

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACION INTERNACIONAL

(UCI)

**DISEÑO, FABRICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE UNA
ESTUFA AHORRADORA DE LEÑA EN ARREGUY, HAITÍ**

NOMBRE DEL SUSTENTANTE

Denisse Lora Mir

PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN PRESENTADO COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE MASTER EN
LIDERAZGO Y GERENCIA AMBIENTAL.

San José, Costa Rica

Julio 2011

UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL

(UCI)

Este Proyecto Final de Graduación fue aprobado por la Universidad como
requisito parcial para optar al grado de Máster en
Liderazgo y Gerencia Ambiental

Ing. Quírico Jiménez

PROFESOR TUTOR

Ing. Rooel Campos

LECTOR

Denisse Lora Mir

SUSTENTANTE

DEDICATORIA

A mi Señor Dios,
A mi esposo,
A mis hijos,
A mis padres

RECONOCIMIENTOS

A Alfredo, mi especial agradecimiento por creer en mi trabajo. Sin su amor, solidaridad y confianza habría sido imposible realizarlo.

A Irene y Alfre, por su apoyo incondicional en este proyecto y siempre y por ser mi mayor motivación y orgullo.

A mis padres, por estar siempre a mi lado haciendo tuyas mis penas y alegrías.

A las Hermanas Lauritas por su ejemplo de abnegada dedicación a los más necesitados. Mi agradecimiento a ellas, a Christian Gabriel y a los pobladores de Arreguy por su calurosa acogida a esta idea.

Al Tutor y Lector de este trabajo, Ingenieros Quirico Jiménez y Rooel Campos, por el gran interés, profesionalidad y tiempo dedicados.

A todas aquellas personas, tanto en Haití como en la República Dominicana, que colaboraron de forma generosa y entusiasta para ayudarme a llevar a término este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMÁTICA	1
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	5
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 MARCO REFERENCIAL	6
2.2 BIOMASA	7
2.3 LEÑA	7
2.4 COMBUSTIÓN DE LENA	8
2.5 HUMEDAD Y COMBUSTIÓN	12
2.6 FUEGO ABIERTO	14
2.7 ESTUFAS EFICIENTES	15
2.8 ESTUFA ISLEÑA	18
2.9 BOSQUES Y DEFORESTACIÓN	20
2.10 HUERTAS ENERGÉTICAS	21
3. MARCO METODOLÓGICO	23
3.1 FUENTES DE INFORMACIÓN	23
3.2 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	23
4. DESARROLLO	25
4.1 FABRICACIÓN DE LA ESTUFA ISLEÑA	25
4.2 PRUEBA DE EBULLICIÓN DE AGUA	33
4.2.1 Fase de Hervor Rápido (inicio con la estufa fría)	33
4.2.2 Fase de Hervor Rápido (Inicio con la estufa caliente)	35
4.2.3 Fase de Hervor a Fuego Lento	36
4.3 PRUEBA DE COCCIÓN CONTROLADA DE ALIMENTOS	38
4.4 MOTIVACIÓN	41
5. CONCLUSIONES	44
6. RECOMENDACIONES	46
7. REFERENCIAS	48
8. ANEXO: ACTA DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: MAPA DE UBICACIÓN DE HAITÍ	2
FIGURA 2: SEVERIDAD DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS CAUSADAS POR ACCIONES HUMANAS	3
FIGURA 3: VIVIENDAS Y HUERTAS FAMILIARES EN COMUNIDAD RURAL ARREGUY Y MONTAÑAS DEFORESTADAS.....	6
FIGURA 4: ESTUFA ISLEÑA	19
FIGURA 5: CÁMARA DE COMBUSTIÓN REFRACTARIA.....	25
FIGURA 6: HUECOS EN LA BASE DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN.....	26
FIGURA 7: SOPORTES DE OLLAS	27
FIGURA 8: CAJA O MOLDE DE PLYWOOD.....	28
FIGURA 9: CÁMARA DE COMBUSTIÓN EN EL MOLDE	29
FIGURA 10: MEZCLA DE CEMENTO Y CÁSCARA DE ARROZ RODEANDO LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN DEJANDO ESPACIO.....	30
FIGURA 11: CÁMARA DE COMBUSTIÓN RODEADA DE AISLANTE.....	30
FIGURA 12: ESTUFA LISTA PARA SACAR DEL MOLDE Y DARLE TERMINACIÓN	31
FIGURA 13: ESTUFA ISLEÑA TERMINADA.....	32
FIGURA 14: TERMÓMETRO DIGITAL AQA1411 PARA AGUA (WATER RESISTANT THERMOMETER).	33
FIGURA 15: OLLA CON TERMÓMETRO EN PRUEBA A FUEGO ABIERTO EN AMBIENTE CONTROLADO.....	34
FIGURA 16: OLLA CON TERMÓMETRO EN PRUEBA A ESTUFA ISLEÑA EN AMBIENTE CONTROLADO.....	34
FIGURA 17: PROMEDIOS DEL CONSUMO DE COMBUSTIBLE (G) PRUEBA HERVOR DE AGUA DEL FUEGO ABIERTO Y LA ESTUFA ISLEÑA COMPARADOS CON LA REFERENCIA.....	37
FIGURA 18: PRUEBA DE COCCIÓN DE ALIMENTOS EN FUEGO ABIERTO EN AMBIENTE NO CONTROLADO.....	39
FIGURA 19: PRUEBA DE COCCIÓN DE ALIMENTOS EN ESTUFA ISLEÑA EN AMBIENTE NO CONTROLADO	39
FIGURA 20: CONSUMO DE COMBUSTIBLE (G) PRUEBA DE COCCIÓN DE ALIMENTOS.....	40
FIGURA 21: REDUCCIÓN CONSUMO DE COMBUSTIBLE (G) AL UTILIZAR LA ESTUFA ISLEÑA	41
FIGURA 22: MIEMBROS DE LA COMUNIDAD EN TRABAJO VOLUNTARIO INICIANDO VIVEROS.	43

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: RESULTADOS PRUEBA DE HERVOR RÁPIDO (INICIO CON LA ESTUFA FRÍA)...	35
CUADRO 2: RESULTADOS PRUEBA DE HERVOR RÁPIDO (INICIO CON LA ESTUFA CALIENTE)	36
CUADRO 3: PRUEBA DE HERVOR A FUEGO LENTO.....	36
CUADRO 4: PROMEDIOS DE CONSUMO DE COMBUSTIBLE Y TIEMPO DEL FUEGO ABIERTO Y LA ESTUFA ISLEÑA AL HERVIR AGUA.....	37
CUADRO 5: DIFERENCIA DE CONSUMO DE LEÑA Y TIEMPO ENTRE EL FUEGO ABIERTO Y LA ESTUFA ISLEÑA AL COCER IGUAL CANTIDAD DE ALIMENTOS.....	40

RESUMEN EJECUTIVO

El Proyecto Final de Grado *Diseño, Fabricación y Evaluación de la Eficiencia de una Estufa Ahorradora de Leña en Arreguy, Haití*, plantea una respuesta a la urgente necesidad de buscar alternativas viables para disminuir la presión sobre el recurso forestal en Haití, país donde se estima una cobertura vegetal inferior al 3% del territorio nacional y un consumo de leña y carbón de 70% del total de fuentes de energía utilizadas. Este trabajo se desarrolló en Puerto Príncipe y en la comunidad rural Arreguy, con la colaboración de la Congregación de las Misioneras de María Inmaculada y Santa Catalina de Sena.

Se diseñó la estufa mejorada Isleña, tipo Rocket, cuya eficiencia fue evaluada con el fin de determinar el ahorro de leña en comparación con el fuego abierto de tres piedras comúnmente utilizado en el área rural del país. Un prototipo de la estufa Isleña se construyó tomando en cuenta las necesidades y cultura de la región y siguiendo los principios de las estufas Rocket para lograr una combustión completa.

Para la evaluación de la estufa Isleña se comparó el combustible utilizado por la estufa y el fuego abierto al realizar tareas iguales. La primera prueba consistió en hervir agua hasta llegar a la temperatura local 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 de uso frecuente en el país, mostrando un ahorro de 31% de combustible. Estas pruebas se basaron en datos disponibles en las páginas de internet de Aprovecho Research Center y The Partnership for Clean Indoor Air y fueron realizadas de manera preliminar, como base para buscar una evaluación más completa en un centro especializado en el tema. Las estufas mejoradas deben ser evaluadas para asegurar que se logre el mejor y más eficiente diseño y que el uso de los equipos signifique un cambio verdaderamente favorable al sustituir el método tradicional.

De los resultados obtenidos en este trabajo se concluyó que el modelo de estufa presentado, además de consumir menos leña es un equipo resistente, seguro, de fácil manejo, que produce poco humo y funciona con ramas secas o pequeños pedazos de madera que pueden ser producto de poda.

La estufa mejorada podría ser reproducida y diseminada en el campo haitiano como parte de un sistema sostenible que incluya la producción en vivero y el cultivo de árboles de rápido crecimiento y de esta manera promueva la disminución en el consumo de leña y en la producción de gases de efecto invernadero, proporcionando un ambiente de cocina más seguro y confortable.

Las actividades de este trabajo incluyen informar a los usuarios sobre la importancia de preservar el medio ambiente y sensibilizar la población, como un primer paso en el camino de la formación de individuos que sean divulgadores de estos conceptos y agentes de protección, no de destrucción de los recursos naturales.

El uso de tecnologías limpias y fuentes de energía renovables con bajas emisiones de carbono es parte del compromiso necesario para el logro de un futuro sostenible.

1.- INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de buscar una opción de estufa eficiente para uso doméstico que requiera menos cantidad de leña que el fuego abierto y produzca menos gases perjudiciales para la salud de los usuarios y el medio ambiente. Al disminuir la demanda de leña se espera reducir la tala de bosques en Arreguy, zona altamente deforestada que depende de la leña para suplir sus necesidades de combustible. Con este proyecto se busca a la vez motivar a un uso sostenible de los recursos naturales en esta comunidad compuesta por aproximadamente 1,000 familias, ubicada en el Departamento del Sureste de Haití, a 20 km de la ciudad Jacmel y 100 km de la ciudad capital Puerto Príncipe.

1.2 Problemática

Haití, país que comparte con la República Dominicana la isla Española de las Antillas Mayores en el Mar Caribe, ocupa un área de 27,750 km² en las coordenadas 72° 25' longitud oeste y 19° 00' latitud norte con una población de 9,719,932 de habitantes (Figura 1). Es el país más pobre del hemisferio occidental. Tiene un PIB per cápita de US\$1,200, esperanza de vida de 61 años, y más de 50% de analfabetismo, siendo el único país de América Latina en la lista de Países Menos Adelantados de la Organización de las Naciones Unidas. El devastador sismo ocurrido en el año 2010 agudizó las difíciles condiciones económicas de Haití, donde el 80% de sus habitantes vive por debajo de la línea de pobreza y más de dos tercios de la fuerza laboral no tiene trabajo formal.



Figura 1: Mapa de ubicación de Haití.
Fuente: Atlas Mundial, 2006.

Más del 70% de la energía utilizada en Haití proviene de leña y carbón vegetal. La continua tala de árboles ha llevado a una alarmante deforestación con una cobertura boscosa que se estima inferior al 3% del área total, siendo los factores más importantes que conducen a tal degradación de la foresta y consecuente pérdida de biodiversidad el crecimiento de la población, una fuerte dependencia de la población urbana de los recursos leñosos como fuentes de energía, falta de alternativas económicas y energéticas, y mala gestión de los recursos naturales (Figura 2).

