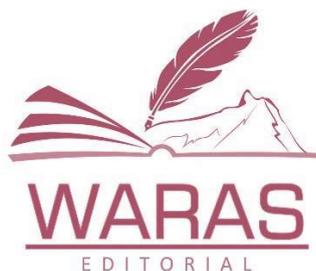


**GUILLERMO AUGUSTO PASTOR PICÓN**

**UTILIZACIÓN DEL ASERRÍN COMO  
COMBUSTIBLE DE COCINAS MEJORADAS  
EN PUCALLPA – PERU**



**UTILIZACIÓN DEL ASERRÍN COMO COMBUSTIBLE DE COCINAS MEJORADAS EN  
FUCALLPA - PERU**

**Autor:**

© Guillermo Augusto Pastor Picón

**Editado por:**

© Waras Editorial de Giber García Álamo

Jr. Julián de Morales 813 - Huaraz, Ancash, Perú

Primera edición, octubre de 2019

Tiraje: 100 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú

N° 2019-15129

ISBN: 978-612-48104-7-3

*Impreso en el Perú*

Se terminó de imprimir en octubre de 2019 en:

JyL Producciones

Av. Augusto B. Leguía 375 b - Independencia, Huaraz, Ancash, Perú





## DEDICATORIA

*A Dios, por guiarme y permitirme llegar a este momento tan importante en mi carrera y en mi vida; por todos los triunfos y los momentos difíciles que me han fortalecido y ayudado a superar los obstáculos del día a día.*

*A la memoria de mi padre y hermana, Augusto y Karina, a mi madre Nelly y hermano Fredy y a quienes les debo tanto y les agradezco por su amor, sus consejos y sobre todo su apoyo incondicional.*



## SUMARIO

|                                                                                                          |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                        | 09        |
| <b>CAPÍTULO I: ANTECEDENTES DEL ESTUDIO.....</b>                                                         | <b>11</b> |
| 1.1. Consideraciones previas.....                                                                        | 11        |
| 1.2. Estudios previos.....                                                                               | 13        |
| 1.3. Bases teóricas.....                                                                                 | 14        |
| 1.4. Bases epistémicos.....                                                                              | 15        |
| <b>CAPITULO II: MARCO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO .....</b>                                                 | <b>17</b> |
| 2.1. Tipo de investigación.....                                                                          | 17        |
| 2.2. Diseño y esquema de la investigación.....                                                           | 17        |
| 2.3. Población y muestra .....                                                                           | 17        |
| 2.4. Instrumentos de recolección de datos.....                                                           | 18        |
| 2.5 Técnicas de acopio, procesamiento y presentación de datos .....                                      | 19        |
| <b>CAPITULO III: UTILIZACIÓN DEL ASERRÍN COMO COMBUSTIBLE DE COCINAS<br/>MEJORADAS EN PUCALLPA .....</b> | <b>21</b> |
| 3.1 Resultado.....                                                                                       | 21        |
| 3.1.1 Efecto de especies y el contenido de humedad del aserrín ...                                       | 21        |
| 3.1.2 Densidad básica.....                                                                               | 22        |
| 3.1.3 Mezcla de especies de aserrín... ..                                                                | 23        |
| 3.2 Discusión .....                                                                                      | 24        |
| 3.2.1 Efecto de los tratamientos aplicados al experimento... ..                                          | 24        |
| 3.2.2 Características de la cocina mejorada cuyo combustible es el aserrín.....                          | 26        |

|                                        |                                                                 |           |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|-----------|
| 3.2.3                                  | La producción de aserrín por la industria maderera.....         | 27        |
| 3.2.4                                  | Agenda de investigaciones sobre el uso del aserrín.....         | 28        |
| 3.2.5                                  | Limitaciones del uso del aserrín en cocinas mejoradas.....      | 30        |
| 3.2.6                                  | Intentos de mejora de ambientes de una vivienda.....            | 31        |
| 3.2.7                                  | Agenda para la investigación en aprovechamiento de Aserrín..... | 33        |
| 3.2.8                                  | Aporte del estudio a la ciencia.....                            | 34        |
| <b>CONCLUSIONES.....</b>               |                                                                 | <b>36</b> |
| <b>SUGERENCIAS.....</b>                |                                                                 | <b>37</b> |
| <b>GLOSARIO.....</b>                   |                                                                 | <b>39</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b> |                                                                 | <b>43</b> |
| <b>ANEXOS.....</b>                     |                                                                 | <b>45</b> |

## **INDICE DE TABLAS**

|                 |                                                                         |    |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> | Especies forestales cuyo aserrín combustionó en la cocina mejorada..... | 18 |
| <b>Tabla 2.</b> | Volumen de agua hervida con aserrín en cocina mejorada (litros).....    | 21 |
| <b>Tabla 3.</b> | Minutos que hierve un litro de agua en cocina mejorada.....             | 21 |
| <b>Tabla 4.</b> | Capacidad de combustión del aserrín (horas).....                        | 22 |
| <b>Tabla 5.</b> | Litros hervidos de agua según la densidad básica de la SP.....          | 22 |
| <b>Tabla 6.</b> | Tratamientos de los indicadores evaluados.....                          | 23 |

## INTRODUCCIÓN

El estudio está referido a la utilización del aserrín como combustible para cocinas mejoradas. La idea se gestó a raíz del desperdicio de ingentes volúmenes de aserrín que por desconocimiento de uso se quema en las industrias madereras de Pucallpa.

En la ciudad de Pucallpa, operan decenas de industrias forestales que producen grandes volúmenes de aserrín que se quema sin provecho. La idea fue utilizar este aserrín como combustible para cocinas mejoradas. Para viabilizar la idea, primero, se diseñó la cocina mejorada y antes de masificar la entrega a las amas de casa y a organizaciones como Vaso de Leche, Comedores Populares y otros, se tuvo que demostrar su eficacia y comprobar la eficiencia del aserrín.

Con estos objetivos se llevó a cabo varios ensayos, entre ellos: evaluación del comportamiento del aserrín de nueve especies forestales; efecto del contenido de humedad; estudio de la combustión del aserrín según la densidad básica de la madera; efecto de la mezcla del aserrín en la combustión. La capacidad calorífica se midió con el número de litros que hace hervir cada tipo de aserrín, el tiempo que demora en hacer hervir un litro de agua y la duración del aserrín en combustión. Como resultado se obtuvo que, el factor determinante de la combustión es la densidad básica de la madera. En efecto, el aserrín apto para ser usadas por las cocinas mejoradas, son aquellas derivadas de maderas de densidad básica alta, tal como el shihuahuaco, quinilla y capirona, que hacen hervir hasta 8 litros de agua en promedio por cada kilogramo de aserrín. Aquellas de densidad básica media hacen hervir en promedio 3 litros de agua. Si se pretende utilizar mezcla de aserrín, tiene que incluirse mayor porcentaje de aserrín de maderas con alta densidad básica, caso contrario el poder calorífico de la cocina mejorada será baja.

El estudio se perfiló en dos componentes. La primera, la cocina mejorada, que fue diseñado especialmente para utilizar como combustible el aserrín, y la segunda, fue la identificación del tipo de aserrín y especie recomendable para utilizarlos como combustible de dicha cocina. La industria maderera produce diversidad de tipos de aserrín tanto por la especie que asierra como por la maquinaria que utiliza. Éstas a la vez tienen propiedades físico-químicas diferentes, y por ende, usos diferentes.

Para analizar las variables se consideraron varios factores. Entre ellos fueron las especies cuya frecuencia, abundancia y variedad están comprobadas. Así, existen especies clasificadas según el mercado en comerciales y no comerciales, y cada uno produce un tipo de aserrín distinto al otro.

Un segundo factor fue la densidad básica de la especie. Aparentemente, los que combustionan más son aquellos que tienen mayor peso, y lo que no arde, son aquellos que tienen poco peso. Indudablemente, mientras no se investiga se incurre en suposiciones y ésta conlleva a un uso empírico. Un tercer factor investigado fue la influencia del contenido de humedad del aserrín. En efecto, cuando ésta sale del aserradero, tiene un peso fresco por tener agua en su estructura, luego al secarse se deshidrata. También existen especies como el pino con alto contenido de aceite que arde igual en estado seco como húmedo.

Indudablemente, el tipo de maquinaria que asierra es otro factor que influye en la variación del tipo de aserrín. Un aserradero de cinta produce aserrín finamente molido y un aserradero en disco produce un aserrín grueso. La motosierra produce un aserrín grueso y tosco cercano a las características de una viruta. También se observa que la madera clasificada como corriente no siempre ingresa a un aserradero cinta.

Un quinto factor considerado fue la mezcla de aserrín. Esta condición se logra en base a la mezcla de varias especies, según criterio personal. Se tomó indistintamente proporciones de aserrín y se quemó para analizar su efecto tratando de identificar la mezcla que mejor combustiona.

Como indicador de cada factor se consideró al número de litros hervidos por cada tratamiento y al tiempo de duración de la combustión. Se consideró como tiempo al periodo que hierve la primera y el último litro de agua. Los resultados en cada caso son sumamente interesantes.

Se sabe que las cocinas mejoradas por asumir el concepto de reducción de la emisión de humo, gozan del aprecio de sus usuarios que son las amas de casa. Considerando que los aserraderos al quemar el aserrín en grandes volúmenes, contaminan el ambiente, se pensó que las cocinas mejoradas serían una de las soluciones atinadas. Sin embargo, según los resultados logrados en este estudio dista mucho para lograr este objetivo.

El mérito del estudio es informar que el aserrín que produce los madereros no será utilizado al 100% por las cocinas mejoradas. Ello implica que es necesario identificar otras líneas de industrialización de este recurso.

# CAPÍTULO I

## ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

### 1.1 Consideraciones Previas

La industria maderera de Pucallpa, a diario, produce decenas de toneladas de aserrín de una diversidad de especies forestales clasificadas en el mercado como maderas comerciales. Este mismo recurso es quemado produciendo una humareda que contamina el ambiente. Lo anecdótico del problema es que la sociedad tolera esta contaminación porque desconoce los efectos nocivos para la salud.

Al momento de planificar el estudio, se pensó que la solución a este problema era la masificación del uso del aserrín, tanto por las amas de casa que utilizan leña para la cocción de sus alimentos, como por las entidades que ofrecen alimentos, es decir, los programas de Vaso de Leche y los Comedores Populares. Así nació la idea de diseñar la cocina mejorada, para distribuirla a toda la población que utiliza leña como combustible. De este modo, se pensó en utilizar el aserrín, un producto desperdiciado por la industria maderera de Pucallpa.

En efecto, las razones para proponer cocinas mejoradas como factor de solución a la contaminación ambiental, fueron varios. Entre ellos, por ejemplo, que no produce humo. Por ende, no mancha a la olla como sí lo hace la leña. Al utilizar la chimenea de la cocina, el humo se evacua hacia el exterior y mantiene limpia las paredes de la cocina. El ambiente es saludable y los comensales no aspiran aire contaminado.

La cocina mejorada tiene la característica de mantener el calor, haciendo posible que los alimentos puedan conservarse por mayor tiempo. Este es el factor clave que aprecian las amas de casa. Para dar respuesta a esta exigencia, se necesitaba una información relacionada con la capacidad de combustión del aserrín.

Por otro lado, los especuladores –y es también *vox populi*–, dicen que no todo el aserrín acumulado por los aserraderos de Pucallpa es apto para utilizarlo en las cocinas mejoradas. Otro grupo afirma categóricamente que sí, generando una duda que era necesario despejar.

Así surgió una pregunta clave: *¿Cuál es el comportamiento del aserrín que se utiliza como combustible en cocinas mejoradas en Pucallpa - Perú?* La solución al problema planteado no quedó allí. En efecto aparecieron nuevas dudas que generaron nuevas preguntas. A cada uno de ellos se les encontró características comunes que los diferenciaba uno del otro y se les agrupó con la denominación de problemas específicos: *¿Cómo se comporta el aserrín en función a las especies forestales?*, *¿Cómo se comporta el aserrín según su contenido de humedad?*, *¿Cómo influye la densidad básica de la madera en el poder calorífico del aserrín?*, *¿Cómo se comporta el aserrín -según su procedencia- en la cocina mejorada?* y *¿Cómo combustiona el aserrín en función a la mezcla de especies?*

Para dar respuesta a las preguntas planteadas se formularon objetivos. A cada objetivo corresponde un ensayo. Sin embargo, el caso del aserrín que produce la maquinaria quedó como

objetivo opcional debido a que no todas las especies son sometidas al aserrío en un tipo de maquinaria. Por ejemplo, el shihuahuaco, es aserrado por una *sierra cinta en trozas* y para paquetería o madera corta en *sierra de disco*. En esta investigación se utilizó el *aserrín de sierra de disco*. La bolaína blanca generalmente se asierra en un disco y no en cinta. Luego para los ensayos se requiere insumos de procedencia homogénea.

Para dar respuesta a los objetivos se plateó la hipótesis:

***La densidad básica de la madera influye positivamente en el rendimiento del poder calorífico del aserrín que permite la calefacción de cocinas mejoradas.***

Y las hipótesis derivadas:

- *La especie forestal influye positivamente en la producción del tipo de aserrín recomendable para utilizar en una cocina mejorada.*
- *El contenido de humedad influye significativamente en la combustión del aserrín en la cocina mejorada.*
- *La densidad básica de la madera influye significativamente en el tipo de aserrín requerido por la cocina mejorada.*
- *La mezcla de especies del aserrín dentro de la cocina mejorada influye significativamente en la combustión.*
- *La procedencia del aserrín influye significativamente en el rendimiento de la calefacción de cocinas mejoradas.*

La importancia del estudio, es decir, de la resolución de las hipótesis, reside en determinar el beneficio social y económico para las familias de bajos recursos económicos de la ciudad de Pucallpa y localidades que tengan una industria maderera. En este contexto, la cocina mejorada es un elemento de apoyo ideal para las amas de casa de escasos recursos económicos que utiliza la leña como medio de combustible. Está diseñada para no producir humo durante la cocción de los alimentos, como sí lo hace la leña. Concentra el fuego de manera focal y la cocción del alimento lo concreta en un tiempo relativamente corto.

Está fabricado con materiales del lugar, como la arcilla, que está colocado en toda la parte lateral interna de la cocina. Su costo es relativamente bajo teniendo en cuenta su versatilidad y capacidad de hacer cocción del alimento en corto tiempo. Por la arcilla que contiene, su estructura tiene la capacidad de conservar el calor por mucho tiempo y economiza el aserrín, aunque -al momento de prender la cocina- se genera un poco de humareda, ésta se ve recompensada con la rápida cocción del alimento. Se ha comprobado que, por utilizar el aserrín (un producto que se desperdicia), junto con la cocina mejorada, se reduce la huella de carbono y, de hecho, la contaminación ambiental. Creemos, por ello, que es una buena manera de no desperdiciar el aserrín.

