de gran impacto en las economías de la población de menores recursos económicos del país mediante el aprovechamiento de los residuos de la madera.

De las 73 especies aprovechadas en el parque industrial de Pucallpa, el shihuahuaco, lupuna y quinilla son especies con mayores volúmenes aprovechados, con un promedio anual de 17,731.739; 14,254.662 y 6,141.233 m^3/año respectivamente (INRENA, 2009), los cuales durante el proceso de elaboración de la madera se genera una cantidad de residuos superior al 30 %, entre estos, de aserrín: 5-8 % y de corteza: 10-14 % (Álvarez, 2005), perdiéndose grandes volúmenes de la parte del fuste.

Con la elaboración de briquetas a partir de aserrín, se disminuirá la presión que existe sobre los bosques naturales por la tala indiscriminada de árboles con fines energéticos, también las briquetas pueden sustituir a la leña y combustibles fósiles derivados del petróleo y del carbón.

El objetivo general del presente estudio, fue determinar la factibilidad técnica de la obtención de briquetas a partir del aserrín de corteza de tres especies forestales a nivel artesanal y los objetivos específicos fueron: determinar la densidad anhidra y aparente, propiedades químicas, resistencia a la compresión horizontal, vertical y poder calórico de las briquetas del aserrín de corteza de *Dipteryx odorata (*shihuahuaco), y *Chorisia Insignis* (lupuna) *Manilkara bidentata* Williams (quinilla colorada).

MATERIAL Y METODO

MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Para la recopilación de datos del presente estudio se aplicó el método experimental.

POBLACION Y MUESTRA

La población estuvo constituida por el volumen total de la corteza de: shihuahuaco, lupuna y quinilla colorada, que se produce en los aserraderos de Pucallpa; y la muestra estuvo constituida por la cantidad de corteza que se empleó para la elaboración de 20 briquetas por especie.

MATERIALES, EQUIPOS E INSTRUMENTOS.

Materiales, insumos y reactivos

Corteza de tres especies forestales

Almidón de yuca en polvo

Moldes de acero para briquetas

Costales
Algodón
Bolsas de polietileno
Tamiz 0.0098 mm y 2 mm
Alcohol al 96%
Agua destilada
Desecador
Balones
Matraces
Pipetas
Fiolas
Papeles filtro

Embudos de vidrio
Pinzas
Varilla de vidrio
Gotero
Crisoles
Clorito de sodio($NaClO_2$)al 1.5%
Clorito de sodio (sólido)
Ácido sulfúrico (H_2SO_4)al 72%
Ácido acético (CH_3COOH)
Carbonato de sodio (Na_2CO_3) 0.0725N
Indicador rojo metilo

Equipos
Estufa
Prensa universal (ensayo mecánico)
Cocinillas
Baño maría
Extractor soxhlet y sifon
Condensador de reflujo
Mufla
Calorímetro
Computadora

Cámara fotográfica
Instrumentos
Balanza analítica
Reloj
Calibrador digital
Prensa hidráulica manual
Termómetro de 250 °C

PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se recolectaron cortezas de las tres especies forestales, para que el valor del poder calórico del aserrín de corteza, no sufra cambios producidos por la descomposición de los microorganismos.
Molienda
Se realizaron un pre-secado natural expuesto a la radiación solar, cuyo rango de secado fue entre 8% y 17 % de contenido de humedad, para tener facilidad durante el tamizado.
Se tamizaron la cantidad necesaria de partículas de corteza de las tres especies; y se obtuvo el rango de medida >0.0088 mm - < 2.00 mm
Se secaron las partículas de corteza, en estufa a 103 $\pm$ 2°C hasta conseguir que el peso de la muestra sea constante, este peso es el peso anhidro de la muestra. Se secó las partículas a medida que se elaboraba las briquetas, especie por especie.
Se preparó el aglutinante de almidón de yuca, para lo cual se experimentó diferentes pesos del soluto y del solvente que fue el agua, se concluyó que 40 g de almidón de yuca se disolvió en 250ml de agua y fue colocada a fuego lento, hasta conseguir una consistencia viscosa. La concentración del almidón fue de 13.79 % en peso. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$[\ ] = \frac{W\ (sto)\ \ x100}{W\ (sto) + W\ (sol)}$$

Dónde:

[ ] =Concentración del aglutinante en %
W (sto) = Peso del soluto (g)
W (sol) = Peso del solvente (ml)

Se calentaron el molde de acero de 13 cm de longitud, con diámetro exterior de 6.250 cm. y diámetro interior de 3.142 cm. por un tiempo de 35 minutos a una temperatura de 240 °C en promedio, la temperatura se midió con un termómetro de 250 °C.

Se trabajó en base al peso, que fue igual para las tres especies (22g) de partículas de corteza; a igual peso se obtuvo diferentes volúmenes.