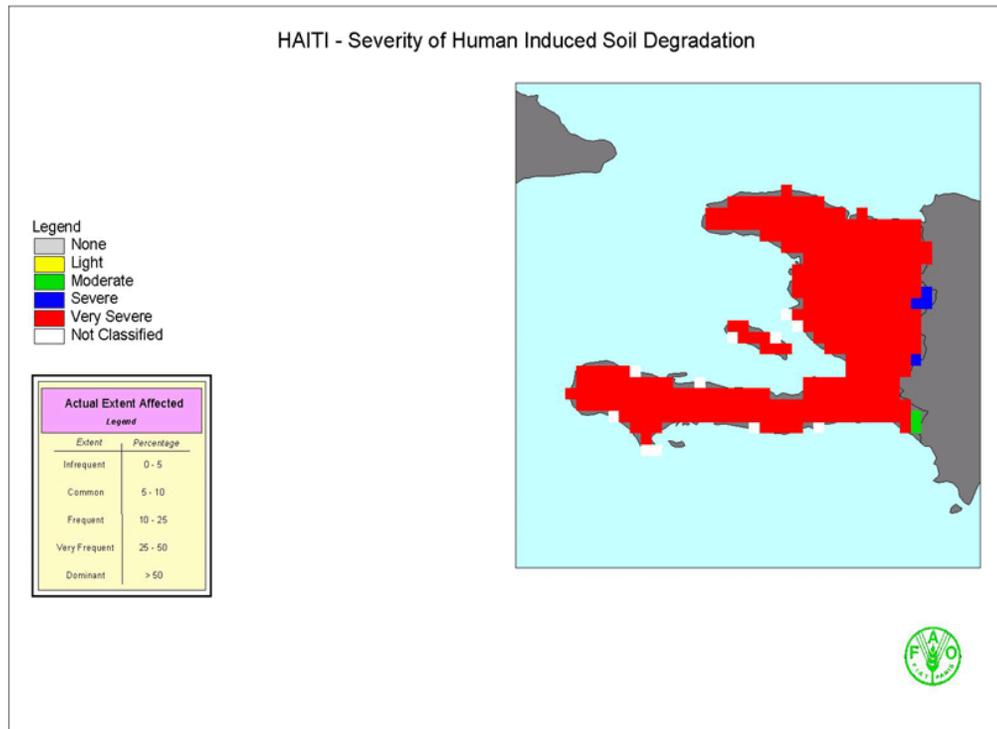


Figura 2: Severidad de la degradación de los suelos causada por acciones humanas.

Fuente: FAO, 2005

1.3 Justificación

Considerando las condiciones de deforestación y degradación de los recursos naturales en Haití, así como el momento crítico en que se encuentra la humanidad debido al calentamiento global producto de la acumulación excesiva de gases de efecto invernadero en la atmósfera del planeta, este trabajo se realizó con la finalidad de ofrecer una alternativa para el ahorro de leña con la utilización de estufas mejoradas del modelo Isleña (tipo Rocket) diseñado y fabricado para este estudio, evaluado tanto en su eficiencia en el consumo de combustible como en la aceptación por parte del usuario, viabilidad de su construcción, durabilidad y facilidad de disseminación.

El perfeccionamiento de estufas de leña puede ser una de las mejores maneras de aliviar la triple calamidad de la escasez de leña, la disminución de bosques y la emisión de gases que afectan la salud de los usuarios y el ambiente. También podrían reducir el tiempo y dinero que las familias del Tercer Mundo invierten para obtener la leña.

Las estufas economizadoras, ahorradoras o mejoradas tipo Rocket se basan en encerrar o confinar el fuego en una cámara de combustión reteniendo los gases de combustión el mayor tiempo posible dentro de la misma para utilizar su calor. Son unidades pequeñas de una hornilla, de fácil manejo y comportamiento eficiente. Una chimenea corta o conducto dentro de la estufa, que lleva el calor desde la cámara de combustión (donde se encuentra confinado el fuego) a la olla, permite que el humo haga contacto con las llamas y la combustión sea completa, reduciendo las emisiones. Los fogones abiertos de tres piedras se prestan al uso excesivo de combustible y, si no son debidamente controlados, pueden quemar la leña de manera incompleta generando partículas y gases contaminantes, por lo que los resultados de este estudio determinarán si su sustitución por estufas eficientes con el fuego encerrado será de utilidad.

La estufa Isleña puede jugar un importante papel en el establecimiento de un sistema sostenible con la plantación de árboles de rápido crecimiento y frutales como cercas vivas para la obtención de leña, con miras a neutralizar las emisiones de CO₂ procedentes de la quema doméstica de biomasa. Con el uso de este equipo no es necesario cortar los árboles para convertirlos en leña, ya que funciona con ramas finas secas o productos de la poda.

Este proyecto ha seleccionado la biomasa como combustible por ser de fácil obtención en la zona, así como de carácter renovable. La energía renovable tiene un papel cada día más importante en el sistema energético global en un mundo

que se encamina a una economía de menos carbono y a la sustitución de los combustibles fósiles.

1.4 Objetivos

Objetivo general:

- Diseñar, fabricar y evaluar la eficiencia de la estufa Isleña y compararla con el fuego abierto de tres piedras para promover su diseminación en la zona de Arreguy, Haití.

Objetivos específicos:

- Disminuir la demanda de leña para reducir la presión sobre los bosques.
- Ofrecer las estufas mejoradas como una opción viable para el ahorro y uso limpio y sustentable de biomasa.
- Ofrecer una mejor y más segura opción de cocción de los alimentos para evitar quemaduras.
- Promover la utilización de estufas tipo Rocket para disminuir la emisión de gases de efecto invernadero.
- Proporcionar comodidad en el área de cocina al confinar y elevar el fuego del suelo.
- Motivar la comunidad a hacer viveros y sembrar árboles para utilizar la leña de forma sostenible.
- Sensibilizar e informar a la población sobre la importancia de la preservación de los recursos naturales y el ahorro de energía.
- Llevar a la población más necesitada y marginada los conocimientos sobre estufas más limpias disponibles en centros de investigación en diferentes partes del mundo.

2.- MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Referencial

Arreguy es una micro-región con pluviometría entre 700 y 800 mm al año y estaciones de lluvia de abril a junio y de septiembre a noviembre. Esta comunidad está compuesta por aproximadamente 7,000 habitantes asentados en pequeñas propiedades con áreas promedio de una hectárea en las que, además de tener sus viviendas practican agricultura de subsistencia, generando magros ingresos con el excedente (Figura 3).



Figura 3: Viviendas y huertas familiares en comunidad rural Arreguy y montañas deforestadas.

Fuente: La autora, 2011

Este trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Congregación de las Misioneras de María Inmaculada y Santa Catalina de Sena, conocidas como Hermanas Lauritas o Hermanas de la Madre Laura, quienes desde el año 2001 se encuentran establecidas en Arreguy, donde han desarrollado una extensa labor pastoral y social implementando proyectos en las áreas de educación, salud, agropecuaria, crédito para mujeres, seguridad alimentaria, agua potable, y reparación de casas, entre otras.

2.2 Biomasa

Biomasa es toda materia orgánica no fosilizada de origen vegetal o animal resultado del proceso de conversión fotosintético, incluyendo sus residuos, como productos forestales, agrícolas y desechos municipales (Gómez, Klose y Rincón, 2008). Puede ser transformada en energía por medio de procesos bioquímicos, fisicoquímicos y termoquímicos, como la combustión, pero su aprovechamiento desordenado es perjudicial para el recurso. Los combustibles derivados de la biomasa se conocen como biocombustibles.

2.3 Leña

Leña es la parte de los árboles, tanto ramas como troncos o fustes, que se emplea como combustible una vez cortada y hecha trozos. La energía química almacenada en la biomasa, o bioenergía, es liberada en forma de calor al momento de la combustión de la leña, oxidándose de nuevo el carbono a dióxido de carbono (CO_2) en un proceso inverso a la fotosíntesis, retornando a la atmósfera el CO_2 absorbido durante el crecimiento de la planta. La leña se comporta como una batería solar natural que guarda almacenada la energía solar en forma de carbohidratos hasta el momento de ser utilizada.

La madera está formada por una red de células longitudinales y transversales formando diferentes tejidos y unidas entre sí por una sustancia llamada materia intercelular o laminilla media. La variedad de tipos de células y la forma de unirse definen las diferentes especies de madera que existen (Valera, s/f).

La composición química de la madera es básicamente 46-50% Carbono, 38-42% Oxígeno, 6% Hidrógeno, 1% Nitrógeno y 10% de otros elementos como fósforo, azufre, potasa, calcio, sodio (Valera, s/f), que forman a su vez celulosa, que constituye aproximadamente la mitad de la masa de la madera y cuya característica más importante es que absorbe y retiene humedad; lignina, que le da dureza a la madera y es un adhesivo o aglutinante de las células que la componen; y también hemicelulosa, agua, resina, tanino y grasas (Gañán, 1999).

La energía producida por la combustión de leña, conocida también como dendroenergía o energía forestal, es utilizada por más de 2 mil millones de personas que dependen del combustible de madera para cocinar y calentar los hogares, y muchos millones de personas participan en la producción de leña y carbón vegetal (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 2011). Es entonces prioritario desarrollar tecnologías que hagan más eficiente su uso.

2.4 Combustión de leña

La combustión es el resultado de la reacción química violenta que combina el oxígeno del aire o comburente (que produce la combustión) y un material combustible, el carbono, que en presencia de una fuente de calor desprende energía generando incandescencia o llama, luz, calor, humo y productos de la combustión. La combustión es un proceso exotérmico (cede calor), que transfiere energía térmica hacia los alrededores (Chang, trad. 2002). Mediante una reacción en cadena la combustión desprende calor que es transmitido al

combustible, realimentándolo y continuando la combustión. La reacción en cadena, junto al combustible, el comburente y el calor o energía de activación, constituyen el llamado Tetraedro del Fuego en el cual todos sus lados son necesarios para que la combustión se mantenga.

La termoquímica es el estudio de los cambios de calor en las reacciones químicas. Es parte de la termodinámica, que es la rama de la física que estudia la relación entre calor y otras formas de energía. La primera ley de la termodinámica, la ley de la conservación de la energía, indica que la energía total del universo permanece constante y no se destruye ni se crea, sino que se presenta en diferentes formas que pueden cambiar de una a otra. Así, en el ciclo del carbono la energía radiante o solar se convierte por fotosíntesis en energía química o energía almacenada en las unidades estructurales de la madera, que se libera cuando la leña participa en la reacción química de la combustión, pasando a ser energía térmica, asociada con el movimiento aleatorio de los átomos y las moléculas, que se calcula a partir de mediciones de temperatura (Chang, trad. 2002).

Incropera & De Witt (1996/1999) definen la transferencia de calor (o calor) como la energía en tránsito debido a una diferencia de temperaturas, ya sea en un cuerpo o entre cuerpos. Ocurre desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. El calor se puede transferir por conducción o transferencia de calor por contacto térmico entre cuerpos; por convección o transferencia de calor entre un fluido o líquido por movimiento de sus partículas; y por radiación térmica o transferencia de calor entre dos superficies a diferentes temperaturas en ausencia de un medio.