Para fabricar la cocina mejorada, se utiliza materiales como el cilindro, el enrollador de latones, soldaduras y otros. Su fabricación masiva requiere de mano de obra especializada que entienda de soldaduras. Es una tecnología novedosa para los artesanos. De igual modo, el aserrín es un producto desperdiciado. Su producción tiene alto costo, sobre todo considerando la procedencia de la madera que viene de lugares muy alejados. En ese contexto, el desperdicio del aserrín es un pecado no solo para los industriales que lo producen sino también para las amas de casa que no lo utilizan. Si bien es cierto que el costo de producción es alto, es cierto también que se

malgasta este recurso quemándolo. Hasta la fecha se desconoce canales de comercialización de aserrín. No se trata de solucionar el problema con un solo intento, sino más bien se reporta la posibilidad de un uso masivo del aserrín.

El aserrín no solo contamina el ambiente cuando se quema por doquier, también contamina la ciudad cuando la polvareda de aserrín se levanta con el viento. Mucho aserrín es vertido a los caños naturales generando evidentemente la contaminación del suelo y de las aguas. El olor típico del río a madera es un indicador del grado de contaminación del agua con aserrín. El aserrín es un recurso que está acumulándose a diario. Por todo esto, es importante diseñar una tecnología de uso masivo como la fabricación en serie de las cocinas mejoradas de arcilla.

Con este estudio queremos demostrar que la propuesta de uso de aserrín en cocinas mejoradas es viable, pues, la fabricación de la cocina mejorada no representa limitación alguna. Mientras haya arcilla, cilindro y un soldador entusiasta, el uso de este elemento será sostenido. Sin embargo, lo determinante del negocio es generar la demanda sostenida de las cocinas mejoradas. En efecto, mientras no haya demostración de eficacia y eficiencia, la cocina queda solo como una muestra. De igual modo, siendo el aserrín el recurso principal de la combustión o también la materia prima para el funcionamiento de la cocina mejorada, entonces, por su abundancia, tampoco significa problema. La industria maderera produce aserrín de modo permanente. Eso sí, la producción del aserrín es una mescolanza, por aserrar diferentes especies sin considerar las capacidades de combustión de cada especie.

En resumen, pudiendo fabricar con facilidad las cocinas mejoradas, y utilizar masivamente todos los días este combustible natural, se soluciona el problema del desperdicio del aserrín, y por ende, la contaminación ambiental que genera su quema. Este es el fundamento del estudio. Pero, aun así, tenemos que considerar que existen limitaciones como el uso selectivo del aserrín. En efecto, el aserrín que combustiona en la cocina mejorada es el de shihuahuaco, la quinilla y la capirona. El resto no funciona como combustible para esta cocina. La investigación demuestra que la producción de aserrín de madera dura es esporádica. No todos los aserraderos de Pucallpa, asierran madera dura. Así el aserrín para la cocina mejorada es escaso.

## 1.2 Estudios Previos

Regalado (2007), afirma que los residuos forestales, sobre todo el aserrín, son altamente contaminantes para el medio ambiente. No son pocos los expertos y las instituciones a nivel global y local, incluida la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) que, de un tiempo a la fecha, advierten sobre el impacto del aserrín como agente contaminante del suelo y del agua.

En un estudio sobre fabricación de pellets a partir de carbonilla de carbón vegetal y aserrín de *Pinus radiata*, Soto (2008) encontró similitud en peso, volumen y densidad con productos tradicionales. Comprobó que el 50 % de aserrín produce una combinación óptima con un 48 % de carbonilla y una friabilidad de 0,935. Esta produce una ganancia energética de 24% con respecto a un pellet 100 % de aserrín.

Según Alvarez (1999), el aserrín de *Pinus caribaea* var. *Caribaea*, tiene: 43 - 46 % de celulosa; 28 - 31 % de lignina; 0,48 - 0,68 % de cenizas; 3 - 4 % de sustancias solubles en agua a 95 °C y 3 - 5 % de sustancias solubles en benceno-etanol, en base a masa seca. El régimen óptimo de

pre hidrólisis es 160 °C - 61 min. La masa sacarificada tiene 16 % de sustancias reductoras totales; 23 % de sustancias solubles en agua; 4 % de proteína bruta; 58 % de fibra bruta; 4 % de elementos minerales y 32 % de digestibilidad.

El régimen óptimo de pre hidrólisis y *Eucalyptus saligna* del eucalipto es 160 °C - 71 min. La masa sacarificada tiene: 13 % de sustancias reductoras totales; 18 % de sustancias solubles en agua; 5 % de proteína bruta; 40 % de fibra bruta; 4 % de elementos minerales y 49 % de digestibilidad Alvarez, (1999).

Lora (2011), comparó el combustible utilizado por cocina mejorada con otro de fuego abierto. La primera prueba consistió en hervir agua hasta llegar a la temperatura de ebullición y luego dejarla hirviendo a fuego lento por 45 minutos, con resultados promedio de 44 % de ahorro de leña. La segunda prueba consistió en cocer una comida, mostrando un ahorro de 31 % de combustible.

Para mejorar la eficiencia térmica de las cocinas tradicionales del área rural, Aristizábal (2010) mandó construir tres prototipos de cocinas mejoradas, mediante una modificación efectuada a la cámara de combustión. Las cocinas fueron ensayadas aplicando la prueba de cocimiento controlado (PCC) y fueron comparadas contra una estufa testigo (tradicional). Los resultados arrojaron un rendimiento promedio del 15 % más a favor de las cocinas mejoradas que la tradicional, lo cual implica un ahorro en el consumo de leña de 0.86 ton/año.

Célleri (2008), construyó un prototipo de cocina mejorada para generación de aire caliente a partir cuescos de biomasa de palma africana como combustible. El diseño considera las posibilidades de ensamblado y desmontado cada vez que sea necesario. Esta facilita el mantenimiento y mejora su desempeño.

### 1.3 Bases Teóricas

Del Valle (2005), aporta un procedimiento para la determinación de eficiencia máxima termodinámica y de combustión de cocinas mejoradas. Dicho procedimiento es susceptible de réplica en condiciones similares a equipos de combustión de biomasa y es aplicable a diversos tipos de cocinas mejoradas. Se identificaron los impactos del uso de leña sobre la salud, la economía y aspectos culturales del poblador. También se identificaron y caracterizaron las especies leñosas más usadas en estufas, Mejía (2011). Se analizó, además, las implicaciones ambientales del uso de leña como combustible en aspectos sociales, culturales, ecosistémicos y tecnológicos.

Lesme (2004), determinó los coeficientes de residuos de las industrias forestales, evaluó el volumen y potencial anual de estos, y analizó la factibilidad económica para su empleo en la generación de energía eléctrica. Indica que el volumen de residuos generado por la industria forestal supera al volumen de madera elaborada. Así informa que en los talleres de elaboración primaria son producidos alrededor de 0,5 m<sup>3</sup> de residuos por metro cúbico de madera en bolos. En la elaboración secundaria de la madera se producen entre 1,5 m<sup>3</sup> de residuos por metro cúbico de madera elaborada. Estos coeficientes de residuos sirven como indicadores para estimar volúmenes de residuos en otras industrias forestales de la región.

Al respecto, Palacios (2004), propone manejar especies agrupando en dos categorías elegidos

en función a su comportamiento frente a la luz, que son especies heliófilas (especies "r") y esciófitas (especies "k"). Entre estos dos grupos hay un sin número de posibilidades, donde las especies pueden ocupar cualquier "espacio" ecológico. La iniciativa es viable, aunque no acoge a la mayoría de las especies.

En efecto, la variabilidad del bosque requiere mayor número de grupos. Así, Baluarte y Aróstegui (1991), determinaron los valores de la densidad básica formando 4 grupos. Este trabajo constituye una primera presentación de la densidad básica de las maderas de selva baja. Al mismo tiempo sugiere la primera idea para agrupar a las especies con fines de estimación del volumen de carbono almacenado por un bosque tropical. En este caso la información es importante porque este agrupamiento es posible trasladarlo a las cocinas mejoradas para analizar su efecto como combustible.

## 1.4 Bases Epistémicos

Considerando que la base epistemológica se refiere al proceso de construcción del conocimiento, en este caso, se trató de la identificación, explicación y comprobación sobre la aptitud de la cocina mejorada para utilizar como combustible al aserrín que desperdician los madereros de Pucallpa. En las consideraciones vertidas a continuación se trata de explicar con mayor detalle cada aspecto. Así se tiene:

### ▪ Identificación del Conocimiento

La idea base fue creer que la cocina mejorada era la solución para aprovechar todo el aserrín que produce la industria maderera de Pucallpa. Por ello, para obtener el conocimiento sobre la utilidad de la cocina mejorada en el aprovechamiento del aserrín se hizo varios experimentos. Así, por ejemplo, en la cocina mejorada se colocaron el aserrín fresco de una determinada especie y se quemó. La capacidad calórica del aserrín fresco, se midió con el número de litros de agua hervida durante la combustión. Así se encontró tres grupos de aserrín.

### ▪ Aplicación sucesiva de conocimientos

En efecto, el experimento demostró que sólo tres especies fueron los que hicieron hervir más litros de agua. El resto fue intermedio y bajo respectivamente. Al notar este impase se pensó que se superaría con el aserrín secado al sol. Para ello se hizo secar al aire libre al aserrín. Se repitió el primer ensayo, pero con aserrín seco. El resultado fue el mismo con la salvedad de que el aserrín seco genera una capacidad calorífica ligeramente superior.

En el afán de utilizar el aserrín como combustible de la cocina mejorada, se pensó que la solución sería la mezcla de aserrín seco. Así se preparó diversidad de mezclas de aserrín seco y se repitió la quema en la cocina mejorada. El método de la medición de la capacidad calorífica fue la misma, es decir por el volumen de agua hervida por cada tipo de aserrín.

### ▪ Comprobación del conocimiento

Por tercera vez se notó que el aserrín tiene un comportamiento específico como combustible de

cocina mejorada. Con estos resultados se comprobaron que la cocina mejorada es eficaz pero el aserrín como combustible es deficiente. De manera que la cocina mejorada no tiene uso cuando el combustible, en este caso, el aserrín no arde.

Finalmente se analizó las razones de este comportamiento. Así se determinó que el aserrín arde en función a la densidad básica de la madera. Como se nota, todo este conocimiento se generó a través de experimentos sucesivos. En efecto, al principio se creía que todo aserrín era bueno para utilizar en cocina mejorada. Ahora se sabe que no es así. Esta es la contribución epistemológica del estudio.



## CAPITULO II

### MARCO METODOLÓGICO DEL ESTUDIO

#### 2.1 Tipo de Investigación

El estudio fue desarrollado usando el método experimental. Para tal efecto, se tomó porciones de aserrín y se quemó en la cocina mejorada. Los indicadores para medir la calidad del aserrín fueron el número de litros hervidos, el tiempo transcurrido en hacer hervir un litro de agua y la duración del aserrín como combustible. El nivel de la investigación, fue el aplicativo. Se analizó la eficacia del aserrín como combustible de cocinas mejoradas. Los beneficiarios de la investigación fueron las amas de casa de las zonas urbana marginales de Pucallpa, que utilizan leña, como combustible para preparar sus alimentos.

#### 2.2 Diseño y Esquema de la Investigación

La investigación se ejecutó empleando el método empírico de la observación: medición, experimentación y comprobación. Se comprobó, por ejemplo, la capacidad de combustión del aserrín de diferentes especies. La capacidad de combustión del aserrín por efecto de su densidad básica y otros. Los ensayos se ejecutaron bajo un esquema similar. Esto implica intervención de factores homogéneos, un mismo diseño estadístico, las mismas pruebas estadísticas. La variación solo se dio en los tratamientos.

Se utilizaron tres cocinas mejoradas del mismo diseño y tipo de fabricación. Estas fueron de una sola hornilla. En cada caso se determinó el poder de combustión del aserrín y el tiempo de duración del aserrín como combustible. Las tres repeticiones de cada tratamiento se aplicaron a razón de uno por día. Así, se demoró nueve días en conducir el ensayo. El experimento se culminó en sesenta días. De igual modo se procedió con la densidad básica de la madera.

El plan de investigación se desarrolló en cuatro pasos secuenciales. En la primera, se determinó la especie forestal que produce aserrín apto para la cocina mejorada. Las muestras se tomaron de la industria, a esta se le denominó aserrín fresco, es decir al producto que sale del aserradero. En seguida se determinó el comportamiento de aserrín seco. Esto porque el aserrín fresco tiene alta humedad y al secarse con el calor solar pierde humedad; por lo mismo, tiene mayor rendimiento en la calefacción de la cocina mejorada. Finalmente se determinó el tiempo que se emplea para hacer hervir el agua en la mezcla de las especies.

#### 2.3 Población y Muestra

El universo del estudio estuvo representado por el volumen de aserrín que produce la industria maderera en una semana de labor normal. La información fue tomada de modo independiente de las maquinarias y de las especies forestales que se utilizan en el aserrío de la madera. La producción promedio diario de aserrín se estimó en 100 m<sup>3</sup> dependiendo del tipo de maquinaria.

La población fue representada por el aserrín producido en un día por la industria dedicada a la transformación primaria de la madera. Así, basado en los volúmenes acopiados al día, se hicieron las evaluaciones de aptitud de uso para las cocinas mejoradas.

Las muestras fueron tomadas de los volúmenes de aserrín producidos en una hora de trabajo. No podía ser de otra manera porque a cada momento se mezcla el aserrín en función a la especie que ingresa al aserrío. La cantidad de aserrín para cada muestra varió de acuerdo a los tratamientos planteados en cada ensayo. El tamaño de muestra fue 4 kg por tratamiento, 12 kg por repetición y 48 kg por ensayo. En los 5 ensayos se utilizaron 240 kg de aserrín.