La mezcla homogénea se obtuvo de la siguiente manera, las partículas de corteza anhidra se colocaron en un desecador para que enfríen y luego se pesaron de inmediato 22g (este peso fue igual para las tres especies) Se mezclaron en forma homogénea con el aglutinante que fue 2.6 g, que representa el 10.57 % en peso, obteniéndose en total 24.6g.

La mezcla homogénea se colocó en el molde caliente y se procedió a densificarla en una prensa hidráulica. Se realizó ensayos con diferentes presiones, la presión final aplicada fue de 1200 kg/cm^2, el tiempo de prensado y enfriado fue de 40 minutos para la lupuna (tiende a recuperar parte de su volumen inicial), 30 minutos para el shihuahuaco y 25 minutos para la quinilla colorada.

Se retiró la briqueta del molde aplicando presión, para luego determinar sus propiedades físico – químico, el procedimiento fue igual para las 20 briquetas por especie, obteniéndose 60 briquetas.

Obtenidas las briquetas se determinó la densidad anhidra, según la norma NTP 251.011-1980. Se pesó la briqueta (g), este valor se dividió entre el volumen de la briqueta; para determinar el volumen de las briquetas. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l$$

Dónde:
V= Volumen de la briqueta (cm^3)
π = 3,1416
d = Diámetro de la briqueta (cm) =3.142 cm.
l = Longitud de la briqueta (cm)
Luego se aplicó la fórmula de la densidad anhidra, conociendo la masa (peso) y el volumen de la briqueta. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$D = \frac{M}{V}$$

Donde:
D = Densidad (g/cm^3)
M = Masa (g)
V = Volumen (cm^3)

- Para saber cuál es el peso total de un 1m^3 de briquetas, se determinó la densidad aparente, aplicando la siguiente expresión.

$$Dap = \frac{m}{V}$$

Donde:

Dap= Densidad aparente (kg/m^3)
m = Masa (peso) total de las briquetas (kg)
V = Volumen de la pila de briquetas (m^3)

La resistencia a la compresión (perpendicular a la sección transversal de la briqueta), fue determinada según la norma NTP 251.014-1980 de la siguiente manera, se ensayó con 4 briquetas por especie en la prensa universal y se registró los valores obtenidos (Kg). Se calculó con la siguiente formula:

$$MOR = \frac{P}{A}$$

Donde:
MOR = Modulo de rotura (kg/cm^2)
P = Carga máxima que soporta la briqueta (kg)
A = Superficie de la sección transversal de la briqueta (cm^2)

$$A = \pi (d/2)^2$$

Dónde:
d =diámetro de la briqueta (cm)

Luego se determinó el contenido de humedad de las briquetas molidas, de la siguiente manera. La muestra fue de 2g (peso húmedo) se colocó en estufa a 103 $\pm$ 2°C hasta conseguir que el peso de la muestra sea constante (peso seco al horno). Según la norma NTP 251.010-1980. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$CH\% = \frac{Ph - Ps}{Ph} \; x \; 100\%$$

Donde:
CH: Humedad del aserrín expresada como un porcentaje
Ph: Peso del aserrín en estado húmedo o peso inicial
Ps: Peso del aserrín en estado anhidro o peso final

Los componentes químicos de la briqueta, que fueron evaluados son: % extractivos, % holocelulosa, % lignina y % ceniza, estas determinaciones se llevaron a cabo en el laboratorio de pulpa y papel de la Universidad Nacional Agraria la Molina. Para la evaluación de los componentes químicos de las tres especies, se molieron las briquetas y se procedió a determinar su contenido de humedad:

holocelulosa (Método Jayme – wise). Se realizó teniendo como referencia, la norma ASTM (D1106), Para la obtención de la holocelulosa, el aserrín de corteza tiene que estar libre de extractivos. Este proceso permitió determinar en forma cuantitativa el porcentaje de holocelulosa (celulosa + hemicelulosa) y se dio la disolución integral de la lignina, la cual fue oxidada mediante la oxidación por el clorito de sodio ($NaClO_2$) y el ácido acético, dejando intacto a la holocelulosa. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Holocelulosa} = \frac{\text{Peso de holocelulosa}}{\text{Peso de muestra seco}} \times 100$$

Lignina (Método Klason). Este proceso permitió determinar en forma cuantitativa el porcentaje de lignina; se realizó teniendo como referencia, la norma ASTM (D1106), para la obtención de lignina, el aserrín de corteza tiene que estar libre de extractivos, durante la obtención de la lignina , se removió los polisacáridos , se hidrolizó el material celulósico, por hidrólisis con el ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 72 % , la determinación se llevó a cabo en 2 etapas, en la primera utilizando el ácido sulfúrico y en la segunda etapa, después de diluir el ácido sulfúrico con agua; la ebullición es bajo reflujo para completar la hidrólisis dejando como residuo insoluble a la lignina. Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Lignina} = \frac{\text{Peso de lignina}}{\text{Peso de muestra seco}} \times 100$$

Morfología de las partículas de corteza

Para la obtención de las partículas de corteza para las tres especies en estudio se utilizó un microscopio electrónico con un aumento de 10x del laboratorio de anatomía de la madera de la Universidad Nacional de Ucayali.