El valor calorífico de la leña indica la cantidad de energía térmica que puede obtenerse quemando una unidad de masa, dependiendo de la especie de madera

y de la parte del árbol que se aproveche, así como del contenido de humedad (FAO, 1991). El julio (J) es la unidad de energía en el Sistema Internacional de Unidades y equivale a 0.239 calorías. La caloría es la unidad que mide la cantidad de energía necesaria para que un gramo de agua eleve su temperatura en un grado Centígrado y equivale a 4.184 julios.

Ejemplo de valores caloríficos para tres especies:

Combustible	Valor Calorífico (Mj/Kg)
<i>Prosopis juliflora</i>	19.84
<i>Psidium guajava</i>	20.126
<i>Leucaena leucocephala</i>	18.408

Fuentes: Fundación Shell-Aprovecho Research Center y EMBRAPA

Cuando la leña es expuesta al calor su temperatura aumenta, se quema la celulosa de la madera combinándose con el oxígeno del aire dejando un pequeño residuo ceniciento proveniente de la lignina y de las sales minerales. Cuando el oxígeno es abundante y la temperatura suficiente la destrucción es casi total, pero si la combustión es incompleta por carencia de estos factores, la celulosa sufre deshidratación y la madera queda convertida en carbón vegetal (Valera, s/f). La combustión completa cuenta con la cantidad adecuada de oxígeno para producir oxidación total de la madera, donde cada átomo de carbono se combina con dos átomos de oxígeno para formar CO₂ y cada átomo de oxígeno con dos átomos de hidrógeno para formar H₂O. En la combustión incompleta el oxígeno no es suficiente para realizar la combinación con las moléculas del combustible por lo que no se quema totalmente y esta pobre combustión hace que una proporción significativa del carbono se convierta en productos de combustión incompleta o PCIs, que tienen mayor potencial de causar efecto invernadero que el CO₂ o

llegan a combinarse con otros elementos en la atmósfera hasta convertirse en CO_2 , contribuyendo así al aumento de este gas en la atmósfera.

De acuerdo a McCarty, Ogle, Still, Bond y Roden (2008) los PCIs producidos por combustión incompleta de biomasa son:

- Monóxido de carbono (CO) - Gran contribuyente a la contaminación de áreas urbanas. Es uno de los productos principales de la combustión incompleta y tiene un potencial de calentamiento global de 1.9 veces el del CO_2 . De acuerdo a la Alianza MDL del Centro Nacional de Producción más Limpia de Colombia (s.f.), el potencial de calentamiento global (Global Warming Potential - GWP) es el potencial de efecto invernadero de una unidad de masa de un gas de efecto invernadero -GEI-, por un período de tiempo, en referencia a una unidad de masa de CO_2 .
- Metano (CH_4) - Se considera uno de los gases de efecto invernadero más importantes producto de la combustión de biomasa. Gore (2007/2008) señala que en un lapso de un siglo tiene más de 20 veces el GWP del CO_2 . Interactúa con otras sustancias en la atmósfera que lo descomponen en CO_2 y vapor de agua.
- Hidrocarburos no metano (NMHCs) – Sustancias compuestas principalmente de hidrógeno y carbono emitidas en la combustión incompleta. Son perjudiciales para la salud si son inhaladas y tienen 12 veces el GWP del CO_2 .
- Oxido Nitroso (N_2O) – Tiene una vida en la atmósfera de 120 años. Es un poderoso gas de efecto invernadero con 298 veces el GWP del CO_2 .
- Óxidos de Nitrógeno (NO_x) – Término con que se denominan los diferentes óxidos de nitrógeno (además del N_2O) producidos en la combustión. Aunque son considerados como neutrales en el efecto invernadero, al disolverse en la humedad atmosférica pueden causar lluvia ácida.

- Material Particulado – Pequeñas partículas sólidas o líquidas cuyo efecto nocivo a la salud ha sido ampliamente estudiado, determinándose que su inhalación es causa de asma, enfermedades cardiovasculares y hasta la muerte prematura en humanos y animales. Absorben el calor proveniente de la luz solar causando calentamiento del planeta.
- Hollín o Carbono Negro – Minúsculas partículas de carbono cuya mayor fuente de emisión a la atmósfera es la combustión de biomasa, tanto bosques y pastizales, como leña, residuos de agricultura y estiércol de vaca para cocer alimentos. Aunque no permanece largo tiempo en la atmósfera, el carbono negro es transportado por los vientos a regiones como el ártico, los glaciares del Himalaya y la meseta tibetana, no solo causando contaminación, sino además acelerando la descongelación iniciada por el calentamiento global. También, al cubrir las nieves y el hielo el hollín cubre su blancura impidiendo el reflejo de la luz solar, lo que contribuye al efecto invernadero que calienta el planeta. Grandes nubes de contaminación sobre el Océano Índico están compuestas por partículas de carbono negro procedentes básicamente de combustión de biomasa en cocinas de Asia.
- Carbono Orgánico – Partículas en aerosol que contribuyen a enfriar el planeta dada su capacidad de reflejar la luz solar al espacio.

2.5 Humedad y Combustión

La humedad de la leña es la proporción de agua libre e higroscópica expresada en porcentaje respecto a peso seco (Ruiz y Vega, 2007). Valera (s.f.) la define como la relación del peso del agua contenida en la madera con respecto al peso de la madera anhidra. El agua en la madera puede estar presente como agua de constitución, que forma parte integrante de la estructura y no se puede eliminar si no es destruyendo el propio material; agua de impregnación o saturación, que impregna la pared de las células rellenando sus espacios submicroscópicos y

microscópicos y se puede eliminar por calentamiento hasta 100-110° C; y agua libre, que llena el lumen de las células y que una vez perdida por la madera no puede ser recuperada a partir de la humedad atmosférica sino por inmersión directa en el agua. La madera es un material higroscópico, es decir que absorbe o desprende agua en función del ambiente que le rodea, por lo que al ser expuesta al aire pierde agua (Valera, s.f.).

Cuando la madera se extrae del bosque tiene una humedad de 50 a 55%. Un contenido elevado de humedad reduce el valor calorífico de la leña y la eficiencia de la combustión debido a la gran cantidad de energía necesaria para vaporizar la humedad contenida en la madera (FAO, 1991). Ruiz y Vega (2007) explican esto indicando que la humedad retarda el punto de ignición de la leña ante un foco externo de calor debido a que incrementa la capacidad de calor o resistencia del combustible a elevar su temperatura dado que el agua contenida en el combustible debe alcanzar los 100° C y evaporarse y luego calentarse la materia seca. A mayor humedad en el combustible, mayor es el tiempo para lograr la ignición. También con la humedad aumenta la conductividad térmica lo que implica que el calor que entra al combustible se difunde más fácilmente hacia el interior en vez de concentrarse en la superficie por lo que debe absorber más calor para que la capa superficial del combustible alcance la temperatura de ignición. Así, la combustión, que es una serie de igniciones sucesivas de capas cada vez más profundas del combustible, es afectada por la humedad, con relación no solo a la velocidad de la combustión, sino también a la eficacia de la misma. Humedad de extinción es el contenido de humedad máximo que puede tener un combustible para que se pueda mantener la combustión con llama (Ruiz y Vega).

Tay (2007) reporta que durante el secado de la madera, la pérdida de humedad ocurre hasta llegar a un estado de equilibrio higroscópico con la humedad relativa

de la atmósfera, que para la mayoría de las especies de madera es de 12 a 18% de contenido de humedad, obteniéndose contenidos menores mediante secado artificial.

Existen diferentes técnicas de medir la humedad de la leña. Algunas precisan de equipo de laboratorio y otras, como la de secado en estufa u horno convencional, técnica conocida como determinación de la humedad por gravimetría, es más asequible y no requiere equipo sofisticado (Ruiz y Vega, 2007).

2.6 Fuego abierto

El fuego abierto o fogón (del latín *focus*) es descrito por el Diccionario de la Real Academia Española como “el fuego de leña que se hace en el suelo; cada una de las tres piedras entre las que se enciende el fuego y sobre las que se coloca el recipiente con la comida”. El fuego abierto fue la forma en que el hombre inicialmente hizo uso del fuego, cocinando directamente sus alimentos y luego valiéndose de tres piedras como medio de sostener el recipiente donde se efectuaba la cocción. El fuego abierto continúa aún vigente debido a que es económico, versátil, provee luz y calor y es de fácil construcción y manejo.

Bryden et al (2006) señalan que los fuegos abiertos, que son considerados como ineficientes, cuando son manejados adecuadamente pueden tener una combustión más eficiente y limpia que algunas estufas mejoradas.

Entre las ventajas del fuego abierto se destacan que el calor del fuego no es absorbido por la masa del cuerpo como es el caso de algunas estufas, gran parte de la olla es expuesta al fuego por debajo y alrededor y ofrece flexibilidad al agregar leña permitiendo quemar las puntas e ir calentando la leña, lo que facilita tener una combustión completa.

Como desventajas del fuego abierto se señala que se presta al desperdicio de la leña, que puede ser malgastada al utilizar exceso de combustible para cocer pequeñas cantidades de comida. También, al ser abierto y expuesto al viento, gran parte de las llamas se pierden alejándose de la olla y reduciendo el intercambio térmico. Puede producir humo, partículas y gases contaminantes.

2.7 Estufas Eficientes

Luego de descubrir el fuego el ser humano ha tratado de construir equipos para facilitar la labor de cocina. Inicialmente cocía los alimentos directamente en hogueras a cielo abierto que fue modificando, adicionando mejoras como recipientes para contener la comida y soportes para colocarlos sobre el fuego, hasta llegar a los diversos modelos de estufas que hoy funcionan con diferentes combustibles. Amerasekera & Sepalage (1988) hablan de pedazos de estufas de barro encontrados en excavaciones en Sri Lanka que datan de hace 1,000 años.

El interés en mejorar los equipos y optimizar el uso de los recursos surge en respuesta a situaciones determinadas. El Informe de la National Academy of Science (1984) destaca que en el año 1740 la amenaza de una escasez de leña motivó a Benjamín Franklin a diseñar la estufa Pennsylvania Fire Place que reducía la pérdida de calor por la chimenea y ahorra combustible. En el año 1773 los Diarios del Capitán James Cook, navegante, explorador y cartógrafo británico, describen un sistema de cocina llamado Estufa Roti, usado en las islas Indonecias de Roti y Sumba, que consisten en un hoyo horizontal debajo del suelo en forma de madriguera, con una abertura en cada extremo, una para la leña y la otra más pequeña para entrada de aire. Las ollas de barro eran colocadas en huecos perforados encima del hoyo horizontal. Debido a la cantidad de calor transferido en este sistema de cocina, las comidas se cocinaban utilizando frondas de palma disponibles en las islas, un combustible de muy poco valor energético.

Otros sistemas fueron diseñados en las diferentes épocas y regiones del mundo, pero la corriente interesada en el mejoramiento de las estufas se fortaleció a mediados del siglo XX con la introducción en la India de las estufas Mahgan Chulah en 1947 e Hyderab Chulah (o HERL Chulah) en 1953, y la estufa Singer en Indonesia en el año 1960. En África se iniciaron en el Sahel tras la gran sequía de fines de la década del setenta, y en Guatemala, luego del terremoto de 1976 surge la estufa Lorena que recibió este nombre debido a que los materiales que se usaban en su construcción eran lodo y arena (Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada [GIRA] 2004).