**Tabla 1. Especies forestales cuyo aserrín combustionó en la cocina mejorada.**

| Trat. | N. común       | Nombre científico                     | Familia       | D. básica              |
|-------|----------------|---------------------------------------|---------------|------------------------|
| T1    | Quinilla       | Manilkara bidentata (A. DC.) A. Chev  | Sapotaceae    | 0.87 g/cm <sup>3</sup> |
| T2    | Capirona       | Calycophyllum spruceanum (Bent.) Hook | Rubiaceae     | 0.76 g/cm <sup>3</sup> |
| T3    | Catahua        | Hura crepitans                        | Euphorbiaceae | 0.41 g/cm <sup>3</sup> |
| T4    | Cumala         | Virola sp                             | Miristicaceae | 0.45 g/cm <sup>3</sup> |
| T5    | Shihuahuaco    | Dipteryx odorata (Aublet) Willd.      | Fabaceae      | 0.91 g/cm <sup>3</sup> |
| T6    | Tornillo       | Cedrelinga catenaeformis D. Ducke     | Fabaceae -    | 0.45 g/cm <sup>3</sup> |
| T7    | Capinurí       | Maquira coreacea (Karsten) C.C. Gerg  | Moraceae      | 0.37 g/cm <sup>3</sup> |
| T8    | Bolaína blanca | Guazuma crinita C. Mart               | Sterculiaceae | 0.41 g/cm <sup>3</sup> |
| T9    | Cachimbo       | Cariniana doméstica Martius           | Lecythidaceae | 0.59 g/cm <sup>3</sup> |

Fuente: Varios autores

## 2.4 Instrumentos de Recolección de Datos

### a. Técnica del análisis documental

La técnica del análisis documental se aplicó para determinar la densidad básica de las especies. La búsqueda se hizo en publicaciones especializadas. En mayoría se utilizó artículos científicos.

### b. Técnica de la observación en el campo

El tipo de aserrín requerido fue reconocida a través de la observación y nombrados como el aserrín de tal especie (nombre vernacular). Como instrumento se utilizó la balanza, el cronómetro. La información se anotó en una ficha de registro

### c. Técnica de la medición

Se estimó la capacidad de combustión del aserrín. Esta consistió en prender fuego a la cocina con el aserrín objeto de tratamiento. En seguida se puso el agua en una hervidora controlando el tiempo que demora en hervir, cada vez que hervía el agua se la cambiaba hasta agotar el poder calorífico del aserrín.

De igual forma el tiempo de duración de la capacidad de combustión del aserrín se midió por las horas que transcurre entre el primer y el último litro de agua. El tiempo calculado se registró en minutos. Para medir el contenido de humedad del aserrín, se tomó el peso fresco al momento de recolectar el producto. Esta se secó al aire durante dos días hasta alcanzar peso constante.

## 2.5 Técnicas de Acopio, Procesamiento y Presentación de Datos

Las técnicas empleadas fueron las usuales (manual, observación y medición). Para el procesamiento se utilizó la computadora. La presentación de los resultados se hizo en tablas, siendo las especificaciones las siguientes:

### a. Selección y representación de variables

Como variable independiente se consideró al aserrín derivado de las especies forestales que se acopió en el aserradero. La variable dependiente fue el tiempo de combustión del aserrín dentro de la cocina mejorada. Estos datos fueron tomados en cuenta al inicio y al final de cada ensayo

### b. Utilización del procesador sistematizado computarizado

El formato de campo con el registro de la información pasó a gabinete. En seguida la información de campo fue transferida a un formato Excel. Luego, para el procesamiento de la información se aplicó operaciones aritméticas simples como señala el protocolo de Calzada (1975).

### c. Pruebas estadísticas

El diseño estadístico de los ensayos fue similar a la misma. En cada caso se empleó el *Diseño Completo Randomizado* (DCR) con 9 tratamientos y 3 repeticiones. Los ensayos desarrollados fueron cuatro.

El primer ensayo se hizo con aserrín fresco, el segundo con aserrín seco, el tercero con densidad básica y el cuarto con aserrín seco mezclada.

El acopio de la información se hizo en cuadros mostrados en el *anexo 2*. La modalidad fue similar para cada ensayo, es decir, el mismo tipo de cuadro para todos. Del mismo modo, el ANVA fue similar para todos. Cuando el F calculado fue menor que Ft tabulado, se declaró como no significativo.

No hubo necesidad de aplicar pruebas de comprobación de los ensayos porque los datos del ANVA siempre se mostraron como no significativas. A los resultados se analizaron con determinación directa, Calzada (1975).



## CAPÍTULO III

### UTILIZACIÓN DEL ASERRÍN COMO COMBUSTIBLE DE COCINAS

#### MEJORADAS EN PUCALLPA: RESULTADO Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultado

##### 3.1.1 Efecto de Especies y el Contenido de Humedad del Aserrín

Las tablas muestran que las especies y el contenido de humedad ejercen influencia en la combustión del aserrín. El aserrín que combustiona mejor corresponde al *shihuahuaco* y la que combustiona poco, a la *catahua*. Demuestra además que es mejor utilizar aserrín seco que fresco.

*Tabla 2. Volumen de agua hervida con aserrín en cocina mejorada (litros).*

|    |                | Fresco | Seco | Diferencia | Promedio |
|----|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1 | Quinilla       | 15     | 24   | 9          | 20       |
| T2 | Capirona       | 15     | 18   | 3          | 17       |
| T3 | Catahua        | 2      | 2    | 0          | 2        |
| T4 | Cumala         | 6      | 8    | 2          | 7        |
| T5 | Shihuahuaco    | 20     | 34   | 14         | 27       |
| T6 | Tornillo       | 8      | 17   | 9          | 13       |
| T7 | Capinurí       | 2      | 4    | 2          | 3        |
| T8 | Bolaína blanca | 5      | 6    | 1          | 6        |
| T9 | Cachimbo       | 7      | 13   | 6          | 10       |
|    | Suma           | 80     | 126  | 46         |          |
|    | Promedio       | 9      | 14   | 5          |          |

*Tabla 3. Minutos que hierve un litro de agua en cocina mejorada.*

|    | Especie        | Fresco | Seco | Diferencia | Promedio |
|----|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1 | Quinilla       | 12     | 12   | 0          | 12       |
| T2 | Capirona       | 15     | 12   | 3          | 14       |
| T3 | Catahua        | 104    | 21   | 83         | 63       |
| T4 | Cumala         | 20     | 17   | 3          | 19       |
| T5 | Shihuahuaco    | 14     | 10   | 4          | 12       |
| T6 | Tornillo       | 25     | 16   | 9          | 21       |
| T7 | Capinurí       | 113    | 15   | 98         | 64       |
| T8 | Bolaína blanca | 26     | 12   | 14         | 19       |
| T9 | Cachimbo       | 21     | 13   | 8          | 17       |
|    | Suma           | 350    | 128  | 222        |          |
|    | Promedio       | 39     | 14   | 25         |          |

**Tabla 4. Capacidad de combustión del aserrín (horas).**

| Clave | Especie        | Fresco | seco | Diferencia | Promedio |
|-------|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1    | Quinilla       | 5      | 5    | 0          | 5        |
| T2    | Capirona       | 4      | 3    | 1          | 4        |
| T3    | Catahua        | 2      | 1    | 1          | 2        |
| T4    | Cumala         | 3      | 2    | 1          | 3        |
| T5    | Shihuahuaco    | 6      | 7    | -1         | 7        |
| T6    | Tornillo       | 4      | 4    | 0          | 4        |
| T7    | Capinurí       | 2      | 2    | 0          | 2        |
| T8    | Bolaína blanca | 3      | 2    | 1          | 3        |
| T9    | Cachimbo       | 3      | 3    | 0          | 3        |
|       | Suma           | 32     | 29   | 3          |          |
|       | Promedio       | 4      | 3    | 0          |          |

### 3.1.2 Densidad Básica

La densidad básica de la madera es otro factor importante en la combustión del aserrín. Las tablas indican que las recomendables para utilizar como combustible de cocina mejorada son aquellas que tienen alta densidad básica como el shihuahuaco. Lo contrario corresponde a las de densidad básica baja como la catahua y el capinurí.

**Tabla 5. Litros hervidos de agua según la densidad básica de las especies.**

| Densidad Básica | Litros | Minutos | Horas |
|-----------------|--------|---------|-------|
| DB alta         | 25     | 12      | 5     |
| DB media        | 13     | 15      | 3     |
| DB baja         | 4      | 16      | 2     |
| Suma            | 42     | 43      | 10    |
| Promedio        | 14     | 14      | 3     |

Donde:

| DB  | Promedios      | Especies       |          |          |
|-----|----------------|----------------|----------|----------|
| DBA | 0.70 a<br>0.89 | Shihuahuaco    | Quinilla | Capirona |
| DBM | 0.50 a<br>0.69 | Tornillo       | Cachimbo | Cumala   |
| DBB | 0.30 a<br>0.49 | Bolaína blanca | Capinurí | Catahua  |

### 3.1.3 Mezcla de Especies del Aserrín

|    |                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|
| T1 | Quininilla + catahua + capinurí                                                   |
| T2 | Capirona + catahua + capinurí                                                     |
| T3 | Tornillo + catahua + capinurí                                                     |
| T4 | Quininilla + cachimbo + cumala + bolaína                                          |
| T5 | Capirona + cachimbo + cumala + bolaína                                            |
| T6 | Tornillo + cachimbo + cumala + bolaína                                            |
| T7 | Quinilla + tornillo + capirona + catahua + capinurí                               |
| T8 | Quinilla + tornillo + capirona + cachimbo + cumala + bolaina                      |
| T9 | Quinilla + tornillo + capirona + cachimbo + cumala + bolaína + catahua + capinurí |

**Tabla 6. Tratamientos de los indicadores evaluados.**

| Indicadores evaluados                           | Tratamientos |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-------------------------------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                                 | T1           | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| Vol. de agua hervida (litros)                   | 12           | 13 | 5  | 17 | 15 | 14 | 16 | 14 | 15 |
| Minutos que hierve un litro de agua             | 11           | 10 | 25 | 12 | 13 | 13 | 15 | 12 | 14 |
| Duración del fuego en la cocina mejorada (hora) | 2            | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |

## 3.2 Discusión

### 3.2.1 Efecto de los tratamientos aplicados al experimento

De los factores estudiados como tratamiento, resultó rescatable el aserrín de las especies cuya madera tienen densidad básica alta. El resto, carecen de valor, al menos como combustible de cocina mejorada. Las explicaciones se detallan a continuación:

#### ▪ El aserrín de las especies

El aserrín, de las nueve especies utilizadas, mostraron un comportamiento específico no esperado. Teóricamente se pensó que todo aserrín sobre todo seco, arde con la misma intensidad, sea cualquiera la especie. En la práctica este detalle no ocurre. Por ejemplo, el aserrín de *catahua* simplemente no arde seco, si fresco. El de *shihuahuaco* se comporta exactamente lo contrario a la *catahua*.

El aserrín de *tornillo* y *cachimbo* muestran un comportamiento intermedio entre *catahua* y *shihuahuaco*. Pero no es como para afirmar que esta especie es mejor que el *shihuahuaco* o la *quinilla*. Se complica el problema porque en el aserradero lo mezclan uno con otro sin importar el uso final del aserrín que se acumula.

Comparando resultados se deduce que los madereros hacen quemar las rumas de aserrín porque este producto no tiene mercado. Es decir, los industriales madereros saben perfectamente que su aserrín no es apreciado por otros comercios, ni por las amas de casa, porque no todos arden. A este comportamiento se denomina específico.

Según Valderrama, et al. (2007), las briquetas elaboradas con aserrín y otros residuos sólidos orgánicos se queman sin problema en cocinas no convencionales. Estas reemplazan a los combustibles líquidos tradicionales, que incluye al gas licuado de petróleo. No especifica la especie que produce el aserrín.

#### ▪ Contenido de humedad

Se ha observado que los aserraderos, sea para lavar la troza del barro que lo tiene impregnado, o para suavizar al momento de corte, y en el proceso mismo del aserrado, echan agua al disco. Muchos madereros evitan el ataque de insectos, por ejemplo, de la *cumala*, remojando a la troza en el río o en la poza de agua. Por todo lo antes anotado, el aserrín fresco tiene alto contenido de humedad.

El ensayo se inició con aserrín fresco tal como llega procedente del aserradero. Al momento de prender fuego en el aserrín de *shihuahuaco*, *quinilla* y *capirona*, no hubo problema. En aserrín de *catahua* y *capinurí* fue todo lo contrario. Relova, et al. (s.f.), al sustituir la leña por aserrín, obtuvieron beneficios ascendentes a 1 254,9 pesos por m<sup>3</sup>. Luego convirtiendo a la leña en carbón obtuvieron una utilidad de 1 328,0 pesos por m<sup>3</sup>.

## ▪ **Densidad Básica**

En los ensayos correspondientes al aserrín fresco y seco respectivamente, se presentaron tres aspectos notables a simple vista. Un primer grupo compuesto por el aserrín de *shihuahuaco*, *quinilla* y *capirona*, hicieron hervir mayor volumen de litros de agua. Un segundo grupo compuesto por *tornillo*, *cachimbo* y *cumala bolaína blanca*, *catahua* y *capinurí*, hicieron hervir un bajo volumen de agua. Analizando la capacidad calorífica de cada tipo de aserrín se determinó que cada grupo arde en función a la dureza. Dicha dureza está relacionada con la densidad básica de la madera de cada especie.

Esta cualidad se repite tanto con aserrín fresco como seco. Esta parte del ensayo demuestra que el uso del aserrín en cocina mejorada es selectivo. De ninguna manera se puede garantizar eficiencia cuando se trata de aserrín -por ejemplo- de *catahua*, *capinurí* y otros de densidad básica media. A veces el maderero no asierra madera dura, entonces el aserrín que produce no es apto para utilizarlo como combustible de cocinas mejoradas.

Este comportamiento es coincidente con el trabajo de Lima (2013), quien en un estudio sobre poder calorífico de 4 especies de coníferas para la producción de bioenergía, demostró que la densidad básica muestra diferencias estadísticas significativas entre albura y duramen con un rango de 75 % a 82 %.

## ▪ **Mezcla**

Al notar la influencia de la densidad básica de la madera en la capacidad calorífica del aserrín, se pensó que la mezcla sería la solución al problema. Otro error, pues los ensayos desarrollados con la diversidad de mezclas de aserrín dan cuenta que siempre arde en función a la cantidad del aserrín de la especie con alta densidad básica.

Por otro lado, el aserrín del aserradero que permanece acumulado, no siempre tiene uno de alta densidad básica. Como consecuencia, si se lleva a una cocina mejorada simplemente no responde. Así, el problema sigue y seguirá vigente mientras no se identifica un uso distinto a la cocina mejorada.

## ▪ **Procedencia**

Otro comportamiento interesante es la procedencia del aserrín. En efecto, un tipo de aserrín es producto de una sierra cinta. Un segundo tipo es de sierra disco. Y un tercero es de motosierra. Sin embargo, es difícil encontrar aserrín de una misma especie producido por las tres maquinarias. Para efectos del ensayo con aplicación de métodos estadísticos, se necesita un aserrín producido por las tres herramientas. A esto se denomina principio de homogeneidad que deben tener los tratamientos. Con ello, se explica que no se hizo la demostración de la procedencia. Así, por ejemplo, el aserrín de *bolaína blanca* lo produce una sierra disco, en ningún caso se asierra con sierra cinta.

## ▪ **Compactación**

El número de golpes que se aplica al aserrín para la compactación es de 120. Si es menos, se desmorona con facilidad en la quema y, si es más, se pierde tiempo porque arde mejor cuando está en el punto intermedio.

### 3.2.2 Características de la cocina mejorada cuyo combustible es el aserrín

Al manipular la cocina mejorada durante el proceso de la experimentación no se encontró dificultad alguna en el uso de este medio. Las características tanto en la fabricación, manejo y costo son factibles como para masificarlos. La dificultad se presentó con el aserrín, que resultó como un producto deficiente porque arde selectivamente. A continuación, se anotan más detalles:

#### ▪ **Material**

En el mercado existen decenas de modelos de cocinas mejoradas. Sin embargo, todos tienen una característica en común, que es no gastar mucha leña o carbón durante el proceso de cocción del alimento. Para lograr este objetivo se fabricó una cocina con lata de cilindro conteniendo arcilla al medio. El artefacto resultó eficiente.

#### ▪ **Forma**

Para dar forma a la cocina mejorada, se utilizaron una cortadora de lata, una enroladora y soldadura. Se armaron dos cilindros: uno de 45 cm y el otro de 40 cm de diámetro. Al soldar la base con una lata circular, quedó un cilindro vacío con una abertura de 5 cm que se rellenó con arcilla. A esta, se le colocó una tapa con bisagra y una hornilla para colocar el recipiente con agua.

#### ▪ **Producción**

Si la producción es en serie, al día es posible fabricar hasta cinco cocinas. Si es individual, al día se puede fabricar solo una cocina. Si se incluye el diseño, la construcción de una cocina demora tres días. Un detalle para producir una cocina comercial que pueda competir en el mercado es el diseño.

#### ▪ **Costo**

El costo de la cocina mejorada es otra condición para acceder al mercado. El producto tiene que ser simple, seguro y fuerte. El costo de las cocinas producidas en serie más o menos oscila en 80 soles, donde 50 es el costo del material y 30 soles es la mano de obra.

#### ▪ **Masificación**

La idea primigenia fue masificar la cocina en el mercado. Con este objetivo se creó las condiciones para producir el producto en serie. Se pensó ofertar a las amas de casa, a los comedores populares y a los comités de vasos de leche. La condición para ello fue comprobar la eficacia de la cocina y del combustible, en este caso, del aserrín que produce la industria maderera de Pucallpa.

#### ▪ **Manejo**

Para el manejo de la cocina mejorada no hubo problema. Esta resultó pesada, pero con accesorios para trasladarlo con facilidad a cualquier parte. Tampoco hubo problema para llenar el aserrín y taconear las veces que sean necesarias. En los últimos diez años, según López, et al. (2014), se ha intensificado el uso de cocinas mejoradas y combustibles limpios, pero sin éxito, debido a la imposibilidad para reducir la emisión de humo a niveles recomendados por la OMS.

### ▪ **Humareda**

El problema se presenta cuando se prende el aserrín fresco, sea de alguna de las especies. Es difícil controlar la emisión de humo, por ejemplo, para el caso del aserrín de *catahua* y de *capinurí*, el aserrín no quiso prender fuego y solo emitían humo. En el caso del *shihuahuaco* y de la *quinilla*, no hubo humareda, por lo cual los hacen recomendables.

### ▪ **Adopción**

Indudablemente la cocina mejorada es adoptable, por su versatilidad, su forma y por la presentación, en todo momento este artefacto permaneció atractiva. El problema residió en el combustible, que es a todas luces, selectivo. Pero, en conjunto, no resultó funcional como se esperaba.

### ▪ **Cocción**

En cuanto a la cocción de alimentos, precisamente, la selectividad del combustible o aserrín es una limitante. En efecto, solo el aserrín de *shihuahuaco*, *quinilla* y *capirona* son recomendables. En cambio, el aserrín de *catahua*, *capinurí*, *bolaina blanca* y otros no lo son, porque hace hervir el agua muy lento y quizá ni logren la cocción de los alimentos.

### ▪ **Calor por conducción**

Se demuestra que la cocina mejorada, por el contenido de arcilla, conserva el calor por mucho tiempo, y el alimento permanece caliente también por mayor tiempo. Así, es posible afirmar que la cocina mejorada es eficaz. En cambio, el aserrín en general es ineficaz para utilizarlo como combustible de la cocina mejorada. En efecto, por su selectividad, sólo los aserrines de algunas especies son aprovechables.

## **3.2.3 La producción de aserrín por la industria maderera**

La producción del aserrín por la industria maderera de Pucallpa es sumamente heterogénea. Por la diversidad de especies que asierra, se produce una mezcla de propiedades físicas y mecánicas peculiares. Para dar uso apropiado a este recurso es necesario desarrollar estudios específicos. Algunas características saltantes son:

### ▪ **Aserrín de sierra cinta**

Las empresas de primera transformación “Madereras grandes” son las que utilizan sierra cinta y asieran la especie que le solicita el cliente. Así, el aserrín que producen a diario, es un producto de grano fino, pero resulta una mezcla de todas las especies trabajadas. Para la cocina mejorada la mezcla del aserrín simplemente no tiene valor porque no arde como se desea.

### ▪ **Sierra disco**

La sierra disco produce un aserrín granulado, pertenece a pequeñas industrias como las listonerías, las cajonerías, las parqueteras y las paqueterías. El aserrín que producen generalmente son de especies de baja densidad básica. El estudio demuestra que la mezcla de todas las especies tampoco es apta para las cocinas mejoradas.

### ▪ **Moto aserrado**

También hay aserrín moto aserrado, sobre todo en las parqueteras, donde las trozas grandes (lo parten previamente con motosierra). Sin embargo, debido a la restricción del mercado del parquet, la industria está en receso. Por la misma razón, este tipo de aserrín es escaso. Aunque no se hizo el ensayo con el aserrín moto aserrado, se presume que su valor en cocinas mejoradas es limitado.

### ▪ **Especies aserradas**

Como se nota, toda industria produce una mezcla de aserrín de diversas especies que no es posible utilizar en una cocina mejorada. Considerando que el tipo de aserrín apto para la cocina mejorada es aquel que proviene de *shihuahuaco*, *quinilla* y *capirona*, tendría que estar atento del momento y del aserradero que va a producir dicho tipo de aserrín. Esto es tedioso y no es el enfoque dado por el estudio.

### ▪ **Calidad del aserrín**

Se ha observado y determinado que la calidad del aserrín no es apta para la cocina mejorada. Dependiendo de la industria, en el mercado existe aserrín con grano fino, granulado y grano grueso y tosco producido por la motosierra. Solo es posible utilizar el aserrín fino, que en el mercado es difícil de encontrar y acopiar para la cocina mejorada.

### ▪ **Volumen de aserrín industrial**

En cuanto a volumen, el aserrín seguirá acumulándose y quemándose hasta identificar una industria que pueda absorberla como insumo. Por ahora, la cocina mejorada no podrá utilizar ni el 10 % de la producción. Al final, el costo de aserrín corre el riesgo de aumentar, esto, por la mano de obra que exige su acopio.

## **3.2.4 Agenda de investigaciones sobre uso de aserrín**

Sabiendo que la cocina mejorada no utiliza el cien por ciento del aserrín que producen los aserraderos de Pucallpa, se presume que existen otros modos de uso de este recurso. Para lograr este objetivo es importante desarrollar un conjunto de investigaciones destinadas a dar uso al aserrín. Las posibles industrias serían:

### ▪ **Abono orgánico**

Para utilizar al aserrín como abono orgánico es importante determinar sus componentes químicos. El reconocimiento de los oligoelementos que tiene el aserrín fresco y descompuesto servirá para intuir su uso final como fertilizante. Otros factores en estudio son el tiempo y la forma de almacenamiento, hasta que el aserrín fresco se convierta en abono orgánico.

### ▪ **Carbón activado**

El carbón activado es un producto que tiene relación con la medicina convencional. Requiere de un estudio fitoquímico, abarcando a los nutrientes, oligoelementos y los metabolitos. La actividad principal del carbón activado se relaciona con la quema del aserrín. Este último necesita comprobación, pues puede ocurrir un revés como en el caso de la cocina mejorada.

### ▪ **Producción de lejía**

Está comprobado que la lejía se obtiene de la ceniza del aserrín de especies forestales con alta densidad básica, como el *shihuahuaco*, *quinilla*, *capirona* y otros. Lo importante para este objetivo es que la ceniza sea blanca, es decir, bien quemada. Las especies de media y baja densidad producen ceniza negra, poco apto para producir este producto, aun así, tendría que investigarse.

### ▪ **Ácido piroleñoso**

Es un producto que se obtiene por destilación seca. Prácticamente es la conversión del humo en un líquido. Según la bibliografía, los usos de este líquido son variados. Se usa como abono foliar si es que contiene NPK y otros oligoelementos. Se usa como pesticida para eliminar bichos y hongos de las plantas. También es posible utilizarlo como colorante natural, entre otras aplicaciones industriales-comerciales.

### ▪ **Pomadas o betunes**

Los insumos básicos de las pomadas o betunes son el sebo o la grasa, el colorante y el envase. En este caso, se necesita un aserrín quemado a medias para obtener el color negro del colorante natural que utilizan los fabricantes del betún. En este sentido gran parte del aserrín podría separarse para esta industria.

### ▪ **Briquetas**

La briqueta es un aglomerado -en este caso- del aserrín debidamente prensado. Utiliza un aglutinante para mantener la cohesión de las partículas. El uso es como leña para calefacción de hogares en zonas frías. El problema está en demostrar la aptitud del aserrín de *catahua* y *capinurí* como insumo de briquetas.

### ▪ **Paneles de aserrín – cemento**

Rojas y Verdecia (2011), describen la conversión de aserrín mezclado con cemento y aditivos en paneles aserrín-cemento para la restauración de viviendas. Indican que los paneles respondieron a las exigencias y generaron ingresos a las empresas. Eliminaron los gastos por evacuación del aserrín, se elevó la protección al medio ambiente al evitarse la quema del aserrín y la emisión de cientos de toneladas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

### ▪ **Pellets energéticos**

Seijas, et al. (2014), fabricó pellets de diversas características como tratamientos de su investigación. Basado en sus resultados, concluye que las propiedades físicas y mecánicas del aserrín optimizan los parámetros de densificación, para su aprovechamiento eficiente como producto energético sostenible.

### 3.2.5 Limitaciones de uso de aserrín en cocinas mejoradas

Las dificultades que presenta el uso del aserrín en cocinas mejoradas son numerosas. No solo derivan de la mezcla de especies, sino que intervienen también otros factores. Entre estos factores se encuentran los siguientes casos:

#### ▪ Especies

De hecho, las propiedades físico-mecánicas de cada especie son específicas. Al mezclarlos también las propiedades se mezclan. Al momento de la quema estas propiedades se manifiestan, pues unos son ignífugos y otros no lo son; por ello, se obtiene una capacidad calórica variada, si por casualidad se mezcla aserrín de *shihuahuaco* entonces arderá, pero esto no siempre ocurre.

#### ▪ Humedad

Indudablemente el agua es el primer repelente del fuego, en este sentido, el aserrín arderá según el porcentaje de humedad que contenga. Esta hipótesis tiene su salvedad con las especies con alto contenido de extracto etéreo como los *pinos* y el *shihuahuaco*, Limache (2015). Sin embargo, cuando se someten al secado se deshidrata y, es de suponer que arden. En la cocina mejorada este fenómeno no ocurre porque el aserrín de *catahua* no arde ni aun estando seco, otro tanto ocurre con el aserrín de *capinurí* que no sirve para combustible de cocina mejorada.

#### ▪ Acondicionamiento del aserrín

El grosor del aserrín está dado por la maquinaria que lo produce. En la cocina mejorada, el aserrín de grano fino se compacta rápidamente con una sola taconeada. El aserrín de grano medio deja un espacio poroso que exige mayor número de golpes para compactarse. Aún más difícil es lograr la compactación del aserrín producido por una motosierra. El aserrín arde en función a su compactación.

#### ▪ Selección del aserrín

Si se insiste en utilizar el aserrín como combustible para la cocina mejorada, tendría que seleccionarse. Ello implica que la industria tendría que aserrar una sola especie por día o en todo caso, se tendría que destacar a un obrero para recoger el aserrín de la especie deseada. Esto ya sería un gasto adicional y no justifica cuando se trata de masificar la cocina mejorada para los hogares.

#### ▪ La cocina

En este estudio la cocina no representó ningún problema. Los resultados del diseño, la forma y la eficiencia fueron siempre los esperados. Si alguien insistiera en masificar su uso, no tendría problema para replicarlos y ponerlos a disposición de las mayorías. Como se ha visto en párrafos anteriores, tiene un costo asequible para cualquier ama de casa con escasos recursos económicos.

- **El mercado**

El mercado está regulado por la oferta y la demanda del producto. Para la oferta no existe problema porque la cocina se puede fabricar en la forma y cantidad deseada. El problema está en la demanda que no puede crearse por las condiciones y características propias del aserrín, para masificar el uso de la cocina mejorada.

- **La gente, amas de casa**

El uso de la leña por parte de las amas de casa de escasos recursos económicos persistirá. La razón es que el aserrín que producen los aserraderos no combustiona con eficiencia en la cocina mejorada. Mientras esto ocurra con el aserrín, la leña es irremplazable.

### **3.2.6 Intentos de mejora de ambientes de una vivienda**

Existe marcada diferencia entre una vivienda cuya cocina es tradicional por utilizar leña para la cocción de los alimentos, con respecto a otra, que utiliza cocina mejorada. En la primera, el humo se expande en toda la cocina cambiando de color a la pared y al techo. En una vivienda que utiliza cocina mejorada, el humo se concentra en dicha cocina. Sin embargo, existe limitantes para destinar el aserrín como combustible para cocinas mejoradas. Los efectos de la deficiencia son:

- **Desperdicio del aserrín**

El aserrín a pesar de su abundancia, seguirá acumulándose y quemándose mientras no se cuenta con una demanda como se esperaba con la cocina mejorada. Si se insiste en utilizar la cocina mejorada como factor de uso del aserrín, esta no será significativa, por centralizarse en el uso de un aserrín especial. Las amas de casa continuarán utilizando la leña o se inclinarán por el uso masivo del gas con el consiguiente costo.

- **Vigencia de la cocina tradicional**

Las viviendas por utilizar la leña para la cocción de los alimentos, seguirá siendo un ambiente contaminado. El cambio de color de las paredes y el techo por efecto del humo persistirá al menos que adopten el gas doméstico.

- **La humareda del aserrín quemado**

El humo que genera la quema de grandes volúmenes de aserrín continuará. Es más, ésta generará mayor contaminación al ambiente y pondrá en riesgo la salud de la población, especialmente de aquellos que viven cerca al lugar de incineración del aserrín. Si el aserrín es arrastrado hacia los caños de agua, seguirá generándose el olor desagradable por la descomposición del aserrín.

Lopez, et al. (2014), confirma que la inhalación del humo de biomasa crea un estado inflamatorio crónico, que se acompaña de una activación de metaloproteinasas y de una reducción de la movilidad mucociliar. Esto podría explicar la gran asociación existente entre la exposición a biomasa, revelada por estudios observacionales y epidemiológicos provenientes de países en vías de desarrollo y de países desarrollados.

En su opinión existe una necesidad urgente de ensayos de campos aleatorios, cuidadosamente realizados, para determinar la verdadera gama de reducciones de contaminaciones potencialmente alcanzables, la probabilidad de su uso y los beneficios a largo plazo en la reducción de la gran carga mundial de humo que se concentra en el ambiente.

### ▪ **La contaminación que genera el aserrín**

La contaminación que genera el aserrín, sea por quemarse o por permanecer a la intemperie, es peligrosa para la salud. De hecho, cuando se quema se genera humo que aspira la vecindad. La enfermedad que produce, entre muchos otros, es el asma. El aserrín de la intemperie al remojarse con la lluvia se convierte en el criadero ideal del zancudo, vector de enfermedades como el dengue.

### ▪ **La acumulación de GEI**

Rojas y Verdecia (2011), corroboran que en la cadena productiva forestal se acumulan altos volúmenes de desechos maderables, entre ellos, el aserrín que no tiene un uso productivo y son agentes de contaminación ambiental y por ende del cambio climático. Este proceso se evidencia en Pucallpa, donde el aserrín se descompone y genera el metano ( $\text{NH}_4$ ). Si el aserrín se quema, produce humo que se convierte en anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ). La mezcla de ambos gases genera el gas de efecto invernadero (GEI).

### ▪ **La huella de carbono**

Muchos definen la huella de carbono como la emisión del GEI por un determinado trabajo o servicio o producto que utiliza el hombre. Otros lo asocian con la emisión de  $\text{CO}_2$ . En cualquier caso, todo servicio o producto siempre tienen su huella de carbono. Uno tiene más que el otro. Así, por ejemplo, para producir el aserrín, se quemó gasolina, sea para tumbiar el árbol, para trasladar la troza al aserradero, para aserrar la madera. Es decir, toda la gasolina quemada es una parte de la huella de carbono del aserrín. La huella de carbono del aserrín es la suma de la gasolina quemada, el alimento y transporte del obrero.

### ▪ **Desperdicio del aserrín de shihuahuaco**

Si el maderero no aprovecha el aserrín del *shihuahuaco*, está desperdiciando un recurso de alto valor socio-económico que podría brindar a su industria un valor agregado insospechado. En efecto, se sabe que esta especie ofrece numerosas posibilidades de industrialización, especialmente de las partes no maderables.

Entre las características saltantes figura, por ejemplo.

#### ✓ **Capacidad calorífica**

El aserrín del *shihuahuaco* es un recurso de un alto poder calorífico gracias a la densidad básica de la madera que bordea  $0.78 \text{ g/cm}^3$  y el alto contenido de extracto etéreo favorece una combustión como se demostró en la cocina mejorada. Esta capacidad de combustión es la misma exigencia para su uso como insumo en la fabricación de briquetas. De igual modo la capacidad calorífica fija el uso como leña muy codiciada por las amas de casa especialmente en áreas rurales.

### ✓ Industrias

Según Limache A. (2016), el aserrín de *shihuahuaco*, por su alto poder calorífico produce una ceniza blanquecina especial para la fabricación de lejía. Contiene oligoelementos como Hierro, Zinc, Cobre, Manganeso, Sodio y otros, de manera que el extracto es apto para la eliminación de las impurezas de la sangre. Gracias a la presencia de los flavonoides y la cumarina, tiene la propiedad de regenerar tejidos infectados, por ello, es útil para tratamiento de la artritis. Luego de obtener ácido piroleñoso se utiliza como abono foliar, fungicida, insecticida y otros.

### 3.2.7 Agenda para la investigación en aprovechamiento de aserrín

El aserrín es un recurso aprovechable en diversas formas. Si los madereros no lo hacen es porque desconocen sus posibles usos. Para utilizar con propiedad este recurso es importante desarrollar un proceso de investigación en temas puntuales, entre ellos están:

#### ▪ Crianza de pollos

Se ha observado que los avicultores utilizan la viruta de *bolaína blanca* para la crianza de los pollos BB, cuando no hay viruta, lo reemplazan con el aserrín. Con la viruta de otras especies los pollitos se asfixian pronto y mueren de manera inexplicable. Al respecto, los temas de investigación estarían en identificar las especies aptas o compatibles para la crianza de pollitos. Como antecedente, Martínez de Cririnos y Bohorquez (1996), al estudiar la prevalencia de coccidiosis y otras enfermedades asociados al tipo de cama: viruta, concha de arroz, aserrín y arena, encontraron quistes en un 29.9 % y tipos de *Eimeria* en 51.08 %. Afirman que en pollos de 5 a 6 semanas la infección es mayor y genera una alta mortandad en las granjas.

#### ▪ Camas profundas

En las granjas de cerdos y de vacunos lechero, generalmente se emplea el agua como elemento de limpieza, pero existen lugares donde el agua es escaso. Entonces los criadores han adoptado el sistema de cama profunda, que implica el uso de capas de viruta o aserrín que absorbe la orina y las heces. Con este método controlan la emisión de metano, por ende, del olor que emana de la descomposición de los residuos. El detalle es saber o reconocer el aserrín de la especie que tolera el cerdo. Este mismo principio se requiere para la crianza de vacunos de leche.

#### ▪ Abono

Al descomponerse el aserrín, de los desechos de las camas profundas en pozas especiales, resulta el compost, especial para abonar cultivos agrícolas o mejorar los suelos degradados. Sin embargo, por la naturaleza de los alimentos utilizados y el proceso de digestión de los animales, cada compuesto es apto para un determinado cultivo. Entonces queda por identificar el efecto del abono, por ejemplo, de la cama profunda en cultivos de pan llevar, como maíz, arroz, yuca, plátano, pepino y otros.

#### ▪ Tableros aglomerados

Cuando el aserrín procede de una sola especie, como en el caso de los pinos, existen tecnologías como el tablero aglomerado o madera prensada que utiliza grandes volúmenes de este recurso.

El problema se presenta en mezclas de aserrín, como en el caso de Pucallpa, donde cada tipo de aserrín tiene un uso específico. En consecuencia, lo que falta identificar es la relación de especies cuyo aserrín es apto para fabricar tableros aglomerados.

#### ▪ **Calderos**

Se ha observado que la industria de secado de la madera incluye al aserrín como cobertura de la ruma de madera que evita la fuga brusca del calor. En este sentido es atinado investigar las especies que secan en menor tiempo con cobertura de determinados tipos de aserrín. En otras palabras, se requiere la identificación de tipos de aserrín para utilizar como cobertura en la industria del secado de la madera.

#### ▪ **Ladrilleras**

Las ladrilleras, al igual que en el secado de la madera, utilizan aserrín como cobertura para quemar rumas de ladrillos. Se dice que el aserrín de *shihuahuaco* es excelente para este propósito. Habría que comprobar la aptitud de otras especies, sobre todo, los de baja densidad básica para este fin.

#### ▪ **Otras industrias**

El problema es el desconocimiento de técnicas para aprovechar el aserrín que producen los madereros de Pucallpa. Entonces, es necesario programar y desarrollar un conjunto de investigaciones para darle el uso adecuado. De esta manera se creará industrias basados en el uso del aserrín como insumo.

### **3.2.8 Aporte del estudio a la ciencia**

El estudio “*Utilización del aserrín en cocinas mejoradas de Pucallpa – Perú*”, demuestra que el aserrín seguirá acumulándose y quemándose en los aserraderos porque no es eficaz para utilizarlo como combustible en cocinas mejoradas. La cocina mejorada en cambio es eficaz sólo para aserrín de especies con alta densidad básica.

A continuación, se citan otros aportes:

#### ▪ **Demuestra el valor socio económico del aserrín**

Hace notar que el aserrín es un recurso que se desperdicia por no priorizar una investigación que identifique la industria que va a utilizarlo como insumo. Propone diversos temas de investigación cuya ejecución derivará en su uso al cien por ciento. En cuanto ocurra este caso se demostrará el valor socio-económico de este recurso y este requiere prioridad, más dinero.

#### ▪ **Abre un panorama socio económico para el aserrín**

Los madereros queman el aserrín porque su costo ya está pagado. A la fecha es considerado como un residuo o sobrante de la industria maderera. Por consiguiente, si se le da uso industrial, prácticamente se dará un valor agregado a las madereras.

- **Propone el uso industrial integral de la madera**

Al proponer a la cocina mejorada como factor de consumo del aserrín, se pensó que contribuiría al uso integral de la madera. Sin embargo, al haber comprobado que el uso del aserrín es específico, sólo se demuestra que hay necesidad de crear otras actividades para utilizar el aserrín.

- **Enriquece la investigación científica**

Es importante esta investigación, pues es un avance sustancial sobre el aprovechamiento del aserrín. También es importante hacer notar que la cocina mejorada no tiene ningún problema para utilizar el aserrín como combustible. El problema está en la especificidad del aserrín, es decir, que no es posible utilizar el 100 % del aserrín como combustible para una cocina mejorada.

## CONCLUSIONES

1. El volumen que hizo hervir el aserrín fresco de *shihuahuaco* fue de 20 litros; de *quinilla*, 15 litros; *capirona*, 15 litros; *tornillo*, 8 litros; *cachimbo*, 7 litros; *cumala*, 6 litros; *bolaína blanca* 5 litros; *capinurí*, 2 litros; y *catahua*, 2 litros, respectivamente.
2. El número de litros hervidos por efecto del contenido de humedad del aserrín fue: aserrín fresco 9 litros de agua en promedio; y aserrín seco, 14 litros.
3. El agua hervida en función a la densidad básica (DB) del aserrín seco fue DB alta, 25 litros, DB media 13 litros y DB baja 4 litros.
4. El aserrín que produce la industria maderera es heterogéneo, no es posible comparar aserrín de *bolaína blanca* aserrado por sierra cinta y sierra disco. Lo contrario ocurre con *shihuahuaco*.
5. La combustión del aserrín no depende de la compactación sino de la densidad básica de la madera de cada especie.
6. El número de litros hervidos en función a la mezcla de aserrín fue: La mezcla de *quinilla*, *cachimbo*, *bolaína blanca* y *cumala*, hizo hervir 17 litros. Las mezclas de *Quinilla* + *capinurí* + *catahua* 13; *capirona* + *capinurí* + *catahua* 12; y, *tornillo* + *capinurí* + *catahua* 5 litros.

## SUGERENCIAS

1. Para combustible de las cocinas mejoradas, se recomienda utilizar el aserrín de *shihuahuaco*, *quinilla* y *capirona*.
2. Es mejor utilizar el aserrín seco en lugar del aserrín fresco.
3. Utilizar el aserrín en función a su densidad básica alta.



## GLOSARIO

### ▪ **Biomasa**

Como dice García (2000), la biomasa es cualquier cosa que esté viva o que estuvo vivo hace poco tiempo. Los árboles, las cosechas, la basura y el excremento de los animales son considerados como biomasa. La mayor parte de la biomasa que se utiliza como fuente de energía hoy día procede de la madera. La biomasa obtiene su energía del sol. Las plantas acumulan la energía del sol en sus hojas y en sus raíces. Cuando se come biomasa se usa su energía para moverse y para crecer. También se transforma la energía de la biomasa en gas y en combustible líquido.

### ▪ **Calor**

Para Kreith, et al (2012), la energía es la fuerza que pasa de un cuerpo a otro provocando equilibrio de sus temperaturas. Se dice calor latente cuando la energía es generada por un cambio de fase de un elemento o compuesto. Es sensible cuando el calor se percibe en un elemento o compuesto. Es de combustión cuando el calor ocurre por desprendimiento de energía durante la quema.

### ▪ **Capacidad Calorífica**

Es la energía necesaria para aumentar una unidad de temperatura de una determinada sustancia. Indica la mayor o menor dificultad que presenta dicho cuerpo para generar cambio de temperatura bajo el suministro de calor. Su magnitud depende, no solo de la sustancia, sino también de la cantidad de materia del cuerpo o sistema; por ello, es característica de un cuerpo o sistema particular.

La capacidad calorífica no debe ser confundida con la capacidad calorífica específica o calor específico, el cual es la propiedad intensiva que se refiere a la capacidad de un cuerpo «para almacenar calor», y es el cociente entre la capacidad calorífica y la masa del objeto. El calor específico es una propiedad característica de las sustancias y depende de las mismas variables que la capacidad calorífica.

### ▪ **Combustible y combustión**

Combustible es la sustancia o compuesto capaz de combinarse con un cuerpo oxidante para generar energía. Combustión es la reacción química entre el oxígeno y un material oxidable, con desprendimiento de energía y que habitualmente se manifiesta por incandescencia o llama (Marquez (2005)).

### ▪ **Conducción y convección**

Kreith, et al (2012), afirma que la conducción es la acción o efecto de conducir a través de paredes. La convección es el transporte en un fluido de una magnitud física, como masa, electricidad o calor, por desplazamiento de sus moléculas debido a diferencias de densidad.

### ▪ **Densidad de la madera**

La densidad se expresa como el cociente formado por la masa y su volumen. En la madera, por ser higroscópica, la masa y el volumen varían con el contenido de humedad; por tanto, debe expresarse la condición bajo la cual se obtiene la densidad. Está relacionada con propiedades mecánicas y durabilidad de la madera.

Valencia y Vargas (1997), describen tres tipos de densidades para la madera: Densidad Anhidra: Relación de la masa y el volumen de la madera anhidra (completamente seca). Densidad Normal: Relación de masa y el volumen de la madera con un contenido de humedad del 12 %. Densidad Nominal: Relación de la masa anhidra de la madera y su volumen con un contenido de humedad del 12 %.

### ▪ **Densidad básica**

Es el cociente formado por la masa y su respectivo volumen, se dice densidad básica porque se relaciona la masa anhidra de la madera y su volumen con humedad igual o superior al 30 %. Otros denominan como Peso Específico Básico.

### ▪ **Energía**

La energía es una propiedad asociada a los objetos y sustancias y se manifiesta en las transformaciones que ocurren en la naturaleza. Se manifiesta en los cambios físicos, por ejemplo, al elevar un objeto, transportarlo, deformarlo o calentarlo. Solbes y Tarín, (2004), afirman que la energía está presente también en los cambios químicos, como al quemar un trozo de madera o en la descomposición de agua mediante la corriente eléctrica. Se observa que las plantas crecen, los animales se trasladan y que las máquinas y herramientas realizan las más variadas tareas. Todas estas actividades tienen en común que precisan del concurso de la energía.

### ▪ **Estufa**

Aristizábal (2010), sostiene que la estufa es un artefacto en donde se realiza la combustión con fines de cocina. Se dice mejorada porque es un sistema que quema combustible de una manera más eficiente que una estufa de tres piedras (fogón abierto) en el que se produce calor por combustión para uso inmediato en la cocina.

### ▪ **Impacto Ambiental**

Torres (2008), lo define como un cambio, modificación o alteración de los elementos del ambiente o de las relaciones entre ellos, causada por una o varias acciones. Puede ser potencial cuando ocurre por proyección del clima sin tener en cuenta la adaptación.

## ▪ Leña

Quiroz y Orellana (2010), al analizar el patrón de preferencias en el uso de leña combustible, encontró un consumo de 1,26 y 2,89 kg/día/habitante. La leña se extrae de la vegetación aledaña, la milpa y el solar. La colecta se hace a una distancia promedio de 3,8 km respecto a la vivienda como material seco desprendido o seco en pie. Los usos fundamentales son la cocción de alimentos y calentamiento de agua de baño.

Las especies más usadas como combustible son: *Acacia gaumeri*, *Havardia albicans*, *Lysiloma latisiliquum*, *Gymnopodium floribundum*, *Bursera simaruba*, *Caesalpinia gaumeri*, *Conocarpus erectus* y *Piscidia piscipula*. Parte de los árboles se destina a la lumbre. Ésta en el proceso de combustión emite gas y forma una llama que es una masa gaseosa que se eleva de la leña que arde y despiden luz de varios colores.

## ▪ Mecanismo de desarrollo limpio (MDL)

El MDL, constituyen acciones orientados a reducir los GEI como el secuestro de carbono fuera de su territorio. Las reducciones de las emisiones resultado de los proyectos son contabilizadas en forma de Certificado de la Reducción de Emisiones (CREs). Flores, et al (2008), afirma que a través del programa de MDL se podría negociar los CREs para que los países industrializados cumplan las metas estipuladas en el Protocolo de Kyoto, y aporten el recurso necesario para estar a la vanguardia tecnológica en la utilización de desechos orgánicos para la generación de energía y reducción de gases efecto invernadero en ellos la emisión de humo.

## ▪ Transferencia de Calor

Batista (2015), define que la transferencia de calor como el paso de energía térmica desde un cuerpo de mayor temperatura (caliente) a otro de menor temperatura (frío), como resultado de la segunda ley de la termodinámica, que establece que el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, hasta lograr un equilibrio térmico. El intercambiador de calor es el componente esencial de muchos de los artefactos que usamos a diario en casas, oficinas, industrias o medios de transporte como los dispositivos de calefacción, refrigeración, acondicionamiento de aire, producción de energía y procesamiento químico.

## ▪ Vulnerabilidad

La vulnerabilidad es el conjunto de condiciones ambientales, sociales, económicas, políticas y educativas que hacen que una comunidad esté más o menos expuesta a un desastre. En este caso la población que utiliza leña para preparar su alimento es la vulnerable. Si no se toma acciones al respecto causará impacto con la deforestación de bosques secundarios. Para Doornbos (2009), la vulnerabilidad se origina en la pobreza extrema, condiciones de inequidad, priorización económica de la agricultura, urbanización en zonas de mayor riesgo y una débil institucionalidad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarez (1999). *Perspectivas de aprovechamiento del aserrín mediante su transformación hidrolítica y como fuente de Biomasa para diversos fines*. Pinar del Río - Cuba: Tesis de Doctorado en Ciencias Forestales - Universidad de Pinar del Río.
- Aristizábal, J. (2010). Estufas mejoradas y bancos de leña: una alternativa de autoabastecimiento energético a nivel de finca para comunidades dependientes de los bosques de roble de la cordillera oriental. *Colombia Forestal Vol. 13 (2)*;, 245 -265.
- Baluarte, V., y Aróstegui, V. (1991). Usos probables de las maderas de 20 especies del Departamento de Loreto. *Folia Amazónica IIAP - Vol N° 3*, 59 -79.
- Batista, M. (2015). Transferencia de Calor . *Revistas Académicas UTP Vol 25 N° 1*.
- Calzada, J. (1975). *Métodos Estadísticos*. Lima: LIMUSA.
- Céleri, D. (2008). *Diseño y construcción de un generador de aire caliente con residuos de palma africana*. Quito - Ecuador: Tesis de la Universidad San Francisco de Quito.
- Del Valle, S. (2005). *Determinación de la eficiencia termodinámica máxima y de combustión de la estufa mejorada "Doña Justa"*. Guatemala: Tesis de la Facultad de Ingeniería - Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Doornbos, B. (2009). *¿Cómo promover la adaptación al cambio climático en la gestión del agua en zonas rurales?* Yucay - Perú: Secretaría Técnica ASOCAM - Intercooperation. Auspiciado por COSUDE y PACC/PNUD-GEF/MAE.
- Flores, R. M. (et al 2008). Estimación de la generación de energía a partir de biomasa para proyectos del programa de mecanismo de desarrollo limpio. *Revista Mexicana de Ingeniería Química Vol.7 N° .1*.
- García, D. (2000). Acción del análogo de brasinoesteroides MH5 y de la kinetina en la formación de biomasa en callos de *Coffea canephora* Var. Robusta. *Cultivos tropicales Vol 21 N° 3*, 39 - 45.
- Kreith, F. M. (et al 2012). *Principios de la transferencia de calor*. Australia - Brasil - Corea - España - EEUU - Japón - México - Singapur: CENGAGE Learning.
- Lima, L. (2013). *Evaluación de la composición química y propiedades físicas de madera y corteza de cuatro coníferas para la producción de bioenergía*. Linares- Nuevo León - México: Tesis de Maestría de la Facultad de Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Limache, A. (2015). Sustento de la medicina natural para el tratamiento de la artritis con extracto de la corteza de *Dipteryx odorata* (Aublet.) Willd. (Shihuahuaco). *En prensa*.
- Limache, A. (2016). *Diagnóstico de bionegocios basados en el uso de las partes no maderables del Dipteryx odorata Aublet (Willd), Shihuahuaco*. Pucallpa - Perú.: Impreso - DGII-UNU.
- Lopez, M. M. (et al 2014). Enfermedad pulmonar obstructiva crónica por exposición al humo de biomasa . *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica Vol. 31 N° .1*.
- Lora, D. (2011). *DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UNA*. San José de Costa Rica.: Tesis de Maestría - Universidad para la Cooperación Internacional.

- Marquez, M. (2005). *Combustion y quemadores*. Gran vía de la Cortes Catalanes - España: MARCOMBO.
- Martínez de Cririnos, N., y Bohorquez, N. (1996). Prevalencia y factores asociados a la coccidiosis en pollos de engorde. *Revista CIENTIFICA Vol 4 N° 1*, 25 - 36.
- Mejía, F. (2011). *Implicaciones ambientales del uso de leña como combustible doméstico en la zona ruaral de USME*. Bogotá - Colombia: Tesis de postgrado, Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de Colombia.
- Palacios, W. (2004). Forest species communities in tropical rain forests of Ecuador. *IYONIA. a journal of ecology and aplicación Vol 7 N° 1*, 34 - 40.
- Quiroz, J., y Orellana, R. (2010). Uso y manejo de leña combustible en viviendas de seis localidades de Yucatán, México. *Revista MADERA Y BOSQUE Vol 16 N° 2*, 47 - 67.
- Regalado, Z. (2007). *Nuevo proyecto para utilizar el aserrín de forma ecológica*. Pinar del Río - Cuba: Diario de la Juventud rebelde.
- Relova, I. H. (et, al s.f). *Potencial de aserrín de la Industria del aserrado de Pinus caribaea Var. caribaea con fines energéticos*. Pinar de Río - Cuba: CIGET - Pinar.
- Rojas, M., y Verdecia, U. (2011). *Conversión de los desechos generados en los aserraderos y carpinterías en paneles aserrín - cemento*. Santiago de Cuba: AGRIS Search - Universidad de Granma, Bayamo - Granma - Cuba.
- Sánchez, E., y Pasache, M. (2013). *Análisis de caso de estudio del uso de briquetas de aserrín en familias que usan leña y carbón en la zona de Piura y Sullana Perú*. Cancún - México: Ponencia presentada en el XI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, Cancún, México.
- Seijas, S. S. (et al 2014). Optimización del proceso de densificación de desechos lignocelulósicos para la conformación de pellets energéticos. *Revista SCIENDE Vol 17 N° 1*.
- Solbes, J., y Tarín, F. (2004). La conservación de la energía: Una propuesta y unos resultados. *Enseñanza de las Ciencias Vol 22 N° 2*, 185 - 194.
- Soto, G. y. (2008). Fabricación de pellets de carbonilla, usando aserrín de Pinus radiata (D. Don), como material aglomerante. *Madera: Ciencia y tecnología. 10(2)*, 129 - 137.
- Torres, J. (2008). *Adaptación al cambio climático. De los frios a los calores en los Andes*. Lima - Perú.: SOLUCIONES PRACTICAS. ITDG.
- Valderrama, A. C. (et al 2,007). *Briquetas de residuos sólidos orgánicos como fuente de energía calorífica en cocinas convencionales*. Lima - Perú: VII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica, Eléctrica y Ramas Afines - UNMSM.
- Valencia, M., y Vargas, H. (1997). Método empírico para estimar densidad básica en muestras pequeñas de madera. *Madera y Bosques Vol 3 N° 1*, 81 - 87.

## ANEXOS

### Anexo 1.



*Recolectando aserrín de la especie Capinurí*



*Acopio de aserrín de la especie Cumala*



*Abastecimiento de aserrín de la especie Bolaina Blanca*



*Suministro de aserrín de la especie Shihuahuaco*



*Provisión de aserrín de la especie Tornillo*



*Abastecimiento de aserrín de la especie Capiróna*



*Acopio de aserrín de las especies en estudio*



*Llenando y compactándole el aserrín a la cocina mejorada*



*Cocina llena de aserrín*



*Cocinas mejoradas lista para su funcionamiento*

## Anexo 2

Capacidad de combustión del aserrín fresco de especies forestales en cocinas mejoradas.

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 16 | 16 | 2  | 8  | 18 | 8  | 2  | 4  | 6  |
| R2   | 14 | 16 | 2  | 4  | 22 | 8  | 2  | 6  | 6  |
| R3   | 16 | 14 | 2  | 6  | 20 | 8  | 2  | 6  | 10 |
| Suma | 46 | 46 | 6  | 18 | 60 | 24 | 6  | 16 | 22 |
| Prom | 15 | 15 | 2  | 6  | 20 | 8  | 2  | 5  | 7  |

|     |                |                                      |
|-----|----------------|--------------------------------------|
| T1, | Quinilla       | Código de identificación en costales |
| T2, | Capirona       | 0 Quinilla                           |
| T3, | Catahua        | 1 Capinurí                           |
| T4, | Cumala         | 2 Cumala                             |
| T5, | Shihuahuaco    | 3 Bolaina blanca                     |
| T6, | Tornillo       | 4 Capirona                           |
| T7, | Capinurí       | 5 Catahua                            |
| T8, | Bolaina blanca | 6 Cachimbo                           |
| T9, | Cachimbo       | 7 Shihuahuaco                        |
|     |                | 8 Tornillo                           |

Tiempo de hervor de un litro de agua (minutos)

|      | T1 | T2 | T3  | T4 | T5 | T6 | T7  | T8 | T9 |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| R1   | 10 | 11 | 24  | 25 | 16 | 22 | 108 | 17 | 16 |
| R2   | 15 | 21 | 210 | 18 | 13 | 21 | 120 | 30 | 26 |
| R3   | 12 | 13 | 78  | 17 | 14 | 31 | 110 | 31 | 20 |
| Suma | 37 | 44 | 312 | 60 | 43 | 74 | 338 | 78 | 62 |
| Prom | 12 | 15 | 104 | 20 | 14 | 25 | 113 | 26 | 21 |

Horas de trabajo empleado en el ensayo

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 6  | 3  | 1  | 5  | 7  | 5  | 2  | 2  | 2  |
| R2   | 5  | 6  | 3  | 2  | 5  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| R3   | 5  | 3  | 2  | 2  | 5  | 4  | 2  | 4  | 3  |
| Suma | 16 | 12 | 6  | 9  | 17 | 12 | 6  | 9  | 8  |
| Prom | 5  | 4  | 2  | 3  | 6  | 4  | 2  | 3  | 3  |

Volumen de agua hervida con aserrín fresco (Litros)

|      | Fresco |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|      | T1     | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| R1   | 16     | 16 | 2  | 8  | 18 | 8  | 2  | 4  | 6  |
| R2   | 14     | 16 | 2  | 4  | 22 | 8  | 2  | 6  | 6  |
| R3   | 16     | 14 | 2  | 6  | 20 | 8  | 2  | 6  | 10 |
| Suma | 46     | 46 | 6  | 18 | 60 | 24 | 6  | 16 | 22 |
| Prom | 15     | 15 | 2  | 6  | 20 | 8  | 2  | 5  | 7  |

- T1, Quinilla  
 T2, Capirona  
 T3, Catahua  
 T4, Cumala  
 T5, Shihuahuaco  
 T6, Tornillo  
 T7, Capinurí  
 T8, Bolaina blanca  
 T9, Cachimbo

Tiempo que demora el aserrín fresco en hervir un litro de agua (Minutos)

|      | T1 | T2 | T3  | T4 | T5 | T6 | T7  | T8 | T9 |
|------|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|
| R1   | 10 | 11 | 24  | 25 | 16 | 22 | 108 | 17 | 16 |
| R2   | 15 | 21 | 210 | 18 | 13 | 21 | 120 | 30 | 26 |
| R3   | 12 | 13 | 78  | 17 | 14 | 31 | 110 | 31 | 20 |
| Suma | 37 | 44 | 312 | 60 | 43 | 74 | 338 | 78 | 62 |
| Prom | 12 | 15 | 104 | 20 | 14 | 25 | 113 | 26 | 21 |

Horas de trabajo empleado en el ensayo

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 6  | 3  | 1  | 5  | 7  | 5  | 2  | 2  | 2  |
| R2   | 5  | 6  | 3  | 2  | 5  | 3  | 2  | 3  | 3  |
| R3   | 5  | 3  | 2  | 2  | 5  | 4  | 2  | 4  | 3  |
| Suma | 16 | 12 | 6  | 9  | 17 | 12 | 6  | 9  | 8  |
| Prom | 5  | 4  | 2  | 3  | 6  | 4  | 2  | 3  | 3  |

Volumen de agua hervida (Litros)

|    | Especie        | Fresco | Seco | Diferencia | Promedio |
|----|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1 | Quinilla       | 15     | 24   | 9          | 20       |
| T2 | Capirona       | 15     | 18   | 3          | 17       |
| T3 | Catahua        | 2      | 2    | 0          | 2        |
| T4 | Cumala         | 6      | 8    | 2          | 7        |
| T5 | Shihuahuaco    | 20     | 34   | 14         | 27       |
| T6 | Tornillo       | 8      | 17   | 9          | 13       |
| T7 | Capinurí       | 2      | 4    | 2          | 3        |
| T8 | Bolaina blanca | 5      | 6    | 1          | 6        |
| T9 | Cachimbo       | 7      | 13   | 6          | 10       |
|    | Suma           | 80     | 126  | 46         |          |
|    | Promedio       | 9      | 14   | 5          |          |

Tiempo que hierve un litro de agua (Minutos)

|    | Especie        | Fresco | Seco | Diferencia | Promedio |
|----|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1 | Quinilla       | 12     | 12   | 0          | 12       |
| T2 | Capirona       | 15     | 12   | 3          | 14       |
| T3 | Catahua        | 104    | 21   | 83         | 63       |
| T4 | Cumala         | 20     | 17   | 3          | 19       |
| T5 | Shihuahuaco    | 14     | 10   | 4          | 12       |
| T6 | Tornillo       | 25     | 16   | 9          | 21       |
| T7 | Capinurí       | 113    | 15   | 98         | 64       |
| T8 | Bolaina blanca | 26     | 12   | 14         | 19       |
| T9 | Cachimbo       | 21     | 13   | 8          | 17       |
|    | Suma           | 350    | 128  | 222        |          |
|    | Promedio       | 39     | 14   | 25         |          |

Tiempo que dura la combustión del aserrín (Horas)

| Clave | Especie        | Fresco | seco | Diferencia | Promedio |
|-------|----------------|--------|------|------------|----------|
| T1    | Quinilla       | 5      | 5    | 0          | 5        |
| T2    | Capirona       | 4      | 3    | 1          | 4        |
| T3    | Catahua        | 2      | 1    | 1          | 2        |
| T4    | Cumala         | 3      | 2    | 1          | 3        |
| T5    | Shihuahuaco    | 6      | 7    | -1         | 7        |
| T6    | Tornillo       | 4      | 4    | 0          | 4        |
| T7    | Capinurí       | 2      | 2    | 0          | 2        |
| T8    | Bolaina blanca | 3      | 2    | 1          | 3        |
| T9    | Cachimbo       | 3      | 3    | 0          | 3        |
|       | Suma           | 32     | 29   | 3          |          |
|       | Promedio       | 4      | 3    | 0          |          |

### Relación de Tratamientos

|     |                |
|-----|----------------|
| T1, | Quinilla       |
| T2, | Capirona       |
| T3, | Catahua        |
| T4, | Cumala         |
| T5, | Shihuahuaco    |
| T6, | Tornillo       |
| T7, | Capinuri       |
| T8, | Bolaina blanca |
| T9, | Cachimbo       |

### Capacidad de combustión del aserrín seco de especies en cocinas mejoradas

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5  | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|
| R1   | 26 | 18 | 2  | 8  | 32  | 18 | 4  | 6  | 12 |
| R2   | 26 | 16 | 2  | 8  | 34  | 14 | 4  | 4  | 14 |
| R3   | 20 | 20 | 2  | 8  | 36  | 20 | 4  | 8  | 14 |
| Suma | 72 | 54 | 6  | 24 | 102 | 52 | 12 | 18 | 40 |
| Prom | 24 | 18 | 2  | 8  | 34  | 17 | 4  | 6  | 13 |

### Tiempo de hervor de un litro de agua (minutos)

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 12 | 11 | 23 | 15 | 12 | 17 | 16 | 9  | 12 |
| R2   | 11 | 16 | 22 | 19 | 11 | 15 | 15 | 8  | 13 |
| R3   | 14 | 8  | 20 | 16 | 9  | 15 | 14 | 20 | 14 |
| Suma | 37 | 36 | 64 | 50 | 31 | 48 | 45 | 37 | 38 |
| Prom | 12 | 12 | 21 | 17 | 10 | 16 | 15 | 12 | 13 |

### Horas de trabajo empleado en el ensayo

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 5  | 4  | 1  | 2  | 7  | 4  | 2  | 2  | 2  |
| R2   | 5  | 3  | 1  | 2  | 7  | 3  | 2  | 1  | 3  |
| R3   | 5  | 3  | 1  | 2  | 6  | 4  | 2  | 3  | 3  |
| Suma | 15 | 10 | 3  | 6  | 20 | 11 | 6  | 6  | 8  |
| Prom | 5  | 3  | 1  | 2  | 7  | 4  | 2  | 2  | 3  |

| DB  | Promedios | Especies    |          |          |
|-----|-----------|-------------|----------|----------|
|     | 0.70 a    |             |          |          |
| DBA | 0.89      | Shihuahuaco | Quinilla | Capirona |
|     | 0.50 a    |             |          |          |
| DBM | 0.69      | Tornillo    | Cachimbo | Cumala   |
|     | 0.30 a    | Bolaina     |          |          |
| DBB | 0.49      | blanca      | Capinurí | Catahua  |

#### Litros

| Repetición | DB alta | DB media | DB baja |
|------------|---------|----------|---------|
| R1         | 25      | 13       | 4       |
| R2         | 25      | 12       | 3       |
| R3         | 25      | 14       | 5       |
| Suma       | 76      | 39       | 12      |
| Promedio   | 25      | 13       | 4       |

#### Minutos

| Repetición | DB alta | DB media | DB baja |
|------------|---------|----------|---------|
| R1         | 12      | 15       | 16      |
| R2         | 13      | 16       | 15      |
| R3         | 10      | 15       | 18      |
| Suma       | 35      | 45       | 49      |
| Promedio   | 12      | 15       | 16      |

#### Horas

| Repetición | DB alta | DB media | DB baja |
|------------|---------|----------|---------|
| R1         | 5       | 3        | 2       |
| R2         | 5       | 3        | 1       |
| R3         | 5       | 3        | 2       |
| Suma       | 15      | 8        | 5       |
| Promedio   | 5       | 3        | 2       |

| DB       | Litros | Minutos | Horas |
|----------|--------|---------|-------|
| DB alta  | 25     | 12      | 5     |
| DB media | 13     | 15      | 3     |
| DB baja  | 4      | 16      | 2     |
| Suma     | 42     | 43      | 10    |
| Promedio | 14     | 14      | 3     |

## Litros

| Items | Densidad Básica Alta |          |          |          | Densidad Básica Media |        |         |         |          |
|-------|----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|--------|---------|---------|----------|
|       | Shihuahuaco          | Quinilla | Capirona | Cachimbo | Tornillo              | Cumala | Bolaína | Catahua | Capinurí |
| DB    | 0.91                 | 0.87     | 0.76     | 0.59     | 0.45                  | 0.45   | 0.41    | 0.41    | 0.37     |
| R1    | 32                   | 26       | 18       | 12       | 18                    | 8      | 6       | 2       | 4        |
| R2    | 34                   | 26       | 16       | 14       | 14                    | 8      | 4       | 2       | 4        |
| R3    | 36                   | 20       | 20       | 14       | 20                    | 8      | 8       | 2       | 4        |
| Suma  | 102                  | 72       | 54       | 40       | 52                    | 24     | 18      | 6       | 12       |
| Prom  | 34                   | 24       | 18       | 13       | 17                    | 8      | 6       | 2       | 4        |
| DB    | 76                   |          |          | 39       |                       |        | 12      |         |          |
| Prom  | 25                   |          |          | 13       |                       |        | 4       |         |          |

## Tiempo

|      | DBA |     |        |      | DBM |     |      |     |       |
|------|-----|-----|--------|------|-----|-----|------|-----|-------|
|      | Shi | Qui | Capiro | Cach | Tor | Cum | Bbla | Cat | Capin |
| R1   | 12  | 12  | 11     | 12   | 17  | 15  | 9    | 23  | 16    |
| R2   | 11  | 11  | 16     | 13   | 15  | 19  | 8    | 22  | 15    |
| R3   | 9   | 14  | 8      | 14   | 15  | 16  | 20   | 20  | 14    |
| Suma | 31  | 37  | 36     | 38   | 48  | 50  | 37   | 64  | 45    |
| Prom | 10  | 12  | 12     | 13   | 16  | 17  | 12   | 21  | 15    |
| DB   | 35  |     |        | 45   |     |     | 49   |     |       |
| Prom | 12  |     |        | 15   |     |     | 16   |     |       |

## Horas

| Sp                         | Densidad Básica Alta |          |          |          | Densidad Básica Media |        |         |         |          |
|----------------------------|----------------------|----------|----------|----------|-----------------------|--------|---------|---------|----------|
|                            | Shihuahuaco          | Quinilla | Capirona | Cachimbo | Tornillo              | Cumala | Bolaína | Catahua | Capinurí |
| DB<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 0.91                 | 0.87     | 0.76     | 0.59     | 0.45                  | 0.45   | 0.41    | 0.41    | 0.37     |
| R1                         | 7                    | 5        | 4        | 2        | 4                     | 2      | 2       | 1       | 2        |
| R2                         | 7                    | 5        | 3        | 3        | 3                     | 2      | 1       | 1       | 1        |
| R3                         | 6                    | 5        | 3        | 3        | 4                     | 2      | 3       | 1       | 3        |
| Suma                       | 20                   | 15       | 10       | 8        | 11                    | 6      | 6       | 3       | 6        |
| Prom                       | 7                    | 5        | 3        | 3        | 4                     | 2      | 2       | 1       | 2        |
| DB                         | 15                   |          |          | 8        |                       |        | 5       |         |          |
| Prom                       | 5                    |          |          | 3        |                       |        | 2       |         |          |

\*DB = gr/cm<sup>3</sup>

## Mezclas de especies

### Densidades

- T1 Quininilla + catahua + capinurí  
 T2 Capirona + catahua + capinurí  
 T3 Tornillo + catahua + capinurí  
 Quininilla + cachimbo + cumala +  
 T4 bolaína  
 Capirona + cachimbo + cumala +  
 T5 bolaína  
 T6 Tornillo + cachimbo + cumala + bolaína  
 T7 Quininilla + tornillo + capirona + catahua + capinurí  
 Quininilla + tornillo + capirona + cachimbo + cumala +  
 T8 bolaina  
 Quininilla + tornillo + capirona + cachimbo + cumala + bolaína + catahua +  
 T9 capinurí

### Cantidad de agua hervida (litros) en función a mezclas de aserrín seco

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 12 | 14 | 4  | 18 | 16 | 14 | 14 | 14 | 16 |
| R2   | 10 | 14 | 6  | 16 | 14 | 14 | 18 | 14 | 16 |
| R3   | 14 | 12 | 4  | 16 | 16 | 14 | 16 | 14 | 14 |
| Suma | 36 | 40 | 14 | 50 | 46 | 42 | 48 | 42 | 46 |
| Prom | 12 | 13 | 5  | 17 | 15 | 14 | 16 | 14 | 15 |

### Tiempo (minutos) de hervor por cada litro de agua

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 12 | 11 | 21 | 13 | 11 | 13 | 15 | 13 | 14 |
| R2   | 12 | 9  | 23 | 11 | 16 | 11 | 11 | 11 | 13 |
| R3   | 10 | 9  | 32 | 12 | 14 | 14 | 18 | 13 | 15 |
| Suma | 33 | 29 | 76 | 36 | 40 | 38 | 44 | 37 | 41 |
| Prom | 11 | 10 | 25 | 12 | 13 | 13 | 15 | 12 | 14 |

### Resistencia del potencial calorífico (horas).

(Desde el inicio del experimento hasta el último hervor).

|      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| R1   | 2  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  |
| R2   | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  |
| R3   | 2  | 2  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  |
| Suma | 6  | 8  | 9  | 10 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 |
| Prom | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |

| Indicadores evaluados                    | Tratamientos |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------------------------------------------|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                          | T1           | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |
| Vol,de agua hervida (litros)             | 12           | 13 | 5  | 17 | 15 | 14 | 16 | 14 | 15 |
| Minutos hierva un litro de agua          | 11           | 10 | 25 | 12 | 13 | 13 | 15 | 12 | 14 |
| Duración del fuego en la cocina mejorada | 2            | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |

### Especies utilizadas para el presente estudio

| Trat | N. común       | Nombre científico                       | Familia       | D. básica              |
|------|----------------|-----------------------------------------|---------------|------------------------|
| T1   | Quinilla       | Manilkara bidentata (A. DC.) A. Chev    | Sapotaceae    | 0.87 g/cm <sup>3</sup> |
| T2   | Capirona       | Calycophillum spruceanum (Bent.) Hook   | Rubiaceae     | 0.76 g/cm <sup>3</sup> |
| T3   | Catahua        | Hura crepitans                          |               | 0.41 g/cm <sup>3</sup> |
| T4   | Cumala         | Virola sp                               | Miristicaceae | 0.45 g/cm <sup>3</sup> |
| T5   | Shihuahuaco    | <i>Dipteryx odorata</i> (Aublet) Willd. | Fabaceae      | 0.91 g/cm <sup>3</sup> |
| T6   | Tornillo       | Cedrelinga catenaeformis D. Ducke       | Fabaceae -    | 0.45 g/cm <sup>3</sup> |
| T7   | Capinurí       | Maquira coriácea Karsten C.C. Berg      | Moraceae      | 0.37 g/cm <sup>3</sup> |
| T8   | Bolaina blanca | Guazuma crinita C. Martius              | Sterculiaceae | 0.41 g/cm <sup>3</sup> |
| T9   | Cachimbo       | Cariniana doméstica Martius             | Lecythidaceae | 0.59 g/cm <sup>3</sup> |

| Items | Tratamientos (Aserrín según sp y sus densidades básicas) |       |        |        |      |      |      |      |       |
|-------|----------------------------------------------------------|-------|--------|--------|------|------|------|------|-------|
|       | Shihua                                                   | Quini | Capiro | Cachim | Torn | Cum  | Bol  | Cat  | Capin |
| DB    | 0.91                                                     | 0.87  | 0.76   | 0.59   | 0.45 | 0.45 | 0.41 | 0.41 | 0.37  |
| R1    | 32                                                       | 26    | 18     | 12     | 18   | 8    | 6    | 2    | 4     |
| R2    | 34                                                       | 26    | 16     | 14     | 14   | 8    | 4    | 2    | 4     |
| R3    | 36                                                       | 20    | 20     | 14     | 20   | 8    | 8    | 2    | 4     |
| Suma  | 102                                                      | 72    | 54     | 40     | 52   | 24   | 18   | 6    | 12    |
| Prom  | 34                                                       | 24    | 18     | 13     | 17   | 8    | 6    | 2    | 4     |

TC = 5348

### ANVA

| Fte de var | SC   | Gl | CM     | Fc    | Ft | Sig |
|------------|------|----|--------|-------|----|-----|
| Tratam     | 2615 | 8  | 326.81 | 84.85 |    | NS  |
| Error      | 69   | 18 | 3.85   |       |    |     |
| Total      | 2684 | 26 |        |       |    |     |

| Respuesta del aserrín fresco como combustible de cocina mejorada |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|------------------------------------------------------------------|----------|----------|---------|--------|-------------|----------|----------|---------|----------|---------|
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
| Litros de agua hervida con aserrín fresco                        |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                               | 16       | 16       | 2       | 8      | 18          | 8        | 2        | 4       | 6        |         |
| R2                                                               | 14       | 16       | 2       | 4      | 22          | 8        | 2        | 6       | 6        |         |
| R3                                                               | 16       | 14       | 2       | 6      | 20          | 8        | 2        | 6       | 10       |         |
| Suma                                                             | 46       | 46       | 6       | 18     | 60          | 24       | 6        | 16      | 22       |         |
| Prom                                                             | 15       | 15       | 2       | 6      | 20          | 8        | 2        | 5       | 7        | Litros  |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
| Minutos empleados en hervir un litro de agua                     |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                               | 10       | 11       | 24      | 25     | 16          | 22       | 108      | 17      | 16       |         |
| R2                                                               | 15       | 21       | 210     | 18     | 13          | 21       | 120      | 30      | 26       |         |
| R3                                                               | 12       | 13       | 78      | 17     | 14          | 31       | 110      | 31      | 20       |         |
| Suma                                                             | 37       | 44       | 312     | 60     | 43          | 74       | 338      | 78      | 62       |         |
| Prom                                                             | 12       | 15       | 104     | 20     | 14          | 25       | 113      | 26      | 21       | Minutos |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
| Horas de combustión del aserrín freco                            |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                  | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                               | 6        | 3        | 1       | 5      | 7           | 5        | 2        | 2       | 2        |         |
| R2                                                               | 5        | 6        | 3       | 2      | 5           | 3        | 2        | 3       | 3        |         |
| R3                                                               | 5        | 3        | 2       | 2      | 5           | 4        | 2        | 4       | 3        |         |
| Suma                                                             | 16       | 12       | 6       | 9      | 17          | 12       | 6        | 9       | 8        |         |
| Prom                                                             | 5        | 4        | 2       | 3      | 6           | 4        | 2        | 3       | 3        | Horas   |
|                                                                  |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
| Trat.                                                            | T1       | T2       | T3      | T4     | T5          | T6       | T7       | T8      | T9       |         |

| Respuesta del aserrín seco como combustible de cocina mejorada |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|----------------------------------------------------------------|----------|----------|---------|--------|-------------|----------|----------|---------|----------|---------|
| Litros de agua hervida con aserrín seco                        |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                             | 26       | 18       | 2       | 8      | 32          | 18       | 4        | 6       | 12       |         |
| R2                                                             | 26       | 16       | 2       | 8      | 34          | 14       | 4        | 4       | 14       |         |
| R3                                                             | 20       | 20       | 2       | 8      | 36          | 20       | 4        | 8       | 14       |         |
| Suma                                                           | 72       | 54       | 6       | 24     | 102         | 52       | 12       | 18      | 40       |         |
| Prom                                                           | 24       | 18       | 2       | 8      | 34          | 17       | 4        | 6       | 13       | Litros  |
| Minutos empleados en hervir un litro de agua                   |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                             | 12       | 11       | 23      | 15     | 12          | 17       | 16       | 9       | 12       |         |
| R2                                                             | 11       | 16       | 22      | 19     | 11          | 15       | 15       | 8       | 13       |         |
| R3                                                             | 14       | 8        | 20      | 16     | 9           | 15       | 14       | 20      | 14       |         |
| Suma                                                           | 37       | 36       | 64      | 50     | 31          | 48       | 44.5     | 37      | 38       |         |
| Prom                                                           | 12       | 12       | 21      | 17     | 10          | 16       | 15       | 12      | 13       | Minutos |
| Horas de combustión del aserrín seco                           |          |          |         |        |             |          |          |         |          |         |
|                                                                | Quinilla | Capirona | Catahua | Cumala | Shihuahuaco | Tornillo | Capinurí | Bolaína | Cachimbo |         |
| R1                                                             | 5        | 4        | 1       | 2      | 7           | 4        | 2        | 2       | 2        |         |
| R2                                                             | 5        | 3        | 1       | 2      | 7           | 3        | 2        | 1       | 3        |         |
| R3                                                             | 5        | 3        | 1       | 2      | 6           | 4        | 2        | 3       | 3        |         |
| Suma                                                           | 15       | 10       | 3       | 6      | 20          | 11       | 6        | 6       | 8        |         |
| Prom                                                           | 5        | 3        | 1       | 2      | 7           | 4        | 2        | 2       | 3        | Horas   |
| Trat.                                                          | T1       | T2       | T3      | T4     | T5          | T6       | T7       | T8      | T9       |         |

| Efecto de la densidad básica del aserrín seco como combustible de la cocina mejorada |                      |          |                       |                       |          |                      |                      |         |          |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----------|-----------------------|-----------------------|----------|----------------------|----------------------|---------|----------|
| Litros de agua hervida en función a la densidad básica del aserrín seco              |                      |          |                       |                       |          |                      |                      |         |          |
| Items                                                                                | Densidad Básica Alta |          |                       | Densidad Básica Media |          |                      | Densidad Básica Baja |         |          |
|                                                                                      | Shihuahuaco          | Quinilla | Capirona              | Cachimbo              | Tornillo | Cumala               | Bolaína              | Catahua | Capinurí |
| DB                                                                                   | 0.91                 | 0.87     | 0.76                  | 0.59                  | 0.45     | 0.45                 | 0.41                 | 0.41    | 0.37     |
| R1                                                                                   | 32                   | 26       | 18                    | 12                    | 18       | 8                    | 6                    | 2       | 4        |
| R2                                                                                   | 34                   | 26       | 16                    | 14                    | 14       | 8                    | 4                    | 2       | 4        |
| R3                                                                                   | 36                   | 20       | 20                    | 14                    | 20       | 8                    | 8                    | 2       | 4        |
| Suma                                                                                 | 102                  | 72       | 54                    | 40                    | 52       | 24                   | 18                   | 6       | 12       |
| Prom                                                                                 | 34                   | 24       | 18                    | 13                    | 17       | 8                    | 6                    | 2       | 4        |
| DB                                                                                   | 76                   |          |                       | 39                    |          |                      | 12                   |         |          |
| Prom                                                                                 | 25                   |          |                       | 13                    |          |                      | 4                    |         |          |
| Minutos empleados en hervir 1 litro de agua                                          |                      |          |                       |                       |          |                      |                      |         |          |
| R1                                                                                   | 12                   | 12       | 11                    | 12                    | 17       | 15                   | 9                    | 23      | 16       |
| R2                                                                                   | 11                   | 11       | 16                    | 13                    | 15       | 19                   | 8                    | 22      | 15       |
| R3                                                                                   | 9                    | 14       | 8                     | 14                    | 15       | 16                   | 20                   | 20      | 14       |
| Suma                                                                                 | 31                   | 37       | 36                    | 38                    | 48       | 50                   | 37                   | 64      | 45       |
| Prom                                                                                 | 10                   | 12       | 12                    | 13                    | 16       | 17                   | 12                   | 21      | 15       |
| DB                                                                                   | 35                   |          |                       | 45                    |          |                      | 49                   |         |          |
| Prom                                                                                 | 12                   |          |                       | 15                    |          |                      | 16                   |         |          |
| Horas combustionados por aserrín seco en función a su densidad básica                |                      |          |                       |                       |          |                      |                      |         |          |
| R1                                                                                   | 7                    | 5        | 4                     | 2                     | 4        | 2                    | 2                    | 1       | 2        |
| R2                                                                                   | 7                    | 5        | 3                     | 3                     | 3        | 2                    | 1                    | 1       | 1        |
| R3                                                                                   | 6                    | 5        | 3                     | 3                     | 4        | 2                    | 3                    | 1       | 3        |
| Suma                                                                                 | 20                   | 15       | 10                    | 8                     | 11       | 6                    | 6                    | 3       | 6        |
| Prom                                                                                 | 7                    | 5        | 3                     | 3                     | 4        | 2                    | 2                    | 1       | 2        |
| DB                                                                                   | 15                   |          |                       | 8                     |          |                      | 5                    |         |          |
| Prom                                                                                 | 5                    |          |                       | 3                     |          |                      | 2                    |         |          |
| Densidad básica alta                                                                 |                      |          | Densidad básica media |                       |          | Densidad básica baja |                      |         |          |



| Efecto de la densidad básica del aserrín seco como combustible de la cocina mejorada |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Litros de agua hervida en función a mezclas de aserrín seco                          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                      |
|                                                                                      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | Tratamientos evaluados                                                               |
| R1                                                                                   | 12 | 14 | 4  | 18 | 16 | 14 | 14 | 14 | 16 | T1 Quininilla + catahua + capinurí                                                   |
| R2                                                                                   | 10 | 14 | 6  | 16 | 14 | 14 | 18 | 14 | 16 | T2 Capirona + catahua + capinurí                                                     |
| R3                                                                                   | 14 | 12 | 4  | 16 | 16 | 14 | 16 | 14 | 14 | T3 Tornillo + catahua + capinurí                                                     |
| Suma                                                                                 | 36 | 40 | 14 | 50 | 46 | 42 | 48 | 42 | 46 | T4 Quininilla + cachimbo + cumala + bolaína                                          |
| Prom                                                                                 | 12 | 13 | 5  | 17 | 15 | 14 | 16 | 14 | 15 | T5 Capirona + cachimbo + cumala + bolaína                                            |
| Minutos empleados en hervir un litro de agua                                         |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                      |
|                                                                                      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T6 Tornillo + cachimbo + cumala + bolaína                                            |
| R1                                                                                   | 12 | 11 | 21 | 13 | 11 | 13 | 15 | 13 | 14 | T7 Quinilla + tornillo + capirona + catahua + capinurí                               |
| R2                                                                                   | 12 | 9  | 23 | 11 | 16 | 11 | 11 | 11 | 13 | T8 Quin + tornillo + capirona + cach + cumala + bolaina                              |
| R3                                                                                   | 10 | 9  | 32 | 12 | 14 | 14 | 18 | 13 | 15 | T9 Quinilla + tornillo + capirona + cachimbo + cumala + bolaína + catahua + capinurí |
| Suma                                                                                 | 33 | 29 | 76 | 36 | 40 | 38 | 44 | 37 | 41 |                                                                                      |
| Prom                                                                                 | 11 | 10 | 25 | 12 | 13 | 13 | 15 | 12 | 14 |                                                                                      |
| Horas combustionadas por las mezclas de aserrín seco                                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |                                                                                      |
|                                                                                      | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 |                                                                                      |
| R1                                                                                   | 2  | 3  | 2  | 4  | 4  | 4  | 3  | 4  | 4  |                                                                                      |
| R2                                                                                   | 2  | 3  | 4  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  |                                                                                      |
| R3                                                                                   | 2  | 2  | 3  | 3  | 4  | 4  | 5  | 4  | 3  |                                                                                      |
| Suma                                                                                 | 6  | 8  | 9  | 10 | 12 | 11 | 11 | 11 | 11 |                                                                                      |
| Prom                                                                                 | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |                                                                                      |

| Items               | Tratamientos (Aserrín según sp y sus densidades básicas) |                  |                 |                  |                |                 |                  |                 |       |
|---------------------|----------------------------------------------------------|------------------|-----------------|------------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|-------|
|                     | Shihua                                                   | Quini            | Capiro          | Cachim           | Torn           | Cum             | Bol              | Cat             | Capin |
| DB                  | 0.91                                                     | 0.87             | 0.76            | 0.59             | 0.45           | 0.45            | 0.41             | 0.41            | 0.37  |
| R1                  | 32                                                       | 26               | 18              | 12               | 18             | 8               | 6                | 2               | 4     |
| R2                  | 34                                                       | 26               | 16              | 14               | 14             | 8               | 4                | 2               | 4     |
| R3                  | 36                                                       | 20               | 20              | 14               | 20             | 8               | 8                | 2               | 4     |
| Suma                | 102                                                      | 72               | 54              | 40               | 52             | 24              | 18               | 6               | 12    |
| Prom                | 34                                                       | 24               | 18              | 13               | 17             | 8               | 6                | 2               | 4     |
|                     |                                                          |                  |                 |                  |                |                 |                  | TC =            | 5348  |
| Shihuahuaco<br>0.91 | Quinilla<br>0.87                                         | Capirona<br>0.76 | Cachimbo<br>0.5 | Tornillo<br>0.45 | Cumala<br>0.45 | Bolaina<br>0.41 | capinurí<br>0.37 | Catahua<br>0.41 |       |
| 34                  | 24                                                       | 18               | 13              | 17               | 8              | 6               | 4                | 2               |       |