Tratamiento de datos

Se aplicó el análisis de varianza unifactorial con las siguientes características:

Factor

Especie, con tres variantes : quinilla colorada, shihuahuaco, lupuna.

Variable de estudio : Densidad anhidro, densidad aparente, resistencia a la compresión y poder calórico

Número de repeticiones : 20 por tratamiento

Unidad experimental : 1 briqueta

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERÍSTICAS MÉTRICAS DE LAS BRIQUETAS DE CORTEZA

Cuadro 04: Características métricas de las briquetas de corteza de tres especies forestales

	Quinilla colorada				Shihuahuaco				Lupuna blanca			
	Diámetro (cm	Longitud (cm)	Peso (g)	Volumen (cm^3)	Diámetro (cm)	Longitud (cm)	Peso (g)	Volumen (cm^3)	Diámetro (cm	Longitud (cm)	Peso (g)	Volumen (cm^3)
X	3.2	5.07	34	40	3.2	4.5	43	37	3.2	6.43	38	52
s	0	0.38	0.27	3.97	0	0.05	2.6	1.62	0	0.15	0.51	1.22
CV %	0	7.53	0.78	9.83	0	1.22	5.99	4.38	0	2.36	1.35	2.35

En el cuadro 04 y en las figuras 4, 5 y 6 se aprecian las características métricas de las briquetas obtenidas a partir de las partículas de corteza de las especies forestales de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada, *Dipteryx Micrantha* Harms (Shihuahuaco) y *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca).

Diámetro y longitud de las briquetas

Cuadro 05: Análisis de varianza de la longitud de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tabular		Signif.
					α•=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	39.33	19.66	130.31	3.15	4.98	**
Error	57	8.60	0.15				
Total	59	47.93					

Con respecto a la longitud de las briquetas, estas presentaron diferentes longitudes a pesar de recibir una misma carga, por lo que se realizó el análisis de varianza para verificar si existen diferencias significativas entre los promedios de las longitudes.

Cuadro 06: Prueba de Duncan de las longitudes de briqueta de corteza de tres especies forestales

Lupuna blanca	Quinilla Colorada	Shihuahuaco
6.43 cm	5.07 cm	4.50 cm
A		
	B	
		C

En dicho cuadro se observa que las briquetas de corteza, presentan longitudes diferentes, a pesar de haber recibido la misma presión; en consecuencia las longitudes de las briquetas de corteza están estrechamente relacionado con la morfología de las partículas de corteza, resultando que las briquetas de la corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) fueron las más largas (6.43 cm), seguidas de las briquetas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada) (5.07 cm) y finalmente las briquetas de corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco) (4.5 cm).

Volumen de las briquetas de tres tipos de corteza

Cuadro 07: Análisis de varianza del volumen de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tabular		Signif.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	2381	1191	62.1	3.15	4.98	**
Error	57	1093	19				
Total	59	3474					

El cuadro 07 y la figura 07, muestran los resultados de los volúmenes de las briquetas producidos a partir de tres tipos de corteza, donde se observa que las briquetas presentaron diferentes volúmenes a pesar de recibir una misma carga, por lo que se realizó el análisis de varianza de dichos volúmenes, cuyos resultados lo resume el cuadro 07. Estos resultados conllevaron a realizar la prueba de Duncan.

Cuadro 08: Prueba de Duncan de los volúmenes de briquetas de corteza de tres especies forestales.

Lupuna blanca	Quinilla Colorada	Shihuahuaco
52 cm^3	40 cm^3	37 cm^3
A		
	B	

		C

El cuadro 08 resume los resultados de la prueba de Duncan, en él se observa que las briquetas de corteza, presentan volúmenes diferentes, a pesar de haber recibido la misma presión durante el proceso de fabricación;

Masa de las briquetas de corteza de tres especies.

Cuadro 09: Análisis de varianza del peso de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tab		Signif.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	838.71	419.36	73.27	3.15	4.98	**
Error	57	326.25	5.72				
Total	59	1164.96					

En el cuadro 09 se aprecia que existen diferencias significativas entre los pesos de las briquetas de corteza de tres especies forestales, lo que conlleva a realizar la prueba de Duncan.

Cuadro 10: Prueba de Duncan de la masa (peso) volúmenes de briquetas de corteza de tres especies forestales.