Luego de estudios realizados para evaluar la eficiencia de las estufas construidas se concluyó que los materiales pesados de su construcción, como la arcilla y la arena, causaban la pérdida de gran parte del combustible en calentar la masa de la estufa, energía que debía ser utilizada en calentar los alimentos. En la década de 1980 se comienzan a replantear los temas referentes a diseños y estrategias de programas de estufas, sobre lo cual Krugmann (1988/2011) reportó que “Muchos programas tempranos introdujeron modelos pesados y grandes de arena y arcilla, con uno o más orificios y chimenea. Estos necesitan generalmente mucho combustible para calentar y se deterioran pronto. La chimenea puede causar dificultades con el flujo de aire y la transferencia de calor a la olla.”

La estufa Rocket (Aprovecho Research Center) es una unidad pequeña, de una hornilla, que cuenta con una cámara de combustión refractaria cuya chimenea vertical y canal horizontal de alimentación de combustible situado en la base de la estufa, forman una “L” o codo característico de las estufas Rocket, donde se encierra el fuego permitiendo realizar el cambio de leña a calor sin producir mucho humo debido a la alta temperatura del fuego que ayuda a lograr una combustión completa y limpia de la cual se desprende básicamente CO₂ y vapor

de agua, contrario a lo que sucede en las combustiones incompletas con fuegos más lentos que producen material particulado y gases contaminantes.

Krugman (1988/2011) destaca que “Muchos de los diseños iniciales aseguraban ser eficientes, pero pocas pruebas de laboratorio o de terreno lo corroboraban. Las pruebas eran inadecuadas y no parecían fijarse en el desempeño del combustible en el tiempo. En algunos casos, sencillamente se suponía que los resultados de laboratorio representaban situaciones reales. En los últimos años se han introducido mejores criterios y procedimientos de prueba más rigurosos. Se han identificado los principios del diseño y las dimensiones críticas, como la distancia entre la olla y la parrilla. Estos avances han llevado a apartarse de las estufas grandes y pesadas construidas *in situ* en favor de estufas portátiles de cerámica o metal, más durables, que transmiten mejor el calor y cuya manufactura permite un control de calidad superior.”

Se han desarrollado diferentes modelos de estufas utilizando una variedad de materiales y técnicas de fabricación, entre las que se encuentra la Estufa Justa, la Eco fogón, la Belice y otras. Entre las tecnologías empleadas, según reporta Tay (2007), están la de cemento liviano y armadura de hierro, la de componentes prefabricados de barro, de placa metálica entera y ladrillos de barro, de placa metálica sobre caja metálica y cámara de combustión de barro. También en África y Asia se ha trabajado ampliamente con estufas con el fin común de buscar ahorro de combustible, un fuego que queme más limpiamente, mejor transferencia de calor a la olla, y la aceptación de las usuarias.

Del Valle (2005) afirma que el desempeño térmico de una estufa mejorada depende en la eficiencia de la conversión de energía química en los combustibles a energía térmica y de la eficiencia con que la energía térmica producida es transferida hacia las ollas o recipientes de cocción de alimentos. De acuerdo a

Bryden et al (2006) la meta de una estufa mejorada debe ser lograr una combustión completa sin producción de humo (que es combustible sin quemar) y tratar de llevar el máximo de calor a la olla.

Las épocas de crisis traen renovado interés en hacer más eficiente el uso del biocombustible. Así vemos que las crisis del petróleo de 1973 y 1979, el terremoto de Guatemala en 1976, y la gran sequía del Sahel a fines de la misma década han resultado en nuevas tecnologías o mejoras en las ya conocidas, buscando el ahorro de biomasa, así como también disminuir la contaminación del aire y proporcionar más comodidad al usuario. De nuevo una crisis, la crisis climática, que no afecta una zona específica sino todo el planeta, atrae el interés sobre fuentes alternativas al uso de petróleo y sus derivados y al uso sostenible de los recursos renovables

2.8 Estufa Isleña

La Isleña (Figura 4) es un modelo de estufa tipo Rocket diseñada y fabricada para este trabajo buscando una opción que además de eficiente sea resistente y tenga una prolongada vida útil. Cuenta con una cámara de combustión de barro refractario rodeada de polvo de carbón vegetal como aislante. El cuerpo de la estufa es de cemento mezclado con cáscara de arroz para hacerlo más liviano. Tanto el polvo de carbón como la cáscara de arroz son subproductos de desecho que pueden ser obtenidos localmente.



Figura 4: Estufa Isleña

Fuente: La autora, 2011

La Isleña, como estufa ahorradora, mejorada o eficiente, funciona con pequeños trozos de leña, ramas finas producto de poda o ramas secas, lo que hace innecesario cortar el árbol para convertirlo en leña.

Dadas las críticas condiciones de la cobertura boscosa en Haití, es de especial importancia que la leña no proceda del corte de los árboles, sino de pequeñas ramas o ramas secas de desecho cuyo uso no afecta la planta, beneficiándose el ecosistema con la permanencia de árboles adultos.

2.9 Bosques y Deforestación

Los bosques tienen la capacidad de absorber el carbono presente en la atmósfera almacenándolo en la madera, las hojas y el suelo.

El Informe Especies para Leña de la National Academy of Science de los Estados Unidos (1983/1984) destaca que el usuario promedio de madera para leña quema hasta una tonelada de leña al año, razón por la cual desde hace décadas el mundo enfrenta una crítica escasez de este combustible, ya que el crecimiento demográfico es superior al crecimiento de nuevos árboles. Gran parte de la deforestación mundial se realiza para limpiar tierra para la agricultura, pero la recolección indiscriminada de leña es uno de los principales causantes de la destrucción de los bosques naturales.

Gore (2009/2010) indica que cada segundo se desmonta cerca de media hectárea de bosque, equivalente a casi 38,000 hectáreas por día y más de 13.7 millones de hectáreas al año, lo que es parcialmente compensado con reforestación, siendo la pérdida anual de áreas boscosas de 7.3 millones de hectáreas, lo cual impacta el ambiente no solo por la liberación del carbono contenido en los bosques, sino por la pérdida de la capacidad del planeta de reabsorber CO₂. Gore cita que científicos como el ecólogo Norman Myers y el experto en biodiversidad Tom Lovejoy consideran que la humanidad se encuentra ante la sexta etapa de extinción masiva de la historia de la Tierra, principalmente a causa de la destrucción de los bosques y sus ecosistemas que albergan una gran proporción de las especies conocidas del planeta.

La FAO (1985) señala que en situaciones de escasez de leña se utilizan como combustibles los residuos agrícolas, raíces de plantas, y estiércol animal, resultando perjudicados los sistemas donde esas materias servían como pienso

de animales o como abono. La tala excesiva de especies de árboles que fijan nitrógeno disminuye la fertilidad del suelo y al reducirse la cobertura arbórea aparecen efectos nocivos como la susceptibilidad a la erosión por viento o lluvia, desertificación y sedimentación de ríos o embalses con el material de la erosión.

Las plantaciones forestales, establecidas por medio de siembra deliberada de especies nativas o introducidas con el fin de producir biomasa de manera sustentable cobran cada día más interés y pueden ayudar a aliviar la presión sobre los bosques naturales. Actualmente la superficie de estas plantaciones representa el 7% de la cobertura forestal del planeta, mostrando aumentos durante la última década debido a los esfuerzos de reforestación de países como China, India y Viet Nam (FAO, 2010). La producción de leña puede también contribuir al desarrollo económico de áreas rurales al combinar el cultivo de árboles con cultivos anuales o con pastoreo de animales y vender el excedente de leña a los centros urbanos más cercanos.

Las plantaciones energéticas son grandes siembras de árboles cultivados con el fin de producir energía, para lo cual se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento con períodos de cosecha entre tres y diez años y arbustos que pueden ser podados varias veces durante su crecimiento para extender la capacidad de cosecha de la plantación. Para lograr que la producción de energía sea rentable estas plantaciones se desarrollan paralelamente con producción agrícola.

2.10 Huertas Energéticas

En este trabajo se designa como huertas energéticas a la actividad complementaria a esta Tesina que consistió en motivar los campesinos a sembrar en sus propiedades árboles apropiados para la zona. Además de disminuir la demanda de leña con el uso de estufas ahorradoras de energía, se busca a la vez

plantar frutales y árboles leñosos de rápido crecimiento en las pequeñas huertas de los agricultores, incluyendo cercas vivas, para uso doméstico como combustible sin menoscabo de la producción agrícola, contribuyendo de esta forma a la reforestación de la zona y ofreciendo a cada familia campesina una fuente de leña en su huerta familiar proveniente de la poda de estos árboles.

Se inició un vivero en la comunidad con la participación activa de los pobladores y se seleccionó para siembra una mezcla de árboles nativos y de rápido crecimiento. Los primeros son idóneos por estar adaptados a las condiciones locales y ser albergue natural de la biodiversidad de la zona y los segundos se introdujeron por su capacidad de rápido crecimiento, dadas las condiciones de escasez de leña, pero se instruirá a los campesinos sobre su manejo para evitar que se conviertan en invasores y perjudiquen ecosistemas y hábitats de especies locales. Se plantaron especies nativas como caimito (*Chrysophyllum cainito*) y laurel (*Cordia alliodora*) y exóticos como jagua (*Genipa americana*), guayaba (*Psidium guajava*), coco (*Cocos nucifera*), fruta de pan (*Artocarpus altilis*), aguacate (*Persea americana*), mandarina (*Citrus reticulata*), níspero (*Manilkara huberi*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*), naranja (*Citrus sinensis*), acacia (*Acacia mangium*), corazón de paloma (*Colubrina arborescens*) y melina (*Gmelina arborea*).

3.- MARCO METODOLÓGICO

3.1 Fuentes de información

La investigación se basó en fuentes primarias, datos procedentes de documentos que fueron consultados, de donde se obtuvo información relevante concerniente al tema tratado. Estas fuentes de datos, que se encuentran detalladas en las Referencias de este trabajo, aportaron la información necesaria para diseñar y fabricar la estufa Isleña, en una investigación mixta que incluyó tanto el área documental como de campo, ya que se experimentó con el equipo fabricado comparándolo con el fuego abierto y recabando información y resultados que permitieron llegar a las conclusiones expuestas más adelante.

La estufa Isleña se fabricó con materiales disponibles localmente, tomando en consideración la forma de cocinar y la cultura de la población y en base a los diez principios definidos por el Dr. Larry Winiarsky del Aprovecho Research Center en Oregón, Estados Unidos de América. Las pruebas de evaluación se basaron en la información disponible en las páginas de internet de Aprovecho Research Center y The Partnership for Clean Indoor Air sobre pruebas de Ebullición de Agua y de Cocción Controlada de Alimentos descritas en la revisión hecha por la Universidad de California en Berkeley y Shell Foundation a las pruebas VITA International Standard Tests.

3.2 Método de investigación

Mediante el método experimental se comprobó y midió la diferencia en el consumo de leña y tiempo al comparar el fuego de forma abierta en tres piedras y confinado en la estufa eficiente.

Las pruebas de evaluación a la estufa Isleña proporcionan información preliminar sobre el comportamiento de la estufa con relación al fuego abierto al realizar la misma tarea utilizando la misma olla para presentar una idea inicial sobre la estufa.

Se realizó una prueba de hervor y una de cocción de alimentos, tanto a la estufa Isleña como al fuego abierto para comparar los resultados. La primera prueba evaluó el gasto de combustible y el tiempo al hervir agua en la estufa y el fuego abierto hasta llegar a la temperatura local de ebullición y luego dejarla hirviendo a fuego lento por 45 minutos. La segunda prueba evaluó el gasto de combustible y tiempo al realizar la tarea de cocer en la estufa y el fuego abierto una comida de uso frecuente en el país.

En las pruebas se utilizó:

- Leña de *Prosopis juliflora* procedente de Arreguy, cortada en trozos de 72 cm en promedio que fueron cortados en trozos de 32 cm cuando fue necesario.
- Termómetro digital AQA1411 (Water Resistant Thermometer).
- Olla con capacidad para 8.5 litros y peso de 2 kg
- Balanza

Este trabajo se desarrolló en Puerto Príncipe y en Arreguy, Haití.

4.- DESARROLLO

4.1 Fabricación de la Estufa Isleña

La Isleña es una estufa eficiente, resistente y fácil de construir. En su fabricación se utilizó una cámara de combustión de barro refractario hecha por un artesano en la República Dominicana a quien se entregó el diseño de la pieza en forma de “L” (Figura 5).



Figura 5: Cámara de combustión refractaria.

Fuente: La autora, 2011

Se le solicitó hacer la chimenea de dicha pieza con una mezcla de una parte de barro por seis partes de cáscara de arroz y una altura exterior de 30.5 cm (12"). Se le indicó hacer el canal de entrada de la leña de una mezcla más resistente (1 parte de aserrín x 1 parte de barro) aunque menos aislante, para evitar deterioro con el paso de la madera. El interior de la cámara tiene un diámetro de 10.2 cm (4") en toda su extensión, desde la entrada de leña hasta la salida del fuego a la olla. Las paredes de la chimenea y el fondo de la cámara de combustión tienen un grosor de 3.81 cm (1.5") y las de la entrada de leña 2.5 cm (1"). Se hicieron pequeños huecos en el fondo de la cámara de combustión para dejar salir la ceniza y a la vez permitir la entrada de aire (Figura 6).



Figura 6: Huecos en la base de la cámara de combustión.

Fuente: La autora, 2011

El diseño de los soportes de olla (Figura 7) fue entregado a un herrero en Puerto Príncipe para su fabricación. También se confeccionó una parrilla en metal para sostener la leña a 2.5 cm (1") por encima del fondo del canal de entrada de leña.

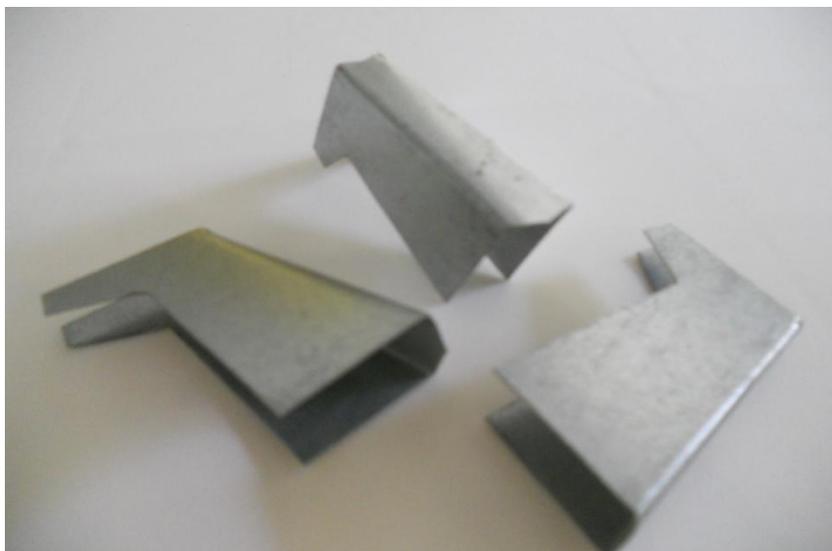


Figura 7: Soportes de ollas.

Fuente: La autora, 2011

Se utilizó un molde o caja hecho de plywood de 2 cm (Figura 8) al que se había atornillado en el fondo un cuadro de plywood de 12.7 cm (5") ancho por 20.3 (8") largo y 2 cm ($\frac{3}{4}$ ") altura, y al cual se le hicieron modificaciones de acuerdo a las necesidades surgidas durante el curso del trabajo, quedando el tamaño final del molde en 33 cm (13") ancho x 33 cm (13") largo x 35 cm (13.8") de altura en su interior.



Figura 8: Caja o molde de plywood.
Fuente: La autora, 2011

Se inició la construcción de la estufa haciendo una mezcla de 1 parte de cemento por 3 partes de arena y llenando hasta una altura de 2 cm ($\frac{3}{4}$ ") el fondo de la caja o molde para hacer la base, rodeando con cemento el cuadro de plywood atornillado en el fondo de la caja. Se introdujo la cámara de combustión de barro en la caja, colocando la entrada de leña de dicha cámara junto a la pared delantera de la caja o molde (Figura 9).



Figura 9: Cámara de combustión en el molde.

Fuente: La autora, 2011

Se colocó alrededor de la cámara de combustión un molde de plástico hecho con un cubo de 5 galones al que se había cortado el fondo y se había abierto el cuerpo verticalmente. Entre dicho molde plástico y las paredes de la caja se rellenó con una mezcla de 1 parte cemento por una parte de arena por 2 partes cáscara de arroz (para hacer más liviano el cemento) hasta llegar al borde superior de la cámara de combustión o salida del fuego a la olla. Se dejó secar en el molde por un día, retirando el cubo tan pronto el cemento comenzó a tomar consistencia (Figura 10).



Figura 10: Mezcla de cemento y cáscara de arroz rodeando la cámara de combustión dejando espacio.

Fuente: La autora, 2011

Se rellenó el espacio vacío entre el cemento y la cámara de combustión con polvo de carbón cedido por un productor de carbón sostenible en una finca energética en la República Dominicana (Figura 11).



Figura 11: Cámara de combustión rodeada de aislante

Fuente: La autora, 2011

Se colocó encima una mezcla de cemento y cáscara de arroz igual al cuerpo de la estufa, llegando a 2.5 cm (1") por encima del borde de la salida del fuego a la olla y descendiendo en declive hacia ésta, utilizando la herramienta que aparece en la página web de la estufa Recho para dar forma al declive (Figura 12).



Figura 12: Estufa lista para sacar del molde y darle terminación.

Fuente: La autora, 2011

Se sacó la estufa del molde y se cubrió su superficie con una capa de cemento (mezcla de una parte cemento por dos de arena), se colocaron los soportes de olla llenando previamente su interior con la mezcla de cemento para hacerlos más resistentes y se cubrió con cemento el resto de la superficie de la estufa en los cuatro lados restantes. Antes de secar el cemento se escribió el nombre *Isleña* y se marcó una hoja de árbol en el lado derecho de la estufa (Figura 13).

La estufa *Isleña* tiene 35 cm (13.8") de altura, 32 cm (12.6") de ancho y 32 cm (12.6") de profundidad y pesa 31.29 kg (69 lb). Para su uso se coloca sobre dos blocks de cemento a fin de levantarla del suelo y permitir que salga ceniza y entre aire por los huecos dejados para este fin en el fondo de la cámara de combustión.



Figura 13: Estufa Isleña terminada.

Fuente: La autora, 2011

Esta estufa fue diseñada tomando en cuenta los siguientes principios establecidos por el Dr. Larry Winiarsky del Aprovecho Research Center en Oregón referentes a fabricación y uso de estufas ahorradoras de leña:

1. Aislar el fuego con materiales resistentes al calor.
2. Colocar una chimenea refractaria encima del fuego para acelerar el paso del aire.
3. Dejar calentar las puntas de la leña al introducirla en el canal de entrada, para disminuir la producción de humo.
4. Controlar la intensidad del fuego con mayor o menor cantidad de leña.
5. Mantener una corriente de aire por debajo del fuego, no por encima.
6. Insuficiente aire resulta en producción de humo y exceso de carbón.
7. Usar una rejilla bajo el fuego.
8. Aislar el paso del calor desde el fuego hasta la olla.
9. Maximizar la transferencia de calor a la olla manteniendo la distancia adecuada entre la olla y el fuego.

4.2 Prueba de Ebullición de Agua

Esta prueba simula la cocción de alimentos y consta de tres fases, la prueba de hervor rápido (inicio en frío), hervor rápido (inicio en caliente) y hervor a fuego lento. Se aplicó una vez a la estufa y una vez al fuego abierto en un lugar cerrado para evitar corrientes de aire. Se utilizó una olla sin tapa, de fondo grueso y redondeado, con capacidad para 8.5 litros, de 18 cm (7") de altura y 37 cm (14.6") de ancho, de uso común en Haití. Se pesaron paquetes de 2 Kg de leña de *Prosopis juliflora* procedente de Arreguy, Haití.

Se determinó el punto local de ebullición hirviendo una olla con 5 litros de agua hasta que llegó a un punto donde dejó de aumentar la temperatura y esta comenzó a oscilar. Estas temperaturas fueron medidas con el termómetro y se hizo un promedio de la superior y la inferior para obtener el punto local de ebullición de 99.1° C.

4.2.1 Fase de hervor Rápido (inicio con la estufa fría)

Se llenó la olla con 5 litros de agua. Se introdujo el termómetro (Figura 14) en el agua, pasándolo a través de una madera que lo sostuvo a una distancia de 5 cm entre el extremo del termómetro y el fondo de la olla (Figuras 15 y 16).



Figura 14: Termómetro digital AQA1411 para agua (Water Resistant Thermometer).

Fuente: La autora, 2011



Figura 15: Olla con termómetro en prueba a fuego abierto en ambiente controlado.

Fuente: La autora, 2011



Figura 16: Olla con termómetro en prueba a estufa Isleña en ambiente controlado.

Fuente: La autora, 2011

Se inició el fuego con madera del paquete de 2 kg pesado para este fin, utilizando un pedazo de madera de pino para el encendido que se había incluido al pesar el paquete. Se registró la hora en que se inició el fuego y se colocó la olla sobre el mismo. Al llegar el agua a la temperatura local de ebullición de 99.1° C se retiró la olla del fuego y se registró la hora. Se retiró toda la leña de la estufa, se apagaron las llamas introduciendo la leña encendida en un recipiente con cenizas dispuesto para ese fin, se pesó junto con la leña restante del paquete de 2 kg utilizado y se registró el peso. Se descartó el agua caliente. De inmediato se pasó a la segunda fase o Fase de Inicio en Caliente.

Cuadro 1: Resultados Prueba de Hervor Rápido (inicio con la estufa fría)

	Fuego Abierto	Estufa Isleña	Diferencia	%
Tiempo (minutos)	25	19	6	24
Cantidad de Leña (g)	1,093	781	312	29

Fuente: La autora, 2011

4.2.2 Fase de Hervor Rápido (Inicio con la estufa caliente)

Se llenó la olla con 5 litros de agua a temperatura ambiente. Se reinició el fuego con leña de otro paquete de 2 kg previamente pesado y se registró la hora de inicio. Se requirió otro paquete de 2kg para completar la tarea. Cuando el agua en la olla llegó al punto local de ebullición de 99.1°C se registró la hora, se retiró la olla del fuego y se mantuvo tapada y colocada en otra estufa a fuego lento, con el fin de mantener su temperatura cerca del punto de ebullición mientras se retiraba y pesaba la leña. Se retiró toda la leña y se pesó junto con el resto del paquete con un resultado de 2268 g.