Shihuahuaco	Lupuna blanca	Quinilla colorada
43 g	**38 g**	**34 g**
A		
	B	
		C

El cuadro 10 resume los resultados de la prueba de Duncan, en dicho cuadro se observa que las briquetas de corteza, presentan pesos (masas) diferentes, lo que indica que las probetas no fueron fabricados con la misma masa sino con masas diferentes; en consecuencia los pesos de las briquetas de corteza está estrechamente relacionado con la morfología de las partículas de corteza

PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS BRIQUETAS DE CORTEZA

Densidad básica

Cuadro 11: Densidad básica de las briquetas de corteza de tres especies

Parámetros	Densidad básica de las briquetas de corteza (g/cm³)		
	Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca
×	0.88	1.17	0.74
S	0.08	0.09	0.02
CV %	8.99	7.54	2.86

En el cuadro 11 y la figura 07 se aprecia la densidad básica de las briquetas de corteza de tres especies forestales; así mismo muestra sus respectivos coeficientes de variación.

Cuadro 12: Análisis de la varianza de las densidades básicas de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F.obs	F tabular		Signif.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	1.94	0.97	61.36	3.15	4.98	**

Error	57	0.90	0.02
Total	59	2.85	

Para determinar si existen diferencias significativas entre las densidades básicas de las briquetas de corteza, se realizó el análisis de varianza cuyos resultados lo detalla el cuadro 12.

Cuadro 13: Prueba de Duncan de la densidad básica de briquetas de corteza de tres especies forestales

Shihuahuaco	Quinilla colorada	Lupuna blanca
1.17 g/cm³	**0.88 g/cm³**	**0.74 g/cm³**
A		
	B	
		C

El cuadro 13 resume los resultados de la prueba de Duncan, en dicho cuadro se observa que las briquetas de corteza, presentan densidades básicas diferentes, a pesar que recibieron la misma presión en el proceso de su fabricación.

Contenido de humedad

Cuadro 14: Contenido de humedad de briquetas de corteza de tres especies.

Parámetros	**Contenido de humedad de las briquetas de corteza (%)**		
	Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca
□	12.8	3.9	6.9
S	0.78	0.73	1.57
CV %	6.12	18.98	22.69

En el cuadro 14 se aprecia los contenidos de humedad de las briquetas de corteza de tres especies forestales en ambiente de laboratorio después del briqueteado; así mismo muestra sus respectivos coeficientes de variación.

Cuadro 15: Análisis de la varianza del contenido de humedad de las briquetas de corteza de tres especies forestales.

Fuente de variación	**GL**	**SC**	**CM**	**F obs**	**F tabular**		**Signif.**
					•α=0.05	**•α=0.01**	
Tipo de briquetas	2	822.84	411.42	31.94	3.15	4.98	**
Error	57	734.26	12.88				
Total	59	1557.10					

Cuadro 16: Prueba de Duncan de los contenidos de humedad de briquetas de corteza de tres especies forestales después del briqueteado

Lupuna blanca	Quinilla colorada	Shihuahuaco
13%	7%	4%
A		
	B	
		C

El cuadro 16 resume los resultados de la prueba de Duncan, en dicho cuadro se observa que las briquetas de corteza, presentan Contenidos de humedad diferentes.

Densidad aparente

Cuadro 17: Densidad aparente de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Especie (corteza)	Coeficiente de apilamiento	N° de briquetas por estéreo	Peso de la briqueta por m³ (kg/estéreo)
Quinilla colorada	0.78	19 519	713
Shihuahuaco	0.77	20 568	926
Lupuna blanca	0.73	14 140	607

El cuadro 17 muestra la densidad aparente de las briquetas de corteza de tres especies forestales

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE BRIQUETA DE CORTEZA

Cuadro 18: Resistencia a la compresión perpendicular y paralela al eje longitudinal de la briqueta.

ITEM	Compresión perpendicular al eje (kg/cm²)			Compresión paralela al eje (kg/cm²)		
	Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca	Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca
□	23	63	44	44	80	57
S	9.07	23.44	21.96	21.96	23.44	18.05
CV %	39.23	37.27	49.47	49.47	37.27	16.34

En el cuadro 18, se muestran los resultados de la resistencia a la compresión perpendicular y paralela al eje longitudinal de la briqueta de corteza de tres especies forestales.

COMPRESIÓN PERPENDICULAR AL EJE LONGITUDINAL DE LA BRIQUETA

Cuadro 19: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión perpendicular al eje longitudinal de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tabular		Signif.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	19132.90	9566.45	29.97	3.74	6.51	**
Error	12	3830.54	319.21				
Total	14	22963.44					

Cuadro 20: Prueba de Duncan de la resistencia a la compresión perpendicular al eje longitudinal de la briqueta de corteza

Shihuahuaco	Lupuna blanca	Quinilla colorada
63 kg/cm²	**44 kg/cm²**	**23 kg/cm²**
A	**A**	
	B	**B**

El cuadro 20 resume los resultados de la prueba de Duncan, en dicho cuadro se observa que las briquetas de corteza de Dipteryx micrantha Harms (Shihuahuaco) y de Ceiba pentandra (L) Gaertner (Lupuna blanca) no difieren significativamente en cuanto a los valores de resistencia a la compresión perpendicular al eje longitudinal

COMPRESIÓN PARALELA AL EJE LONGITUDINAL DE LA BRIQUETA

Cuadro 21: Análisis de la varianza de la resistencia a la compresión paralela al eje longitudinal de las briquetas

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tabular		Signif.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briquetas	2	3256.00	1628.00	2.25	3.74	---	NS
Error	12	8682.96	723.58				
Total	14	11938.96					

PROPIEDADES QUIMICAS DE BRIQUETA DE CORTEZA

Cuadro 22: Algunos componentes químicos de las briquetas de corteza de 3 especies forestales

Especie	Componente químico	Parámetros estadísticos (%)		
		Media	Desv. estándar	CV
Quinilla colorada	Celulosa	43.55	0.13	0.30
	Lignina	27.46	0.3	1.09
	Sílice	0.19	0.012	6.32
Shihuahuaco	Celulosa	42.7	0.34	0.80
	Lignina	27.27	0.21	0.77
	Sílice	0.19	0.012	6.32
Lupuna blanca	Celulosa	44.55	0.43	0.97
	Lignina	23.53	0.26	1.10
	Sílice	0.23	0.012	5.22

Uno de los componentes más importantes dentro de la composición química de la corteza es la lignina, que en las briquetas de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada) se encontró 27.46 %, en el de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco) 27.27 % y en las de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) se halló el 23.53 % de lignina.

Cuadro 23: Análisis de la varianza del contenido de lignina de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tabular		Signifi.
					α=0.05	α=0.01	
Tipo de briqueta	2	29.48	14.74	215.57	5.14	9.78	**
Error	6	0.41	0.07				
Total	8	29.89					

El cuadro 23 muestra el resumen del análisis de varianza unifactorial del contenido de lignina en las briquetas de corteza, en él se observa que existen diferencias altamente significativas entre los promedios del contenido de lignina en la corteza de tres especies forestales.

Cuadro 24: Prueba de Duncan del contenido de lignina de briquetas de corteza de tres especies forestales.

Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca
27.46%	27.27%	23.53%
A	A	
		B

en el cuadro 24. En dicho cuadro se aprecia que existen diferencias significativas en el contenido de lignina entre las briquetas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada) y la de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco), pero si ambas superan y difieren significativamente del contenido de lignina de las briquetas de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) resultando el de menor contenido de lignina.

Poder calórico superior.

Cuadro 25: Poder calórico superior de las briquetas de corteza de tres especies forestales.

Probeta	Quinilla colorada	Shihuahuaco	Lupuna blanca
1	5479	5525	5010
2	4271	4641	4226
3	3327	5883	4031
X	4359	5350	4422
s	1078.56	639.29	517.73
CV %	24.74	11.95	11.71

El cuadro 25 y la figura 14 muestran el poder calórico superior de las briquetas de cortezas, en el caso las briquetas de corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada)

Cuadro 26: Análisis de la varianza del poder calórico superior de las briquetas de corteza de tres especies forestales

Fuente de variación	GL	SC	CM	F obs	F tab α=0.05	Signif.
Tipo de briqueta	2	1844927.03	922463.51	1.50	5.14	NS
Error	6	3680021.56	613336.93			
Total	8	5524948.58				

El cuadro 26 muestra el resumen del análisis de varianza unifactorial del poder calórico superior de las briquetas de corteza, en él se observa que no existen diferencias significativas entre los promedios del poder calórico superior de las briquetas de corteza de tres especies forestales.

MOFOLOGÍA DE LAS PARTÍCULAS DE CORTEZA



Figura 15: Partícula de corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) con aumento de 10X.

Las partículas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada) presentaron la siguiente forma: Redondez 0.7 y esfericidad 0.7



Figura 16: Partícula de corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (Quinilla colorada) con aumento de 10x.

La forma de las partículas de corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco) fue: Redondez 0.7 y esfericidad 0.3. La forma de las partículas de corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco) fue: Redondez 0.7 y esfericidad 0.3.



Figura 17: Partícula de corteza de Dipteryx micrantha Harms (Shihuahuaco) con aumento de 10X

De las 3 formas de partículas se logró mayor densificación con las partículas de *Dipteryx micrantha* Harms (Shihuahuaco).

CONCLUSIONES

Con respecto al diámetro, estas fueron uniformes en las briquetas de corteza de tres especies forestales (3.2 cm). Las briquetas de corteza, presentan longitudes diferentes, a pesar de haber recibido la misma presión; en consecuencia las longitudes están estrechamente relacionado con la morfología de las partículas de corteza, resultando que las briquetas de la corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) fueron de 6.43 cm, seguidas de las de corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) con 5.07 cm y las de corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) con 4.5 cm.

Los volúmenes de las briquetas de corteza presentaron el mismo comportamiento que las longitudes, tal es así que las briquetas de la corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) resultaron las de mayor volumen (52 cm^3), seguidas de las briquetas de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) (40 cm^3) y finalmente las briquetas de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) (37 cm^3).

Las briquetas de la corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) presentaron mayor peso (43 g), seguido de las briquetas de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) con 38 g y finalmente las briquetas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) resultaron las briquetas más livianas con 34 g.

Las briquetas de la corteza de *Dipteryx Micrantha* Harms (shihuahuaco) resultaron las más densas (1.17 kg/cm^3), seguidas de las briquetas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) (0.88 kg/cm^3) y finalmente las briquetas de corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) la más liviana (074 kg/cm^3).

Las briquetas en ambientes de laboratorio presentaron los siguientes contenidos de humedad: las de corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (Lupuna blanca) 13 %, las de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) 7 % y las de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) 4 %.

La densidad aparente de las briquetas de corteza de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) fue de 926 kg/estéreo, las de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) de 713 kg/estéreo, mientras que las briquetas de la corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) se posesiona con 607 kg/estéreo.

Las briquetas de cortezas de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) y de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca), se puede considerar como briquetas de **mediana resistencia** a la compresión perpendicular al eje longitudinal, mientras que a las briquetas de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada), se puede considerar como de **baja resistencia** a la compresión perpendicular al eje longitudinal.

Las briquetas de cortezas de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco), de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) y de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) se puede considerar como de **muy baja resistencia** a la compresión paralela al eje longitudinal.

No existen diferencias significativas en el contenido de lignina entre las briquetas de la corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) (27.46 %) y la de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) (27.27 %), pero si ambas superan y difieren significativamente del contenido de lignina de las briquetas de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) (23.53 %) resultando el de menor contenido de lignina.

No existen diferencias significativas entre los promedios del poder calórico superior de las briquetas de corteza de tres especies forestales. en el caso las briquetas de corteza de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada) el poder calórico fue de 4359 kcal/kg, en las de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco) fue de 5350 kcal/kg y en las de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) el poder calórico superior fue de 4422 kcal/kg.

Las partículas de la corteza de *Ceiba pentandra* (L) Gaertner (lupuna blanca) presentaron la siguiente forma: Redondez 0.5 y esfericidad 0.7, las de *Manilkara bidentata* (A.D.D.C) A. Chev. (quinilla colorada): Redondez 0.7 y esfericidad 0.7 y las de *Dipteryx micrantha* Harms (shihuahuaco): Redondez 0.7 y esfericidad 0.3.

BIBLIOGRAFIA

1. AJODRU. 2007. Residuos de madera en Pucallpa y alrededor. asociación de jóvenes para el desarrollo de la región.
2. Antolín, g. 2006. Normalización y estandarización de los pelets. fundación cartif. en: http://www.cartif.es (consulta. 20 de febrero 2008).
3. Arostegui, a. 1982. Recopilación y análisis de estudios tecnológicos de maderas peruanas. pnud/fao/per/ 81/002. lima – perú. 57p.
4. Álvarez, 2005. Utilización de residuos sólidos en las grandes industrias madereras. En línea con www.elrincondelvago.com.pe
5. Alvarado C. y Heredia. 2011. Componentes químicos de *Eucalyptus urophylla.* en línea con www. Tareafacil.com.ar.
6. Bedrin, 1987. Composición de sustancias extractivas dentro de la corteza de madera en línea con www.monografias.com.
7. Biblioteca profesional. 1965. Tecnología de la madera. quinta edición. ediciones don bosco. Barcelona. 530 p.
8. Biocombustible sf. Material orgánico como biocombustible en línea con www.residuosorganicos.com.ar.
9. Biomachine. en: http://www.biomachine.com.br/esp/briquete_intro.asp - 15k-(consulta: 1 feb 2008)
10. BIOMASA. en: http://www.carbon-vegetal.es/biomasa.html - 11k - (consulta: 12 febrero 2008)
11. Briketts-pellets spanisch. briquetas y pellets de binder. en: http://www1.binderholz.com/fileadmin/user_upload/pdf-files/briketts_pellets_spanisch.pdf –(consulta: 30 ene 2008)
12. Briketts-pellets spanisch. briquetas y pellets de binder. en: http://www1.binderholz.com/fileadmin/user_upload/pdf-files/briketts_pellets_spanisch.pdf –(consulta: 30 ene 2008)
13. Browning, 1963 & Gonzales, M. 2011. El poder calórico en la corteza y sus efectos en línea con www.planetaverde.com.bol.

14. Carre, j. lacrosse, l. y schenkel, y. 1990. le bois et l`energie station de technologie forestier. Gembloux. Belgique. 220 p.
15. Chalaco, 1993. Los componentes químicos presente en la corteza del árbol. En línea con www.naturalezaideal.com.es
16. Chimenena costa 2013. Standares de elaboración de pelltes y briquetas. En línea con www.fbdpltsybriquetas.com.es.
17. Combustibles sólidos de baja densidad. la densificación de la biomasa: briquetas, pellets, pacas (segunda parte) en: http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/energia13/html/articulo03.htm - 14k - (consulta: 23 febrero 2008)
18. Cubaminrex sf. Utilización de residuos orgánicos y su utilización en nuevos materiales en línea www. Monografías. Com
19. Cubasolar sf. xxi. Ministerio de relaciones exteriores de la república de cuba. copyright © 2006. en: http//embacuba.cubaminrex.cu/default.aspx?tabid=5682 - 44k – (consulta: 19 feb 2008)
20. Cuba y la UNESCO. Ministerio de relaciones exteriores de la república de cuba. copyright © 2006. en: http//embacuba.cubaminrex.cu/default.aspx?tabid=5682 - 44k – (consulta: 19 feb 2008)
21. Fahn, A. (2000). Distribución de las células en estructuras vegetales. En línea con www. Rincón del vago.com.pe
22. FAO, (2000). Producción de subproductos de la industria forestal en línea con www.monografias.com.pe
23. Francisco, M. 2013. Función de la humedad en las briquetas de asrrin. En línea con www.tareafacil.com.ar.
24. Font Quert, (1975), La corteza interna y sus funciones dentro del árbol. En línea con www. Estructuradelacorteza.com.es.
25. Flores, b. 2000. La bolaina blanca. programa nacional de agroforestería y cultivos tropicales – pniact. INIA. estación experimental Pucallpa – perú. 6 p.
26. Flores, b. 2000. La bolaina blanca. programa nacional de agroforestería y cultivos tropicales – pniact. inia. estación experimental pucallpa – perú. 6 p.
27. Fredes Núñez,(2014) Evaluación técnica y económica de una planta de producción de combustible sólido a partir de biomasa forestal en la región de los lagos memoria para optar al título de ingeniera civil química universidad de chile Facultad de ciencias físicas y matemáticas departamento de ingeniería química y biotecnología Santiago de Chile.
28. Gallo, j (2007) Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas no convencionales congreso forestal español lourizán 1.993. ponencias y comunicaciones. tomo iv 353. en línea con http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/rev_cedit/2007_v02/pdf/a04v2.pdf.
29. Garcia, l. guineo a. Peraza, c y palacio, p. 2003.La madera y su anatomía. primera edición. editorial mundi – prensa. madrid – españa. 316-320p.
30. Giménez, 1995. Usos alternativos de corteza de anacardiáceas. En línea con www.solomaderas.com.ar
31. Gonzales, l. 2005. Fuente de biomasa, características energéticas y sus aplicaciones. centro de estudios energéticos y procesos industriales (ceepi). centro universitario “José martí”. cuba.
32. Gonzales, M. 2011. El poder calórico en relación a la lignina. En línea con www.monografias. com.
33. Hafizoglu, 1997. Composición química de la madera de *Picea orientales* (L).En línea con www.rincondelvago.com.pe
34. Hausmann, F. (2004). Fabricación de briquetas con productos industriales. En línea con www.monografias.com.
35. Herráez Garrido, f & Gutiérrez Velayos j. 2012. Caracterización de la corteza de pinus pinaster ait. generada en los aserraderos de la provincia de Ávila para su uso energético como biomasa en línea con

http://apuntesingenierocivil.blogspot.com/2010/10/forma-y-textura-de-las-particulas-del.html http://www.maderasxeve.com/briquetas-xeve-biomasa.html.

36. INIA. 1996. “Determinación de 100 especies forestales de la subregión andina”. instituto nacional de investigación agraria. editorial. stella. lima – perú. 291 p.
37. INIA-ITTO-PROMPEX. 2000. Especies forestales de la amazonia peruana y sus usos. En línea con www.prompex.peru.com.
38. Janczak, j. 1981, Técnicas simples para la obtención de combustibles básicos. fao. fuentes de energías nuevas y renovables. en:http://www.fao.org/docrep/p2070s/p2070s06.htm-38k-consulta: 30 ene 2008) 9 p.
39. Jara 1989 citado por Gonzales 2011. El poder calórico superior de la madera. En línea con www.monografias.com.
40. Jolkin 1989. Componentes químicos de la corteza y sus derivados en línea con www.monografias.com.
41. JUNAC. 1989. Manual del grupo andino para el secado de maderas. proyecto sub- regional de promoción industrial de la madera para construcción. (prid-madera). 1era edición. carvajal s.a. colombia. iv4-iv5.
42. Kollman, f.(1959). Tecnología de la madera y sus aplicaciones traducción de la segunda edición. ministerio de agricultura – instituto forestal de investigación. experiencia y servicios de la madera. madrid – españa. 675 p.
43. Kollman, f.1959 (sf). Sexto congreso forestal mundial. en: http:// www.fao.org/docrep/52298s/52298s04.htm-25k.
44. Lignum.c. (2000) Se inauguró la primera planta procesadora de residuos forestales en santa rosa. argentina 2006. en: http://www.lignum.cl/noticias/?id=5935 - 27k (consulta: 18 feb 2008)
45. Lospelets de madera: La energía del futuro aplicaciones en: http://www.sartoriusmechatronics.com/.../tx_sartoriusmechpdf/appl-moisture_determination-sued_energie-2007-s.pdfconsulta: 29 ene 2008).
46. Maderasxeve. 2014. Requisitos para producir briquetas y pellets en las industrias de transformación. En línea con www.briqutasypelltes.com.es.
47. Medio ambiente | revista | consumer. es eroski. bajo el efecto invernadero. calentamiento global de la tierra. revista nº 27. en:http//revista.consumer.es/web/es/19991101/medioambiente/ - 53k (consulta: 7 febrero 2008)
48. Misiones online - noticias de misiones argentinas. apuntan a reemplazar la leña del monte por briquetas de aserrín con alto poder calórico. director: marcelo almada © copyright 2000. en:http://www.misionesonline.net/paginas/principal.php?db=noticias2007&id=106416 - 33k – (consulta: 11 feb 2008)
49. Mostacero, l y Mejía, c. 1993. Taxonomía de fanerógamas peruanas. primera edición. CONCYTEC. Trujillo – Perú. 602 p.
50. Tp. 1980. Norma técnica nacional. método de determinación del contenido de humedad. norma 251.010. Lima – Perú. 2p
51. _____. Método de determinación de la densidad. norma NTP 251.011. Lima – Perú. 7 p.
52. _____.Método de determinación de la compresión perpendicular de grano. norma NTP. 251.014. Lima – Perú 3p.
53. Ortiz l, Tejada a, Vásquez a y Piñeiro g. 1994. Aprovechamiento de la biomasa forestal producida por la cadena monte – industria de Galicia. (profit) del ministerio de ciencia y tecnología. revista CIS-madera. 17 – 32 p. en: http www.cismadera.com/galego/downloads/biomasa3.pdf (consulta: 28 ene 2008) 17-32 pág.
54. Ortiz, L. et al 2012. Densidades de diferentes materiales orgánicos. En línea con www.monografias.com
55. Ortiz, L. 1994. Contenido de humedad de briquetas. En línea con www.rincon del vago.com. pe.

56. Press release. organización internacional de las maderas tropicales. en: http://www.itto.or.jp/live/live_server/280/news20001120s1.doc (consulta: 17 feb 2008)
57. Qué son los biocombustibles. fuente: neofronteras.com. en: http://www.biocombustibles.es/info_biocombustibles.htm - 33k (consulta: 2 feb 2008)
58. Rodriguez, R y Sibille, M. 1996. Manual de identificación de especies forestales de la sub región andina. proyecto pd 150/91 rev. 1(1) OIMT- INIA. editorial stella. lima – perú.128 – 397 p.
59. Sattler, 1993. Sustancias extraíbles de la corteza de la madera y sus derivados. En línea con www.monografias.com.
60. Stromjon, 1981. Compuestos minerales presentes en la corteza de madera. En línea con www.rincon del vago.com.pe
61. Toledo, e y Rincón, c. 1996. Utilización industrial de nuevas especies forestales en el perú. organización internacional de las maderas tropicales. (oimt) lima – perú. 240p. z
62. Uceda, m. 1984. Determinación del poder calorífico superior de veinte especies forestales de la amazonía. revista forestal del perú .vol. xii. n º1-2. lima. 98 – 112p.
63. Valderrama, A. et al. 2007. Fabricación de briquetas con diferentes tratamientos. en:http://www.misionesonline.net/paginas/principal.php?db=noticias2007&id=106416 - 33k – (consulta: 11 feb 2008)
64. Vicente, h. 2006. Efecto de la temperatura de carbonización en el rendimiento y análisis del carbón obtenido a partir del aserrín de tres especies forestales de Pucallpa. tesis para optar el título de ingeniero forestal. u.n. de Ucayali. 94 p.