Cuadro 2: Resultados Prueba de Hervor Rápido (inicio con la estufa caliente)

	Fuego Abierto	Estufa Isleña	Diferencia	%
Tiempo (minutos)	32	20	12	38
Cantidad de Leña (g)	1,732	781	951	55

Fuente: La autora, 2011

4.2.3 Fase de Hervor a Fuego Lento

Con esta fase se probó la capacidad para hervir agua a fuego lento utilizando el mínimo de combustible, luego de una fase de hervor rápido. Se inició el fuego con el carbón y la leña restantes de la prueba anterior. Se llevó la olla al fuego con el agua caliente de la prueba anterior y se colocó el termómetro para controlar que la temperatura se mantuviera a 3 grados por debajo de la temperatura de ebullición durante 45 minutos (sin dejar bajar más de 6° C). Al pasar 45 minutos se sacó toda la leña de la estufa y se pesó junto a la leña restante del paquete, con un resultado de 765.4 g.

Cuadro 3: Resultados Prueba de Hervor a Fuego Lento

	Fuego Abierto	Estufa Isleña	Diferencia	%
Tiempo (minutos)	45	45	-	-
Cantidad de Leña (g)	1,503	879	624	42

Fuente: La autora, 2011

Cuadro 4: Resultados promedios de consumo de combustible y tiempo del fuego abierto y la estufa Isleña al hervir agua.

	Fuego Abierto	Estufa Isleña	Diferencia	%
Tiempo (minutos)	29	20	9	32
Cantidad de Leña (g)	1,443	814	632	44

Fuente: La autora, 2011

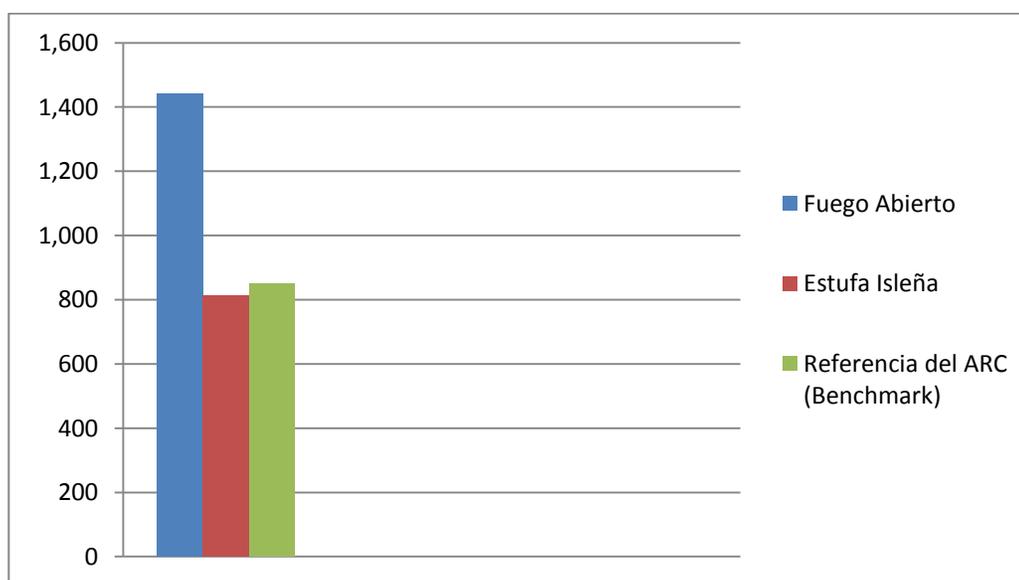


Figura 17: Promedios del consumo de combustible (g) Prueba Hervor de Agua del fuego abierto y la estufa Isleña comparados con la referencia.

Fuente: La autora, 2011

4.3 Prueba de Cocción Controlada de alimentos

Mediante esta prueba se comparó la cantidad de combustible utilizado por la estufa y el fuego abierto para cocer una comida tradicional en la zona (arroz con frijoles) y el tiempo requerido para esto. Se constató la aceptación de las usuarias.

Se realizó una prueba en el fuego abierto y una en la estufa Isleña. Antes de la prueba la usuaria se familiarizó con la estufa. Se pesó la leña, 2kg, y los ingredientes de la comida: 907 g de agua, 43 g de ajo, puerro y sal, 680 g de frijoles negros cocidos, 680 g de arroz y 42 g de aceite.

Se encendió el fuego utilizando un pedazo de madera de pino incluida al pesar la leña y se registró la hora de inicio. Ambas pruebas fueron realizadas de la misma forma, haciendo la cocción del alimento de igual manera, tanto en la estufa como en el fuego abierto. Al verificar que el arroz estaba cocido se registró la hora. Se tomaron las leñas restantes y se retiraron las puntas carbonizadas. Se pesó la leña junto con las que quedaban en el paquete y se registraron los datos.

Mientras se desarrolló la preparación del alimento se registraron los comentarios u observaciones de la cocinera, quien expresó que la estufa le pareció cómoda y consideró que no produce humo, es rápida y requiere poco combustible.

Esta prueba se realizó en el exterior, en un lugar techado y sin paredes, sin controlar las corrientes de aire (Figuras 18 y 19).



Figura 18: Prueba de Cocción de Alimentos en fuego abierto en ambiente no controlado.

Fuente: La autora, 2011



Figura 19: Prueba de Cocción de Alimentos en Estufa Isleña en ambiente no controlado.

Fuente: La autora, 2011

Cuadro 5: Diferencia de consumo de leña y tiempo entre el fuego abierto y la estufa Isleña al cocer igual cantidad de alimentos.

	Fuego Abierto	Estufa Isleña	Diferencia	%
Tiempo (minutos)	34	29	5	15
Leña (g)	964	668	296	31

Fuente: La autora, 2011

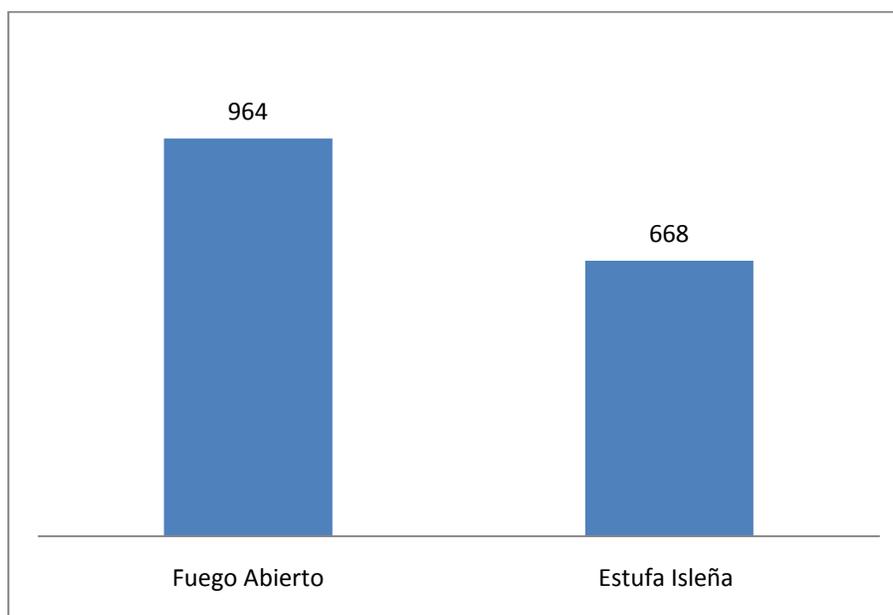


Figura 20: Consumo de combustible (g) Prueba de Cocción de Alimentos.

Fuente: La autora, 2011

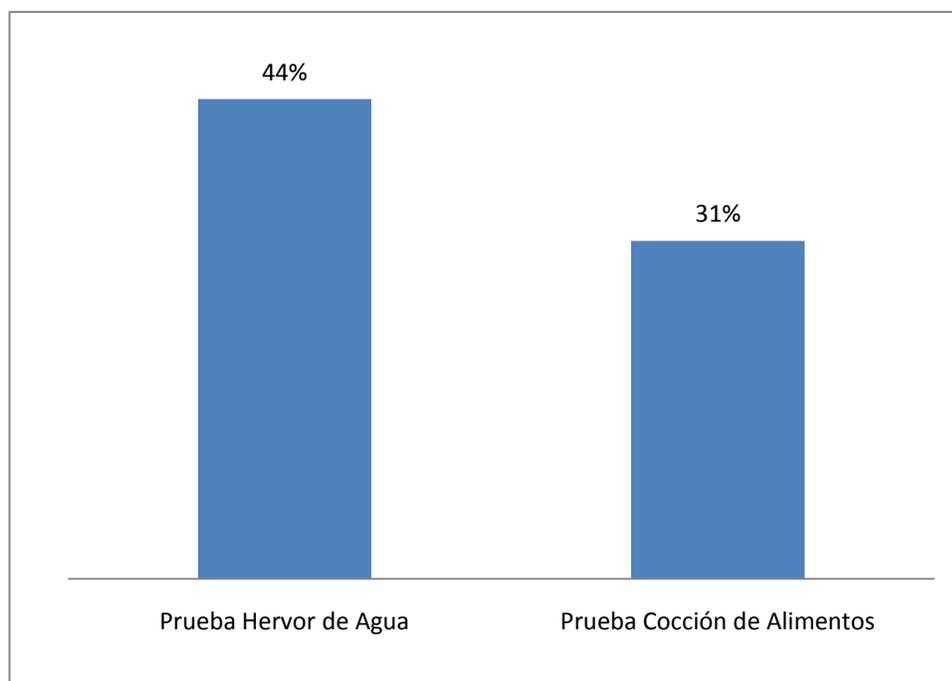


Figura 21: Reducción consumo de combustible al utilizar la estufa Isleña.

Fuente: La autora, 2011

4.4 Motivación

Las actividades de este trabajo incluyeron informar a los pobladores de la zona sobre la importancia de preservar los recursos naturales, especialmente los escasos parches de bosque que aún quedan en la zona. Se les dio a conocer y motivó en el uso de las estufas ahorradoras de energía como una alternativa para disminuir el consumo de combustible, minimizar el trabajo de buscar leña cada día y disponer de un ambiente más cómodo y seguro para cocer los alimentos. Además, se les motivó a establecer huertas energéticas para abastecerse de combustible (leña).

Como parte de la sensibilización se les presentaron imágenes mostrando la deforestación actual en comparación con fotografías del país cuando existía una mayor cobertura vegetal, incentivándoles a sembrar árboles de rápido crecimiento, para lo cual se inició un vivero en la comunidad con la participación activa y voluntaria de los pobladores (Figura 22), donde se producirán árboles nativos como caimito (*Chrysophyllum cainito*) y laurel (*Cordia alliodora*) y exóticos como jagua (*Genipa americana*), guayaba (*Psidium guajava*), coco (*Cocos nucifera*), fruta de pan (*Artocarpus altilis*), aguacate (*Persea americana*), mandarina (*Citrus reticulata*), níspero (*Manilkara huberi*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*), naranja (*Citrus sinensis*), acacia (*Acacia mangium*), corazón de paloma (*Colubrina arborescens*) y melina (*Gmelina arborea*). Estas especies se seleccionaron tomando en cuenta la disponibilidad de semillas o plántulas en el lugar, así como el rápido crecimiento de algunas especies y en otros casos por ser de doble propósito al producir frutos para consumo humano además de combustible, ya que con las huertas energéticas que se proponen en este trabajo se trata no solo de abastecer las familias con ramas secas para ser utilizadas en las estufas eficientes, sino también la posibilidad de obtener frutas, forraje para ganado, miel, postes, sombra, hábitats para la fauna silvestre, reducir la erosión eólica, entre otros beneficios. Las raíces de los árboles sostienen el suelo y restituyen y redistribuyen los nutrientes esenciales del suelo y son capaces de fijar el nitrógeno atmosférico.



Figura 22: Miembros de la comunidad en trabajo voluntario iniciando viveros.

Fuente: La autora, 2011

5.- CONCLUSIONES

De los resultados antes expuestos se concluye que el uso de estufas ahorradoras de energía puede disminuir el consumo de leña.

La cantidad promedio de combustible empleado en las tres fases de la prueba de hervor de agua fue de 814 g, lo que se encuentra por debajo de la cantidad de referencia (*benchmark*), de un máximo de 850 g, indicada por Aprovecho Research Center (2008) para determinar que un equipo sea considerado como eficiente o mejorado (McCarty, N., 2008).

El modelo presentado muestra un ahorro de combustible de 44% al hervir agua en un ambiente controlado (sin corrientes de aire) y de 31% al cocer alimentos en un lugar techado y abierto. El tiempo de cocción también fue inferior en la estufa Isleña en ambas pruebas.

No se presentan datos de ahorro de gases de efecto invernadero por no contar con el equipo para este fin, pero se asume que al disminuir el consumo de leña y utilizar una estufa que permita que los gases sean quemados en su interior, será inferior la emisión de dichos gases contaminantes. Sobre este punto MacCarty et al (2010) señala que las estufas tipo Rocket pueden reducir 75% de emisiones de CO y 46% de material particulado en comparación con el fuego abierto.

Se comprobó que el equipo es resistente y podrá soportar ollas pesadas, así como ser transportado de un lugar a otro sin deteriorarse. Su exterior no es afectado por el agua, por lo que puede ser lavada o humedecida por lluvia sin dañarse.

La producción de humo es mínima (casi nula), lo que permite que pueda ser utilizada en el interior de las viviendas sin perjudicar la salud de personas o animales.

Se minimiza la posibilidad de accidentes al estar el fuego confinado dentro del equipo. También, dado que la cámara de combustión es refractaria y está rodeada de polvo de carbón como aislante, la estufa no llega a calentarse a una temperatura que implique peligro para los usuarios. Su tamaño y su peso la hacen ser estable y los soportes de metal diseñados para la olla ofrecen a ésta una estabilidad adicional que impide accidentes de quemaduras al caer la olla o derramarse su contenido. No tiene bordes ni esquinas cortantes que puedan causar heridas.

La estufa funciona con leña de tamaño pequeño que puede ser producto de poda o de recolección de ramas secas. Esto llevará a disminuir la tala de árboles para leña, ya que implicaría el trabajo de cortarla para adecuarla al tamaño de la entrada de la cámara de combustión de la estufa, cuyo diámetro es de 10.16 cm (4").

De los comentarios de la usuaria se concluye que la estufa tiene buena aceptación y se aprecian a simple vista algunos de sus beneficios, como la poca producción de humo y bajo consumo de combustible.

El vivero iniciado en el transcurso de este trabajo fue realizado con la participación voluntaria y entusiasta de los pobladores del lugar, quienes han mostrado gran interés en la estufa eficiente y en la posibilidad de iniciar un sistema sostenible al sembrar árboles en sus propiedades con fines de utilizar sus ramas como combustible.

6.- RECOMENDACIONES

Las pruebas realizadas en este trabajo son un ensayo preliminar que ofrece una idea del comportamiento de la estufa. Se recomienda que la misma sea evaluada por una institución especializada en el área. El Aprovecho Research Center (McCarty, N., 2008) cuenta con un laboratorio para este fin y expide certificados (Benchmark Certifications) a las estufas cuyos resultados demuestran que son mejoradas o eficientes.

La estufa Isleña no cuenta con un anillo metálico removible (“skirt”) que se coloca alrededor de la olla en algunas estufas Rocket, para que las llamas se mantengan muy cerca del cuerpo de la olla y no se dispersen con el viento. La utilización de un anillo o falda podría aumentar considerablemente la eficiencia del equipo MacCarty et al (2010) reportan que el uso del anillo puede reducir el uso de leña y las emisiones en un 25-30%, aunque el usuario debe tomar las precauciones necesarias ya que este anillo metálico se calienta y puede llevar a accidentes en la cocina. Aunque dicho anillo asegura eficiencia, el hecho de que es separado de la estufa se presta a que no sea siempre utilizado y por tanto los resultados esperados con el uso del anillo en un proyecto de ahorro de energía pueden no ser los obtenidos.

Los proyectos de estufas mejoradas deben incluir como componente importante la instrucción de los usuarios en el funcionamiento de la estufa, para que pueda asegurarse un uso óptimo de la misma.

Dado el liderazgo de los diferentes grupos religiosos en la zona, se considera importante continuar trabajando con ellos, ya que cuentan con el respeto y confianza de las comunidades y están compuestos a su vez por diferentes grupos organizados que permiten hacer llegar el mensaje más rápida y efectivamente.

Se recomienda ubicar las zonas donde se pueda obtener barro a fin de establecer centros de producción de cámaras de combustión, preferiblemente en lugares donde también se disponga de cáscara de arroz a distancias cercanas.

Es importante la creación de microempresas con personal debidamente entrenado, tanto para la fabricación de estufas como para la reparación y mantenimiento de las mismas y la confección de piezas de repuesto. Las piezas de repuesto (como los soportes de olla y la parrilla para levantar la leña que se introduce a la cámara de combustión) deben estar fácilmente disponibles en las pequeñas tiendas de la zona rural, de forma tal que si se rompe una pieza pueda ser rápida y fácilmente reemplazada, evitando que el equipo sea abandonado.

Se propone la formación de un grupo de voluntarios que trabaje en el entrenamiento de los fabricantes, en la motivación de las comunidades dando a conocer las estufas, y se involucre en el control de la calidad de los equipos, punto de gran importancia para asegurar la eficiencia. También, mientras se organizan o establecen microempresas, este grupo de voluntarios podría hacer jornadas de trabajo en las que las comunidades aporten los materiales y los voluntarios los conocimientos para la fabricación de las estufas, llevando al mismo tiempo información sobre el manejo y mantenimiento de las mismas.

Es importante continuar con el seguimiento a la producción en vivero y posterior plantación de las especies de árboles de rápido crecimiento seleccionados para abastecer de leña a las familias de la zona, lo cual se puede lograr en parte con la motivación y sensibilización de las personas. Además se podría en un corto plazo valorar otras especies que sirvan para los mismos propósitos.

La implementación de un sistema sostenible de abastecimiento de leña combinado con una estufa ahorradora de energía puede hacer de Arreguy una comunidad modelo para el resto del país.

7.- REFERENCIAS

- Ameraseker, R.M. & Sepalage, B.P. (1988). Sri Lankan Stoves Past & Present. [Version electronica]. *Boiling Point*. 15. Extraído de internet el 9 de mayo 2011 de: <http://www.nzdl.org/gsdllmod?e=d-00000-00---off-0fni2.2--00-0---0-10-0---0---0direct-10---4-----0-1l--11-en-50---20-about---00-0-1-00---4---0-0-11-1-0utfZz-8-00&cl=CL3.28&d=HASH01cd80d6cc4ce0820fe681e9.3>=2>
- Aprovecho Research Center. (2008). Proposed benchmarks for wood burning cooking stoves. Extraído de internet el 10 de julio 2011 de: <http://www.aprovecho.org/lab/pubs/arcpubs>.
- Atlas Mundial. (2006). Caribe. Extraído de internet el 4 de agosto de 2011 de: http://go.hrw.com/atlas/span_hm/caribbean.htm
- Banco Mundial (2005). Environment data and statistics. Extraído el 15 de mayo 2011 del sitio Web del Banco Mundial: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/TOPICS/ENVIRONMENT/EXTDATA/0,,contentMDK:21079486~pagePK:64168445~piPK:64168309~theSitePK:2875751,00.html>
- Banco Mundial (s.f.). Country Brief. Haití. Extraído el 30 de marzo 2011 del sitio Web del Banco Mundial: <http://web.worldbank.org/WBSITE/EXTERNAL/COUNTRIES/LACEXT/HAITIEXTN/0,,contentMDK:22251393~pagePK:1497618~piPK:217854~theSitePK:338165,00.html#economy>
- Banco Mundial (s.f.). Datos. Haití. Extraído el 30 de marzo 2011 del sitio Web del Banco Mundial: <http://datos.bancomundial.org/pais/haiti>
- Bryden, M., Still, D., Scott, P., Hoffa, G., Ogle, D., Bailis, R., & Goyer, K. (2006). Principios de diseño para estufas de cocción con leña. Extraído de internet el 8 de mayo 2011 de: <http://www.bioenergylists.org/estufasdoc/PCIA/principiosPCIA.pdf>
- Central Intelligence Agency. (s.f.). The World Factbook. Extraído el 30 de marzo 2011 del sitio Web de la Agencia Central de Inteligencia de los Estados Unidos de América: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ha.html>

- Centro Nacional de Producción mas Limpia. (s.f.). Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio. Alianza MDL. Extraído de internet el 2 de abril 2011 de: <http://www.co2.org.co/?IDPagina=72>
- Chang, R. (2002) *Química*. (7ª ed.). Traducido de la edición inglesa por Ma. Del Carmen Ramírez Medeles y Rosa Zugazagoitia Herranz. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Del Valle, S. (2005). *Determinación de la eficiencia termodinámica máxima y de combustión de la estufa mejorada "doña justa"*, Trabajo de graduación, Facultad de Ingeniería, Universidad San Carlos de Guatemala, Guatemala. Extraído de internet el 11 de abril 2011 de: <http://search.creativecommons.org/?q=DETERMINACION+DE+LA+EFICIENCIA+TERMODINAMICA+MAY+DE+COMBUSTION+DE+LA+ESTUFA+MEJORADA+%E2%80%9CDOÑA+JUSTA%E2%80%9D&sourceid=Mozilla-search>
- Gañán Medina, C. (1999). *Técnicas y evolución de la imaginería policroma en Sevilla*. Serie Manuales Universitarios Núm. 46. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones. Extraído de internet el 19 de abril 2011 de: http://books.google.es/books?id=DAHj-OjB9AkC&pg=PA102&dq=composicion+de+la+madera&hl=es&ei=hCjTTajXF4q4sQOcyLCWCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=10&ved=0CHQQ6AEwCQ#v=onepage&q&f=false
- Gómez A., Klose W. & Rincón F. (2008). *Pirolisis de biomasa. Cuesco de Palma*. Kassel, Alemania: Kassel University Press. . Extraído de internet el 19 de abril 2011 de: http://books.google.es/books?id=2Pa8EGyKFE8C&printsec=frontcover&dq=biomasa&hl=es&ei=RdDSTb-wKYH2tgOVuZicCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=6&ved=0CHEQ6AEwBQ#v=onepage&q&f=false
- Gore, A. (2006/2007). *Una verdad incómoda*. Traducido del Inglés por Rafael González del Solar. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A.
- Gore, A. (2009/2010). Nuestra elección. *Un plan para resolver la crisis climática*. Traducida del Inglés por Rafael González del Solar. Barcelona: Editorial Gedisa, S.A.

- Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada, GIRA. (2004). *El uso de estufas mejoradas de leña en los hogares: evaluación de reducciones en la exposición personal*. Informe final. Morelia:GIRA. Extraído de internet el 21 de abril de 2011 de: http://www.ine.gob.mx/descargas/calaire/informe_estufas_piloto_mz_lrb_fin_al.pdf
- Haiti Rocket Stove. Welcome. Extraído de internet el 2 de abril 2011 de: <http://www.rechoroket.com/Welcome.html>
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., Baptista Lucio, P. (1997). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C.V.
- Incropera F. & De Witt D. (1996/1999). *Fundamentos de transferencia de calor*. (4ª ed.). Traducción supervisada por Enrique Palos Báez de la edición en Inglés publicada por John Wiley & Sons, Inc. México: Prentice Hall. [Versión electrónica]. Extraído de internet el 15 de abril 2011. http://books.google.es/books?id=QqfJw4tpljC&printsec=frontcover&dq=calor&hl=es&ei=9CbVTZp84vHSAYbR9agM&sa=X&oi=book_result&ct=book-preview-link&resnum=2&ved=0CDQQuwUwAQ#v=onepage&q&f=false
- Krugman, H. (1987/2011). *Review of Issues and Research Relating to Improved Cookstoves*. Párrafo traducido del Inglés por Denisse Lora Mir. Energy Policy Program. Social Sciences Division. International Development Research Centre Ottawa: IDRC. Extraído de internet el 15 de mayo 2011 de: <http://search.creativecommons.org/?q=%22Review+of+Issues+and+Research+Relating+to+Improved+Cookstoves%22++By+H.+Krugmann%2C+IDRC%2C+1987%2C+pp+21%2C+Canada+&sourceid=Mozilla-search>
- McCarty, N. (2008). Testing Results of the Ecocina Cooking Stove from El Salvador. Aprovecho Research Center. Extraído el 7 de julio 2011 de http://www.bioenergylists.org/files/Ecocina%20testing%20report_3.5.08.pdf
- McCarty, N., Ogle, D., Still, D., Bond, T. & Roden, C. (2008, Junio). A laboratory comparison of the global warming impact of five major types of biomass cooking stoves. *Energy for Sustainable Development*, 2(12), 5-14.

- McCarty, N., Still, D., Ogle, D. (2010, September). Fuel use and emissions performance of fifty cooking stoves in the laboratory and related benchmarks of performance. *Energy for Sustainable Development*, 3(14), 161-171.
- National Academy of Science. (1983/1984). *Especies para leña: arbustos y árboles para la producción de energía*. Traducido de la edición inglesa por Vera Arguello de Fernández y TRADINSA. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Proyecto Leña y Fuentes Alternas de Energía.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (1991). *Conservación de energía en las industrias mecánicas forestales*. Estudio FAO Montes 93. Roma: FAO. Extraído del sitio web de la FAO el 20 de mayo 2011 de: http://books.google.es/books?id=dW1jtvvVB0UC&pg=PA86&dq=valor+calorifico&hl=es&ei=zjPYTdScDYctwFro3pDg&sa=X&oi=book_result&ct=book-preview-link&resnum=1&ved=0CC4QuwUwAA#v=onepage&q=valor%20calorifico&f=false
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2000). Aquastat. Information System on Water and Agriculture. Extraído el 5 de abril 2011 del sitio Web de la FAO: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/haiti/index.stm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2000). *Madera para producir energía. Informe sobre cuestiones forestales No.1*. Roma: Departamento de Montes de la FAO. Extraído el 25 de abril 2011 del sitio Web de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/Q4960s/Q4960s00.htm>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2010). *La situación de los recursos forestales-análisis regional*. Extraído de internet el 5 de abril 2011 de: <http://www.fao.org/docrep/013/i2000s/i2000s01.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2011). Dendroenergía. Acerca de la dendroenergía. Extraído el 18 de abril 2011 del sitio Web de la FAO: <http://www.fao.org/forestry/energy/es/>

Organización de las Naciones Unidas. (s.f.). Least Developed Countries. Country Profile. Extraído el 2 de abril 2011 del sitio Web de la Organización de las Naciones Unidas: <http://www.unohrrls.org/en/ldc/related/62/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO. (2005). Haiti – Severity of human induced soil degradation. National soil degradation maps. Land and Water Development Division. . Extraído el 4 de agosto de 2011 del sitio Web de la FAO: <http://www.fao.org/landandwater/agll/glasod/glasodmaps.jsp?country=HTI&search=Display+map+%21>

Partnership for Clean Indoor Air. (2009). *The water boiling test version 4.1.2*. Extraído de internet el 5 de abril 2011 de: http://www.pciaonline.org/files/WBT4.1.2_0.pdf

Real Academia Española. *Diccionario de la Lengua Española*. [Versión electrónica]. . Extraído de internet el 15 de mayo 2011 de: <http://drae2.es/fogón>

Ruiz González, A.D. y Vega Hidalgo, J. A. (2007). *Modelos de predicción de la humedad de los combustibles muertos: Fundamentos y aplicación*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria.

Tay Oroxom, J.M., (2007). *Evolución Tecnológica de la Fabricación de Equipos Domésticos para combustión de leña como consecuencia del tipo de materiales utilizados. Ensayo de eficiencia*, Estudio especial de graduación, Escuela de estudios de postgrado, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Extraído de internet el 11 de mayo 2011 de: <http://www.scribd.com/doc/23882418/Estufas-ahorradoras-de-leña-Guatemala>

Tolosana, E. (2009). Manual técnico para el aprovechamiento y elaboración de biomasa forestal. Madrid: FUCOVASA y Mundi Prensa. Extraído de internet el 15 de mayo 2011 de: http://books.google.es/books?id=7KHNSnJOaCoC&pg=PA17&dq=biomasa&hl=es&ei=vuXSTbeLAYOcsQOK0KWxCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CFoQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false

Valera Royo, A. (s.f.) *Iglesia parroquial de la concepción de Caravaca de la Cruz. Estudio histórico-constructivo del artesanado mudéjar. Intervención para su conservación*, Proyecto fin de carrera, E. U. de Ingeniería Técnica Civil, Arquitectura Técnica, Universidad Politécnica de Cartagena, España. Extraído de internet el 15 de mayo 2011 de: <http://repositorio.bib.upct.es/dspace/bitstream/10317/50/2/Capitulo%202.%20La%20madera%20como%20material%20en%20la%20construcci%C3%B3n.pdf>

Winiarsky, L. (s.f.). *Ten Design principles for Wood burning cook stoves*. Aprovecho Research Center. Extraído de internet el 16 de mayo 2011 de: <http://stoves.bioenergylists.org/stovesdoc/apro/designp/Design%20Poster.pdf>

8. ANEXO

ACTA (CHARTER) DEL PROYECTO FINAL DE GRADUACIÓN (PFG)

Nombre y apellidos: Denisse Lora Mir	
Lugar de residencia: Puerto Príncipe, Haití	
Institución: Congregación de las Misioneras de María Inmaculada y Santa Catalina de Sena, Arreguy, Haití	
Cargo/puesto: Voluntaria	
Información principal y autorización del PFG	
Fecha: 4 de febrero 2011	Nombre del proyecto: Evaluación de la eficiencia de dos modelos de estufas ahorradoras de leña tipo Rocket en Arreguy, Haití.
Fecha de inicio del proyecto: 22 de marzo 2011	Fecha tentativa de finalización: 22 de junio 2011
Tipo de PFG: (tesina / artículo): Tesina	
<p>Objetivos del proyecto:</p> <ul style="list-style-type: none"> a) Ofrecer una opción viable para el ahorro y uso limpio y sustentable de biomasa con el uso de estufas ahorradoras de energía que requieren menos cantidad de leña que el tradicional fogón de tres piedras y proveer una mejor y más segura opción para la cocción de los alimentos. b) Sensibilización y capacitación medioambiental de la población sobre la importancia de la preservación de la vegetación y el ahorro de energía c) Enfatizar y motivar acciones de reforestación, promoviendo el establecimiento de viveros y siembra de árboles de rápido crecimiento y frutales como cerca viva en las pequeñas propiedades de los campesinos para utilizar los cortes y podas de estas plantas en las estufas ahorradoras de energía en el futuro. d) Disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. e) Mejorar la calidad de vida de la comunidad, evitando quemaduras de los usuarios al estar el fuego encerrado y proporcionándoles comodidad al elevar el fuego del suelo. f) Comprobar la eficiencia de las estufas y seleccionar la de mejor comportamiento antes de diseminarlas. 	
Descripción del proyecto: Se utilizará el tipo de estufas Rocket por ser unidades pequeñas de una hornilla, de fácil manejo, fabricación local, bajo costo y comportamiento eficiente, en las cuales los gases no son conducidos al exterior. Una	

chimenea corta o conducto dentro de la estufa que conduce el calor de la cámara de combustión confinada (el fuego) a la olla, permite que el humo haga contacto con las llamas y la combustión sea completa, reduciendo las emisiones. Con las estufas Rocket también se mejora la eficiencia del intercambio térmico a la olla, lo cual reduce considerablemente el uso de combustible.

Necesidad del proyecto: Se busca ofrecer a los campesinos de la zona una opción viable para la cocción de alimentos mediante la cual se reducirán el consumo de leña y las emisiones de efecto invernadero y se mejorará la calidad de vida de los usuarios, quienes a la vez adquirirán conciencia sobre la necesidad de preservar los recursos naturales y hacer un buen uso de ellos.

Justificación de impacto del proyecto: Haití, el país más pobre de América, está compuesto por suelos sobre explotados, cuenta con una cobertura vegetal de menos del 2% de su territorio y se estima que pierde más de 30 millones de árboles anualmente para ser convertidos en leña o carbón, ya que más del 70% de las fuentes de energía en el país provienen de leña y carbón. Se hace por tanto necesario buscar alternativas para revertir este nivel de deforestación, por lo que proponemos introducir las estufas ahorradoras de energía tipo Rocket, las que de acuerdo a pruebas de laboratorio y de campo, si son adecuadamente construidas ahorran leña, partículas contaminantes a la atmósfera y emisiones de gases de efecto invernadero, en comparación con los fogones al aire libre de tres piedras que son los que actualmente se usan en la comunidad.

Se espera que el proyecto impactará positivamente la comunidad, creando en las familias campesinas un nuevo enfoque sobre la importancia del medio ambiente y del ahorro de energía contando a la vez con una opción que les permitirá disminuir la tala de árboles.

Restricciones:

Entregables:

Identificación de grupos de interés:

Cliente(s) directo(s): Mujeres

Cliente(s) indirecto(s): Familias, comunidad Arreguy, comunidades vecinas

Aprobado por (Tutor):

Quírico Jiménez

Firma:

Estudiante:

Denisse Lora Mir

Firma: