

MODELO DE MANEJO ENERGÉTICO EN BASE A TECNOLOGÍA SOLAR Y BIOMASA PARA COCCIÓN SUSTENTABLE EN COMUNIDADES DE ZONAS DESÉRTICAS Y SEMIDESÉRTICAS

Quiroga V. N., Martínez C., Esteves A.

Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda INCIHUSA – CONICET
Avda. Ruiz Leal s/n, Parque Gral. San Martín - Mendoza – Argentina. CP 5500.
e-mail: nquiroga@mendoza-conicet.gob.ar, cmartinez@mendoza-conicet.gob.ar, aesteves@lab.cricyt.edu.ar

Recibido: 11-10-10; Aceptado: 11-11-10.

RESUMEN.- El aprovisionamiento de energía para cocción es un ítem fundamental en cualquier comunidad. Este depende de aspectos culturales tanto como de recursos energéticos. Se han realizado encuestas a familias de comunidades aisladas de las localidades de Pedregal, Ñacuñan, Carrizal y Puente de Hierro, pertenecientes a zonas desérticas y semidesérticas de la provincia de Mendoza, con el objeto de analizar aspectos detallados de preparación de comidas frecuentes y su consumo energético. Ellas utilizan GLP (gas licuado) y leña proveniente de bosques nativos cercanos y esto significa la destrucción gradual de su hábitat y acelerar el proceso de desertificación. Se ha estudiado qué ocurre cuando incorporamos el horno solar y la caja térmica en la preparación de los alimentos. Hay varios modelos posibles de combinaciones en el uso de estos energéticos. La mejor combinación resulta utilizar horno solar, caja térmica y GLP o biomasa para días claros. Para días nublados y parcialmente nublados utilizar caja térmica y GLP o biomasa. Con este modelo se obtienen ahorros del orden del 73% en GLP y 47% en biomasa. Posteriormente se estudia el aprovisionamiento de biomasa a partir de bosques multipropósito (forestal y frutal) con especies vegetales apropiadas al lugar. La cantidad de plantas y la superficie requerida promedio para proveer la leña anual suficiente a cada familia resulta: 3-4 forestales y 8-9 frutales que ocuparán 79 a 88 m² de superficie.

Palabras claves: bosque leñero, cocción eficiente, leña, recursos energéticos.

ENERGY MANAGEMENT MODEL BASED IN SOLAR AND BIOMASS TECHNOLOGY FOR SUSTAINABLE COOKING IN COMMUNITIES OF DESERT AND SEMIDESERT ZONE

ABSTRACT.- The energy supply for cooking is a fundamental item in any place. It depends on different cultural aspects and energy resources. Several surveys have been made to families of Pedregal, Ñacuñan, Carrizal and Puente de Hierro isolated communities of desert and semidesert areas of Mendoza in order to analyze more detailed aspects of frequent meals and energy consumption prepared by each family. They use GLP and biomass of native local forest and its means a gradual destruction of their ecological habitat, accelerating the dessert process. The calculation of the amount of energy needed for cooking more frequent meals prepared by families of a month have been performed. It is studied what happens when solar oven and heat retention cooking is included in the food preparing processes. There are several models in the possible combinations in the use of available energy resources: solar energy, energy conservation, biomass (firewood) and liquid propane gas (GLP). The better combination in function of climate has been studied that produce more savings, this is: in clear days to use solar oven and heat retention box combined with GLP; in partially cloudy days to use heat retention box and GLP or biomass. Savings of 73% in the GLP consumption and 47% in biomass are obtained. Furthermore in order to supply biomass it is proposed multipurpose forest with appropriated vegetal species that can grow near the communities. The number of plants and surface area required per family are: 3-4 forest trees, 8-9 fruit trees to be located in 79-88 m²

Keywords: forest wood storage, energy conservation, firewood, energy resources.

1. INTRODUCCIÓN

Las conclusiones del informe GEO-2000, el informe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente en su capítulo dedicado a América Latina y El Caribe dice: "...Los costos de la expansión económica regional para el medio ambiente ya son extremadamente altos y parecen estar aumentando. Los problemas mas importantes entre otros son: explotación excesiva de los recursos terrestres; agotamiento de nutrientes y erosión de los suelos; pastoreo

excesivo, con la consiguiente desertificación; deforestación continuada; pérdida de la diversificación biológica y degradación del hábitat".

El uso de los recursos y el nivel de contaminación provocado por el mundo humano, ha sobrepasado el límite de sustentabilidad, a pesar del mejoramiento de la tecnología, de una mayor concientización y de políticas ambientales más severas. En Sapiña (2006) se enfatiza que la solución de los problemas ambientales requiere un cambio

de paradigma en el cual, se trata de humanizar el sistema económico, de forma que el ser humano, pase a ocupar un lugar central, tendiendo siempre hacia el desarrollo sustentable.

La sustentabilidad energética es el desafío presente. Cada comunidad debe usar la energía del modo más eficiente posible. Es importante introducir y expandir la tecnología y hábitos para hacer a los sistemas sociales más controlables por las personas mismas, de manera que la vida no dependa de fuentes no renovables (De Juana, 2007). Es claro que el acceso a los recursos energéticos no resulta equitativo y los que más padecen son los que se encuentran más lejos de los centros de aprovisionamiento. En este sentido, ya se ha instaurado un debate respecto del cultivo de energéticos para generar biocombustibles a partir de oleaginosas, pero esta solución atenta contra la producción de alimentos a costos moderados.

En ese sentido advierte Cameron (2008), al hablar de las posibilidades de los biocombustibles a partir de biomasa utilizada para alimentación, que “las soluciones alternativas que requiere la humanidad se recoge de la experiencia, apelando a los avances tecnológicos y respetando los límites éticos de los márgenes de rentabilidad, sin atentar contra la biodiversidad. Lo que no podemos hacer es gastar bosques nativos, convertir bios de especies alimentarias no eficientes y no incrementar la producción de alimentos, porque se pondría en condición de riesgo alimentario a una gran cantidad de países del mundo y esto desde el punto de vista ético sería absolutamente reprochable”.

La relación pobreza-medio ambiente adopta formas diversas en términos generales, en las áreas rurales el vínculo se materializa a través de la sobreexplotación de los recursos marginales y la consecuente reducción de su productividad. Sin alternativas y enfrentados a la urgencia de satisfacer necesidades de sobrevivencia, los pobres rurales se ven forzados a sobreexplotar los recursos a los que tienen acceso. Otros, se desplazan a zonas marginales de lugares que disponen de más medios, áreas rur-urbanas (zonas urbanizadas de áreas rurales, etc.) para poder proveerse de los recursos necesarios, engrosando la situación de pobreza en estas zonas. En cambio la pobreza urbana sufre los problemas típicos de los ambientes construidos por el hombre. En este caso, más que al uso de los recursos, el problema ambiental está vinculado a condiciones sanitarias inadecuadas o inexistentes, acceso al agua potable y la energía de red, descarga de residuos, contaminación, etc.

El argumento tiene las características de un proceso de causación circular: los de menos recursos van a vivir en áreas marginales, la población crece, los recursos marginales son sobreexplotados, la productividad disminuye, la pobreza aumenta, la presión al medio se acentúa y así sucesivamente.

Tomando el consumo de energía primaria, sólo una pequeña parte se utiliza para cocinar (alrededor del 2%) y aunque esta figura no parece muy elevada, hay una serie de efectos que resultan fundamentalmente dificultosos.

La energía gastada para cocinar es de suma importancia en comunidades rurales o urbano-marginales, especialmente en sociedades en vías de desarrollo. Los valores nutricionales de los alimentos dependen de la variedad y en ellos resulta de fundamental importancia disponer de energía para cocinarlos. Cuando no está disponible, las personas se

encuentran frente a la imposibilidad de prepararlos y al no consumirlos dejan de ingerir proteínas, vitaminas y minerales esenciales para la vida en aquellos aspectos que hacen a su salubridad y al crecimiento apropiado de los niños.

La caja térmica es un sistema de cocción energéticamente eficiente, en el cual, el alimento se termina de cocinar con la misma energía que contiene al llegar éste a temperaturas de ebullición. Existe distinta tecnología posible de utilizar, (Mercado et al, 2004; Sindelar et al, 2009). Con esta tecnología indicada en la figura 1, permite ahorrar del 20 al 50% de la energía insumida en la cocción de comidas húmedas.

Este diseño adaptado para la autoconstrucción, permite a través de talleres donde las personas reciben la información, construir las cajas térmicas propias de cada familia a partir de los materiales. A la vez, se realizan clases de manejo para tomar en cuenta todas las posibilidades para la cocción de verduras, carnes, pollos, guisos, fideos, arroz, postres (como flanes o budín de pan) y dulces (de durazno, damasco, ciruela, manzana, pera, naranja, etc). Todas estas cocciones se pueden realizar con el ahorro indicado de energía.

Por otro lado, se cuenta con tecnología solar para cocción de alimentos de distintos diseños (Saravia et al, 2003; Esteves, 1998; Franco et al, 2004). Uno de los modelos utilizados en el presente trabajo se muestra en la figura 2.



Fig. 1: Caja térmica con cocción de verduras



Fig. 2: Horno Solar Ñacuñan

El objetivo del trabajo es la combinación del uso de la energía solar para cocción de alimentos, con la utilización de biomasa (leña) y/o Gas Envasado (GE) en los días nublados o por las noches.

El planteo es la reducción del uso de energía mediante la incorporación de sistemas solares de cocción y cajas

térmicas. La necesidad de biomasa, ya reducida, se cubre mediante la implantación de bosques multipropósito en la comunidad. Se estudian las especies mas apropiadas a las zonas desérticas y/o semidesérticas del centro-oeste de Argentina. Se indican superficies de cultivo requeridas para cubrir las necesidades de leña tomando el estudio de casos de comunidades rurales típicas.

2. SITUACIÓN Y DIAGNÓSTICO DE LAS COMUNIDADES RURALES DE OASIS Y/O AISLADAS

2.1. Consumos energéticos de las comunidades en estudio

En Argentina existe un potencial biomásico derivado de los residuos de las actividades agrícolas, forestales y foresto-agroindustriales, el cual, actualmente no está siendo utilizado e incluso genera problemas en su gestión, sobre todo aquellos derivados de las actividades de la agroindustria. El aprovechamiento de estos recursos, para la generación de energía, se muestra como una alternativa económica y medioambientalmente viable que puede contribuir a valorizar las cadenas agroindustriales y foresto-agroindustriales regionales y favorecer el desarrollo de comunidades locales (Flores Marco et al 2009).

Desde el punto de vista socioeconómico-ambiental, existe a nivel global por el uso de la biomasa, desertificación y emisiones CO₂ (ambiental global) y a nivel familiar, problemas en el acarreo, contaminación del lugar de cocción con humo, que impactan a la salud de las personas de la familia. Además existe el problema de proveer la cantidad necesaria de manera sustentable.

En términos de emisión de CO₂, la biomasa que se utiliza para combustión, ya ha absorbido una cantidad de CO₂ igual o mayor a la producida por su combustión, por lo tanto, el balance es cero o positivo (Flores Marco et al. 2009).

En los ambientes desérticos o semidesérticos, existe escasa precipitación de manera que los ambientes en las zonas de secano, resultan muy vulnerables con escaso crecimiento anual de las especies. Por lo tanto, el uso intenso de esta biomasa, a causa del aumento poblacional, genera inevitablemente desertificación. La implantación de bosques con destino al uso controlado de leña, podría ser una medida de mitigación a la desertificación de estas zonas. Además de su cercanía a la misma comunidad, generaría menores trastornos en el acarreo.

“Los sistemas de cocción utilizando leña, han sido mejorados y se cuenta con equipos eficientes que permiten una cocción en el interior de los ambientes sin producción de humo contaminante. Además el planteo del uso de energía solar, disminuye sensiblemente estos problemas asociados. El uso eficiente de la biomasa disponible, podría modificar la dinámica migratoria hacia los centros urbanos” (Flores Marco et al 2009).

En la zona de estudio existen trabajos que reflejan el uso de combustibles en comunidades aisladas (Mitchell et al., 2004 Esteves et al., 2004) que muestran el diagnóstico de consumo de energía en estas comunidades y sirven de base para el desarrollo del presente trabajo. Estas incluyen comunidades de zonas rurales de secano: Ñacuñán (Santa Rosa) y zonas rurales de oasis cultivados: B° Dos Angelitos (Puente de Hierro - Guaymallén), Pedregal (Maipú) y Carrizal (Luján de Cuyo), todas en la provincia de Mendoza, Argentina (figura 3).

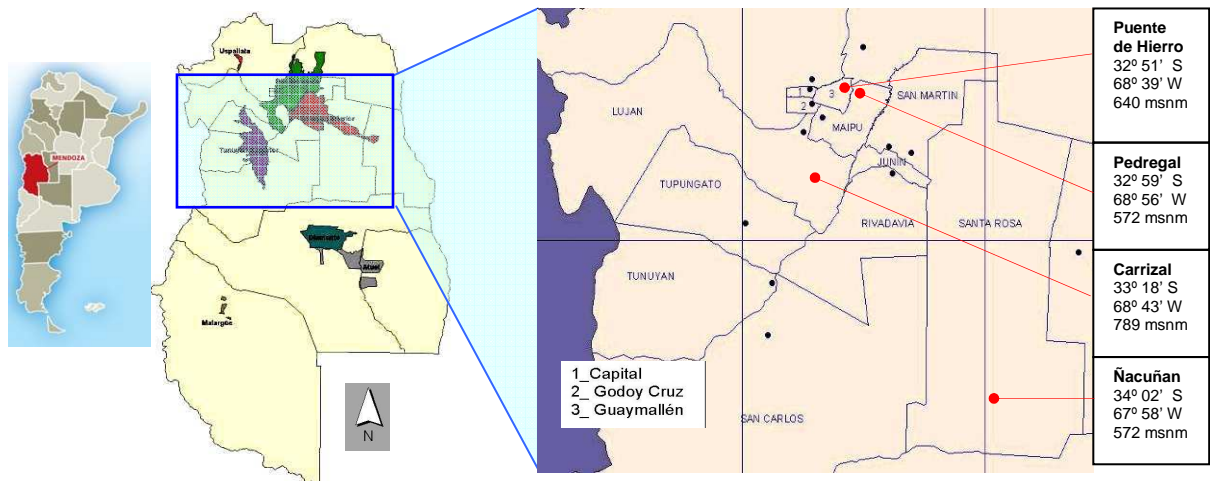


Fig. 3: Mendoza en Argentina, zona de localización de las comunidades y situación geográfica.

Mediante un diagnóstico participativo a través de encuestas semiestructuradas elaboradas por el INCIHUSA – Laboratorio de Ambiente Humano y Vivienda (Esteves et al., 2004; Mitchell y Esteves, 2004) y el trabajo de evaluación de transferencias de cajas térmicas a familias de la zona de Carrizal (Quiroga et al, 2008), se ha pormenorizado los aspectos de consumo de la energía. En las figuras 4 y 5 se pueden observar información derivada de estos estudios tomados como promedio de 83 hogares encuestados, de las comunidades indicadas.

En las 4 comunidades se observa que la utilización de artefactos para la cocción, es mayormente a gas envasado (figura 4). Existe utilización de cocinas a gas envasado hasta que la garrafa se termina. Luego de esto, se utiliza leña. El horno a leña se utiliza algunos días, preferentemente en los fines de semana, en los cuales, se aprovecha para cocinar pan, prepizzas, tortas, etc. que guardan para la semana. En la figura 5 se puede observar que el mayor porcentaje de cocciones que realizan las familias son del tipo húmeda. En la figura 6 se observa el consumo promedio mensual de los combustibles indicados para cada una de las comunidades,

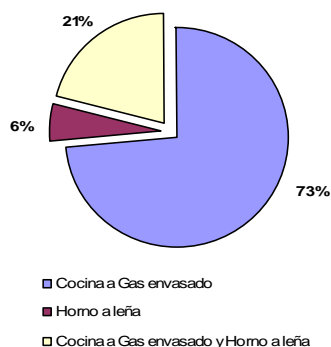


Fig. 4: Porcentaje medio de todas las comunidades que tienen el tipo de cocina indicada.

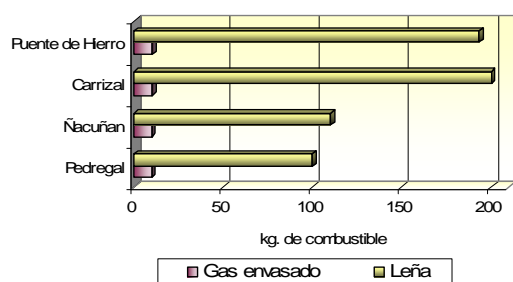


Fig.6: Consumo mensual de combustible promedio por familia para cada comunidad.

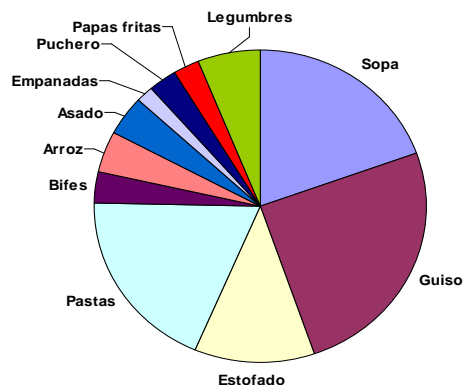


Fig. 5: Frecuencia de comidas preparadas

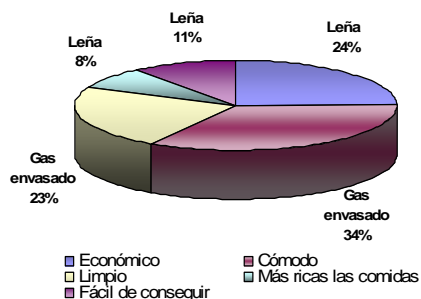


Fig. 7: Preferencias en el uso de combustibles

para todas las actividades (calefacción, calentamiento de agua y cocción). En la figura 7 se observan las preferencias por tipo de combustible. El 43% de las familias encuestadas de las localidades en estudio prefieren la utilización de la leña, sumando preferencias por ser económica, fácil de conseguir y comidas más sabrosas. El 57% prefiere el gas envasado en cuanto a que resulta más cómodo y limpio. Estas son las razones que impulsan a alentar el uso del horno solar (cocción limpia y económica), en conjunto con el uso de biomasa proveniente de bosques leñeros, por las mismas razones mencionadas.

2.2. Clima y Vegetación de las Comunidades Estudiadas

En la Tabla 1 se observan los valores climáticos de las comunidades en estudio. Son comunidades de zonas desérticas con precipitaciones en todos los casos menores a 300 mm anuales, de distribución primavero-estival, muy escasas en invierno. Tienen baja humedad relativa por lo que existe además una radiación solar intensa frecuente, dado por la cantidad de días claros existentes, hecho que se repite en las 4 comunidades. Dadas estas circunstancias es factible la utilización de hornos solares en estos días y en los días parcialmente nublados también.

Con respecto a la vegetación existente, en la zona de Ñacuñan, por ser netamente de desierto, la comunidad de *Prosopis flexuosa* "algarrobo" es la más extensa. Los árboles presentan numerosos fustes característicos del rebrote luego de la tala. En el estrato arbustivo encontramos *Larrea divaricata* "jarilla" y *Atriplex lampa* "zampa" y el estrato herbáceo está compuesto por una serie de gramíneas (Villagra et al. 2004). Los Distritos de Puente de Hierro, Pedregal y Carrizal, están ubicados dentro del área rural de oasis y destinado al desarrollo de cultivos industriales, a la

forestación, y actividades anexas. Entre las especies que se encuentran se pueden mencionar frutales, viñedos y forestales como *Populus alba*, *Populus nigra*, "álamos", *Salix babylonica* "sauce" entre otras.

Tabla 1: Datos climáticos medios anuales de las comunidades en estudio

Localidades	Pedregal	Ñacuñan	Carrizal	Puente de Hierro
Temperatura media [°C]	15,8	16,7	14,4	15,9
Radiación solar s/plano horizontal [MJ/m ² .día]	19,6	18,5	17,9	18,1
Precipitaciones [mm]	276	204	206	218
Humedad relativa [%]	61	60	60	54,7
Cantidad media de días claros/ año	165,6	156,6	121	129,4
Cantidad media de días parcialmente cubiertos/ año	160,7	153,3	158	164
Cantidad media de días cubiertos/ año	38,6	55,1	86	71,6

3. COMBINACIONES DE UTILIZACIÓN DEL RECURSO ENERGÉTICO

A continuación se presentan las posibles combinaciones en la utilización de los recursos energéticos disponibles en cada comunidad, que se resumen en la Tabla 2 y se detallan a continuación:

- Opción 1: situación existente, utilizando gas envasado en un 86% de los días claros para cocciones húmedas y el 14%

(equivalente a 1 día a la semana) para realizar las cocciones horneadas. En el 86% de días parcialmente cubiertos se utiliza gas envasado y en el 14% se utiliza leña. El 100% de los días cubiertos se utiliza gas envasado.

- **Opción 2:** En días claros se utiliza horno solar el 86% de los días y el 14% restante leña. En el 86% de los días parcialmente cubierto se utiliza gas envasado y el 14 % leña. En el 100% de los días cubiertos se utiliza gas envasado.

- **Opción 3:** En el 100% de los días claros se utiliza el horno solar. En días parcialmente cubiertos se utiliza el 43% (3 días de la semana) cocción solar, el 43% se utiliza gas envasado y el 14% leña. En los días cubiertos se utiliza gas envasado.

- **Opción 4:** En el 100% de los días claros se utiliza horno solar. En el 86% de los días parcialmente cubiertos se utiliza gas envasado para precalentamiento de cocciones húmedas y caja térmica para terminación de estas cocciones. El 14% restante se utiliza leña. En los días cubiertos se precalientan las cocciones en hornalla de cocina a gas envasado y caja térmica para terminar dichas cocciones.

- **Opción 5:** En días claros el 86% de los mismos se realizan las cocciones con gas envasado (precalentamiento) y caja térmica (terminación) y el 14% cocción con leña. En días parcialmente cubiertos y cubiertos, se realiza un precalentamiento en hornalla a gas envasado y se culmina la cocción en caja térmica.

3.1. Metodología para el cálculo de gastos y ahorros de energía.

A partir de los días claros con que cuenta cada comunidad, se plantea el uso de horno solar lo que implica un ahorro consecuente de combustibles. Para los días cubiertos, el ahorro por el uso de energía solar no existe, pero si por el uso de la caja térmica. La caja térmica, permite un ahorro de gas entre 20% y 50% para las cocciones de base húmeda (Mercado y Esteves, 2004).

Se realiza el cálculo de la cantidad de energía necesaria para la cocción de determinadas comidas durante un mes, de acuerdo a las comidas más frecuentes que preparan las familias (figura 5). En la Tabla 3 se muestran los requerimientos energéticos mensuales para la cocción de alimentos. En la primera columna se colocan las comidas preparadas más frecuentemente indicadas por las familias; en la segunda columna la cantidad de veces que se cocina cada una de ellas, considerando los almuerzos y las cenas. En la tercera columna se presenta el tiempo estimado de cocción para cada comida en horas. En la 5° y 6° columna se especifica respectivamente, el tiempo de precalentamiento en hornalla y el tiempo de cocción en caja térmica (cuando ésta se utilice).

Teniendo en cuenta que una hornalla provee una energía equivalente a 6280,5 kJ en una hora (Llobera, 2000), se calcula la energía consumida por comida en cada caso (4° y 7° columna).

Tabla 2: Opciones de manejo de los recursos energéticos disponibles por la comunidad

	Opción 1	Opción 2	Opción 3	Opción 4	Opción 5
Días Claros	Cocción tradicional (GLP+Leña)	Cocción Solar + Cocción tradicional (Leña)	Cocción Solar	Cocción Solar	Precalentamiento en hornalla (GLP) + caja térmica + Leña
Días Parcialmente cubierto	Cocción tradicional (GLP + Leña)	Cocción tradicional (GLP+Leña)	Cocción solar + cocción tradicional (GLP + Leña)	Precalentamiento en hornalla (GLP) + Caja térmica + Leña	Precalentamiento en hornalla (GLP) + Caja térmica
Días Cubiertos	Cocción tradicional (GLP)	Cocción tradicional (GLP)	Cocción Tradicional (GLP)	Precalentamiento en hornalla (GLP) + Caja térmica	Precalentamiento en hornalla (GLP) + Caja térmica

Tabla 3: Comidas preparadas frecuentemente y cantidad de energía necesaria para la preparación

Comidas	Cantidad de cocciones por semana	Cocción en hornalla		Cocción en caja térmica		
		Tiempo de cocción en hornalla [horas]	Energía consumida en cocción [kJ]	Tiempo de precalentamiento en hornalla [horas]	Tiempo en caja térmica [minutos]	Energía consumida en precalentamiento [kJ]
Sopa y guiso	4	1	25122	0,25	45	6280,5
Tallarines y pastas	4	0,5	12561	0,25	20	6280,5
Milanesa y asado	1	1	6281	1	0	6280,5
Empanadas	1	0,5	3140	1	0	6280,5
Otros	4	1	25122	0,25	45	6280,5
Energía de cocción por semana			72226	Energía de precalentamiento por semana		31402,5
Energía de cocción por día			10317,96	Energía de precalentamiento por día		4486,07

Para el cálculo de los gastos de consumos de combustible para cada opción, se tuvieron en cuenta la cantidad de días claros, parcialmente cubiertos y cubiertos de cada localidad y a partir de la energía diaria (Tabla 3) se calcularon los consumos energéticos anuales. Para estimar el consumo de gas envasado se tuvo en cuenta que el aporte energético del gas envasado es de 50298,4 kJ kg⁻¹; además de considerar una eficiencia de calentamiento de la hornalla del 60% (Llobera, 2000). En la Tabla 4 se muestran los consumos de

energía al utilizar las diferentes opciones mencionadas en la Tabla 2, para cada una de las localidades.

3.2 Resultados de la energía demandada analizando en función de las opciones planteadas

La Tabla 4 indica la cantidad de energía necesaria para la cocción de alimentos en cada opción propuesta. Como se puede observar, la opción 1, que indica la situación existente

es bastante cercana a la realidad en cada comunidad, es decir se consume una garrafa de 10 kg mensuales y el resto con leña. Es de destacar que este consumo de leña considera

solamente el utilizado para cocción, mientras que en las encuestas aparece el valor global para todos los usos.

Tabla 4: Gasto energéticos anuales por hogar promedio para cada comunidad y combustible utilizado

OPCIÓN 1				
Localidad	Pedregal	Ñacuñán	Carrizal	Puente de Hierro
Consumo de gas envasado (GLP) [kJ/año]	3318401,8	3294567,3	3363037,3	3342236,3
Garrafa de 10 kg [u]	11,0	10,9	11,1	11,1
Consumo de leña [kJ]	447655,2	471489,7	403019,7	423820,7
Consumo de leña [kg] *	23,4	24,6	21,1	22,1
OPCIÓN 2				
Localidad	Pedregal	Ñacuñán	Carrizal	Puente de Hierro
Consumo de gas envasado (GLP) [kJ/año]	1928819,6	1824680,4	2289349,9	2194011,9
Garrafa de 10 kg [u]	6,4	6,0	7,6	7,3
Consumo de leña [kJ]	447655,2	471489,7	403019,7	423820,7
Consumo de leña [kg] *	23,4	24,6	21,1	22,1
OPCIÓN 3				
Localidad	Pedregal	Ñacuñán	Carrizal	Puente de Hierro
Consumo de gas envasado (GLP) [kJ/año]	1248669,7	1824680,4	2289349,9	2194011,9
Garrafa de 10 kg [u]	4,1	3,7	5,3	4,9
Consumo de leña [kJ]	221444,1	232205,8	228233,4	236900,5
Consumo de leña [kg] *	11,6	12,1	11,9	12,4
OPCIÓN 4				
Localidad	Pedregal	Ñacuñán	Carrizal	Puente de Hierro
Consumo de gas envasado (GLP) [kJ/año]	838617,2	793339,3	995369,5	953918,2
Garrafa de 10 kg [u]	2,8	2,6	3,3	3,2
Consumo de leña [kJ]	221444,1	232205,8	228233,4	236900,5
Consumo de leña [kg] *	11,6	12,1	11,9	12,4
OPCIÓN 5				
Localidad	Pedregal	Ñacuñán	Carrizal	Puente de Hierro
Consumo de gas envasado (GLP) [kJ/año]	1539063,4	1533379,6	1561422,0	1556146,4
Garrafa de 10 kg [u]	5,1	5,1	5,2	5,2
Consumo de leña [kJ]	226211,0	239283,9	174786,3	186920,2
Consumo de leña [kg] *	11,8	12,5	9,1	9,8

19134,6 kJ kg⁻¹ Poder calorífico de *Prosopis flexuosa* "algarrobo dulce".

La opción energética más económica es la 4, que utiliza horno solar en la totalidad de los días claros, en los días parcialmente cubiertos se utiliza caja térmica combinada con uso de GLP (o también podría utilizarse leña) y leña, y GLP en combinación con caja térmica en días cubiertos. La misma genera un ahorro promedio del 73% en el consumo de GLP y del 47% en biomasa (leña), en relación a la situación existente (opción 1). La opción siguiente es la 3, en este caso el ahorro promedio de GLP es del orden de 59% y una cantidad de biomasa en un porcentaje similar a la opción 4. La opción 2 genera sólo un ahorro de GLP del orden de 38%, cuyo ahorro es menor que en las demás opciones. La opción 5 genera un ahorro del 53% de GLP y el ahorro en biomasa es del 53% relativamente mayor a las demás opciones sólo en las comunidades de Carrizal y Puente de Hierro.

3.3. Cantidad de biomasa vegetal susceptible de utilizar de cada especie.

Existe preferencia de las familias de todas las comunidades por la utilización de leña para cocción, dada la facilidad de

obtención y su gratuidad en muchos casos (figura 7). Por tal motivo es importante estimar la cantidad de biomasa necesaria para cubrir los requerimientos de cocción anuales, teniendo en cuenta que un horno a leña tiene un rendimiento del 40%. A partir de ello se estima la superficie y la cantidad de plantas necesarias. La premisa es poder establecer un bosque multipropósito, es decir, utilizados no sólo para leña sino también para la producción de frutas para la alimentación de la familia, el confort térmico y/o sombra en el verano. En la Tabla 5 se detallan las especies arbóreas utilizadas en la provincia para arbolado público que se adaptan a nuestra zona (Martínez et al. 2009) y en la Tabla 6 las especies vegetales arbustivas nativas; en ambas tablas se presentan los valores del poder calorífico de cada especie. En el caso de los arbustos, es importante destacar el alto poder calorífico que poseen, ya que pueden favorecer el inicio de la combustión o como complemento de la misma. Dado que la finalidad es establecer bosques multipropósito se tienen en cuenta también, las especies frutícolas factibles de cultivar en estas zonas (Tabla 7), indicando su poder calorífico y biomasa de poda. (Baldini, 1992).

Tabla 5: Poderes calorífico, densidad de madera seca y requerimientos hídricos de árboles utilizados en Mendoza

ÁRBOLES	Poder calorífico [kJ kg ⁻¹]	Densidad de la madera seca [kg m ⁻³]	Agua requerida para crecimiento [mm/año]
<i>Acacia visco</i> "acacia" (1)	15906,5	1015	300
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto" (2)	20097,6	600	400
<i>Melia azedarach</i> "paraíso" (3)	19126,2	480	1000
<i>Morus sp.</i> "morera" (4) (5)	17053,0	850	700
<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo" (6)	19281,1	400	700
<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo" (6)	18412,3	400	700
<i>Prosopis chilensis</i> "algarrobo chileno" (7)	17585,4	725	50-500
<i>Prosopis flexuosa</i> "algarrobo dulce"(*) (8)	19134,6	822	< 300
<i>Schinus molle</i> "aguaribay" (9)	16329,3	675	300

*LV= leño viejo (>1 cm de diámetro). Fuentes: (1) Cialdella, 1996; (2) National Academy of Sciences, 1980; (3) Frerreira Quirino et al., 2004; (4) Lu et al., 2009; (5) Martinez et al., 2009; (6) Bustamante, 2009, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo inédito; (7) Durán et al., 2006; (8) Braun y Candia, 1997; (9) Juarez de Varela y Novara, 2007.

Tabla 6: Poder calorífico de arbustos nativos.

ARBUSTOS (*) (8)	Poder calorífico [kJ kg ⁻¹]
<i>Geoffroea decorticans</i> "chañar breva"	18736,8
<i>Atamisquea emarginata</i> "atamisque"	18456,3
<i>Condalia microphylla</i> "piquillín"	19390,0
<i>Larrea divaricata</i> "jarilla"	19390,0
<i>Larrea cuneifolia</i> "jarilla"	19335,6
<i>Atriplex lampa</i> "zampa"	18669,8
<i>Boungainvillea spinosa</i> "monte negro"	17962,2
<i>Lycium chilense</i> "piquillín de las víboras"	19842,2
<i>Lycium tenuispinosum</i> "llaullín"	19557,5
<i>Verbena aspera</i> "jumelia áspera"	20780,1
<i>Acantholippia seriphoides</i> "tomillo"	19670,5
<i>Ephedra triandra</i> "pico de loro"	18351,6

*LV= leño viejo (>1 cm de diámetro); (8) Fuente: Braun y Candia, 1997.

Tabla 7: Poderes caloríficos y biomasa de los residuos de poda de especies frutales cultivadas en Mendoza.

ESPECIES FRUTALES (10)	Poder calorífico [kJ kg ⁻¹]	Biomasa [kg/ha]
<i>Malus domestica</i> "manzano"	9092	4900
<i>Pirus comunis</i> "peral"	9711	5700
<i>Prunus persica</i> "duraznero"	10125	4400
<i>Prunus domestica</i> "ciruelo"	10053	4700
<i>Vitis vinifera</i> "vid"	9900	3000

(10) Baldini, 1992.

La cantidad de biomasa reportada por la bibliografía, para las especies forestales se indica en cuanto a su corte total luego del primer año (Tabla 8) (Bustamante, 2009; Alvarez, 2008). Sin embargo, para realizar un manejo adecuado de los forestales y obtener la cantidad de leña anual necesaria, se considera que los árboles deberán tener un porte mínimo de 10 m de altura, un ancho de copa aproximado (según la especie) de 4 m y un diámetro de tronco no menor a 0,20 m.

En estas condiciones se considera que la poda anual del mismo, entregará por lo menos una cantidad equivalente a la indicada en la Tabla 8, es decir, equivalente a su corte total al cabo del primer año. Cabe aclarar que se considera esta premisa para los géneros *Eucalyptus* y *Populus*.

Tabla 8: Peso de madera y leña seca de forestales

ÁRBOLES	Biomasa Anual
<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto" (6)	5.8 kg/planta
<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo" (6)	4.8 kg/planta
<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo" (6)	4.96 kg/planta
<i>Prosopis flexuosa</i> "algarrobo dulce" (11)(*)	150 kg/ha año

Fuentes: (6) Bustamante, Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo inédito; (11) Álvarez, 2008 (*) Leña seca de árboles adultos.

Para el cálculo de la energía necesaria a cubrir con biomasa (leña) se emplea la metodología presentada por Camps y Marcos (2001). En esta metodología, la energía disponible de un cultivo o bosque destinado a uso energético se vincula con la cantidad de especies mediante la siguiente ecuación:

$$E = Bi_1 * PCI * Np * \eta \quad (1)$$

Donde:

E = energía producida por la biomasa [kJ]

Bi_1 = cantidad de biomasa por planta podada o apeado de árbol [kg/planta]

PCI = poder calorífico inferior [kJ kg⁻¹]

Np = cantidad de plantas a colocar en el monte [plantas]

η = rendimiento del horno a leña [%]

Despejando el número de plantas se obtiene la siguiente ecuación:

$$Np = \frac{E}{PCI * Bi_1 * \eta} \quad (2)$$

La ecuación 2 nos brinda la cantidad de plantas necesarias para obtener la energía anual demandada a cubrir con biomasa E , en el caso de que la misma se cubra solamente

con forestales. En este caso, la energía demandada se presenta en la Tabla 4, la cantidad de biomasa de Tabla 8 y el Poder Calorífico Inferior (PCI) de Tabla 5 para los forestales.

En el caso de emplear frutales, se debe utilizar la ecuación 3. En este caso, la energía demandada se obtiene de la Tabla 4, la cantidad de biomasa por ha y el PCI de la Tabla 7.

$$Np = \frac{E * Nph}{PCI * Bi_2 * \eta} \quad (3)$$

Donde:

Np = cantidad de plantas a implantar en el terreno [plantas]

E = cantidad de energía demandada [kJ]

Nph = cantidad de plantas por unidad de superficie [plantas/ha]

PCI = poder calorífico inferior [kJ kg⁻¹]

Bi_2 = cantidad de biomasa por unidad de superficie [kg/ha]

η = rendimiento del horno a leña [%]

Con el objeto de generar un monte multipropósito, existe la posibilidad de combinar las especies de modo de obtener leña para energía, frutas para la alimentación de la familia y confort térmico mediante su uso en calefacción y sombra para el ambiente aledaño a la vivienda en el verano. En este caso, se elige un marco de plantación de 3 m x 3 m entre plantas, ya sea el monte frutal o el bosque forestal. Además se considera la utilización de especies arbustivas que se combinan con el bosque forestal para emplearlas en el inicio de la combustión o complementarla.

Utilizando las ecuaciones 2 y 3 obtenemos la cantidad de biomasa indicada en la Tabla 9 para las distintas comunidades, casos de estudio, y para las opciones 1 (situación existente actual y la de mayor requerimiento), 4 y 5 (las de menores requerimientos). Para satisfacer la energía demanda de biomasa se plantea la siguiente distribución: el 40% de la energía estaría cubierta con árboles frutales y el 60% con árboles forestales. Se prevé también la inclusión de especies arbustivas dentro del predio del bosque.

Tabla 9: Cantidad de plantas frutales y forestales necesarias para cubrir la energía requerida de leña

Localidad	Especies	OPCIÓN 1	OPCIÓN 4	OPCIÓN 5
Pedregal	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto"	6	3	3
	<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo"	8	4	4
	<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo"	8	4	4
	<i>Malus domestica</i> "manzano"	2	1	1
	<i>Pyrus communis</i> "peral"	2	1	1
	<i>Prunus persica</i> "duraznero"	3	2	2
	<i>Prunus domestica</i> "ciruelo"	4	2	2
	<i>Vitis vinifera</i> "vid"	9	4	5
Ñacuñan	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto"	7	3	4
	<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo"	8	4	4
	<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo"	8	4	4
	<i>Malus domestica</i> "manzano"	2	1	1
	<i>Pyrus communis</i> "peral"	2	1	1
	<i>Prunus persica</i> "duraznero"	3	2	2
	<i>Prunus domestica</i> "ciruelo"	4	2	2
	<i>Vitis vinifera</i> "vid"	9	5	5
Carrizal	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto"	6	3	3
	<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo"	7	4	3
	<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo"	7	4	3
	<i>Malus domestica</i> "manzano"	2	1	1
	<i>Pyrus communis</i> "peral"	2	1	1
	<i>Prunus persica</i> "duraznero"	3	2	1
	<i>Prunus domestica</i> "ciruelo"	3	2	2
	<i>Vitis vinifera</i> "vid"	8	5	4
Puente de Hierro	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> "eucalipto"	6	4	3
	<i>Populus deltoides</i> clon Harvard "álamo"	7	4	4
	<i>Populus x canadiensis</i> clon CONTI 12 "álamo"	7	4	4
	<i>Malus domestica</i> "manzano"	2	1	1
	<i>Pyrus communis</i> "peral"	2	1	1
	<i>Prunus persica</i> "duraznero"	3	2	1
	<i>Prunus domestica</i> "ciruelo"	3	2	2
	<i>Vitis vinifera</i> "vid"	8	5	4

Con respecto a la cantidad de forestales, vemos que en el caso más desfavorable (situación existente), para cubrir el 60% de la energía requerida, se debe contar aproximadamente con una cantidad de 6 a 8 árboles, cualquiera sea el caso (álamo o eucaliptus). La cantidad de forestales a implantar disminuye a 3-4 árboles en las opciones energéticas más eficientes. El 40% de la energía a cubrir con frutales, se realiza combinando 3 tipos diferentes de ellos. En la Tabla 9 aparecen 5 tipos de frutales, cada uno cubre 1/3 de ese 40%; se puede combinar cualquiera de ellos. Por ejemplo para la zona de Ñacuñán y para la opción 1 se necesita implantar 9 plantas de vid, 4 de ciruelo y 3 de duraznero; o se podría también combinar 2 plantas de manzano, 2 de peral y 4 de ciruelo.

Dado que se propone un marco de plantación de 3 x 3 m, se calcula la superficie necesaria para la implantación de la cantidad de especies expresadas en la Tabla 9. Tomando en cuenta la cantidad de frutales (duraznero, ciruelo y vid) y forestales (eucalipto), se puede mencionar la necesidad de una superficie de 182,2 m² en el caso Ñacuñán o de 158 m² en la vivienda de la localidad de Carrizal, ambas para la opción 1 (cocción tradicional). En comparación con la opción 4 en la zona de Ñacuñán y Carrizal disminuye la superficie necesaria para implantar las mismas especies a 94,3 m². Con esto se puede decir que con la opción 4 en la zona de Ñacuñán se produce un ahorro del 48% de la superficie necesaria para la implantación del bosque, y en la zona de Carrizal un ahorro del 40%.

Existe además un beneficio adicional por la producción de frutas. Por ejemplo para la zona de Ñacuñán la producción a obtener del monte frutal para manzano está entre los 60 y 120 kg/anales, peral 60 a 120 kg/anales, duraznero 88 a 133 kg/anales, ciruelo 32 a 63 kg/anales y para vid 94 a 169 kg/anales (mínima o máxima cantidad de plantas). La producción podría destinarse al consumo en fresco, mejorando la dieta alimenticia y el excedente destinarlo a la desecación o elaboración de conservas a nivel familiar, lo que podría aportar alimentos para los meses de invierno.

Respecto al manejo de poda de los forestales en el caso de *Morus alba* "morera" se puede realizar, al tercer año, una reducción de la copa para conseguir la llamada "cabeza de sauce" es decir la proliferación y superposición de cicatrices que determinan un engrosamiento en el extremo de las ramas (Martínez Carretero y Dalmasso, 1998). En la poda de álamos se puede realizar un raleo de ramas a partir del 3º año, la madera extraída se utiliza para leña y al cabo de 15 años (turno de corta) se obtendría madera comercializable. En el caso de los eucaliptos se comenzaría a podar también al 3º año, ramas de 5 cm o más de diámetro; este con el tiempo tiende a dar ramas secas factibles de ser utilizadas para leña. Los árboles forestales pueden colocarse como cortina forestal, teniendo la precaución de no colocar los Eucaliptos cercano a la casa, ya que puede producirse la caída de ramas ante la presencia de vientos fuertes.

4. CONCLUSIONES

Se presenta en este trabajo las alternativas de combinación de los recursos energéticos disponibles en la comunidad para generar la opción más económica en la cocción de alimentos. Posteriormente se plantea la posibilidad de implantación de bosque multipropósito para cubrir las necesidades de biomasa. Para todas las localidades analizadas la opción 4 resulta la más económica. Esta opción

hace uso de horno solar y caja térmica, y resulta en ahorro de GLP del 42% para Pedregal, 45% para Ñacuñán, 32% para Carrizal y 34% para Puente de Hierro. El ahorro producido de biomasa para la misma opción, es de 51% para Ñacuñán y Pedregal, 43% para Carrizal y 44% para Puente de Hierro.

Es de destacar que la superficie requerida para la implantación del bosque multipropósito también se reduce al incorporar horno solar y caja térmica y con esta reducción los requerimientos hídricos para su crecimiento, hecho de fundamental importancia en comunidades de zonas desérticas y semidesérticas. La necesidad de superficie queda reducida entonces a: 88 m² para Pedregal, 94,3 m² para Ñacuñán y Carrizal, y 103,2 m² para Puente de Hierro; para todos los casos se dispondrá de producción de frutas, alimento fundamental para mejorar la dieta familiar.

Se observa que el grado de ahorro resulta del mismo orden para las distintas localidades. Esto puede estar motivado en que la cantidad de días soleados, clima y cultura en el uso de combustibles resultan muy similares. Por estas razones este modelo planteado podría ser factible de aplicación al resto de comunidades aisladas de la provincia y de la región, generando uso eficiente de los recursos energéticos y consecuentemente una mejora sustancial en la calidad de vida de sus pobladores.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece por los datos aportados al Ing. Agr. Juan A. Bustamante docente de la Cátedra de Dasonomía de la Facultad de Ciencias Agrarias, UNCuyo; al Dr. Pablo Villagra y al Dr. Juan A. Alvarez, ambos investigadores del IANIGLA, CCT CONICET Mendoza.

REFERENCIAS

- Alvarez J. A. (2008) *Bases ecológicas para el manejo sustentable del bosque del algarrobo (Prosopis flexuosa DC.) en el noreste de Mendoza. Argentina*. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Comahue, Bariloche (Argentina).
- Baldini E. (1992) *Arboricultura General*, pp. 287-332. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Braun W. R. H. y Candia R. J. (1997) Poder calorífico y contenidos de nitrógeno y carbono de componentes del algarrobo de Ñacuñán, Mendoza. *Deserta* 6, 91-100.
- Bustamante J. A. (2009) Comunicación personal, julio de 2010.
- Cameron D. (2008). Los biocombustibles. *Energía & Negocios* Año 13, 143, 14.
- Camps M. y Marcos F. (2001) *Los Biocombustibles*, pp. 43-135. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.
- Cialdella A. M. (1996). Fabacea Tribu II Acaciae Benth. nom. cons. Flora del Valle de Lerma, Aportes Botánicos de Salta, Ser. Flora 4 (12): 1-27.
- De Juana J.; Santos F. (2007). *Energías Renovables para el Desarrollo*, 2a. edición. Editorial Thompson, España.
- Durán R., Scoptoni L., Fuertes M. S., Cordisco M. (2006) *Desarrollo Sustentable del Medio Rural: La forestación como instrumento para mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos tradicionales del Partido de Bahía Blanca en tierras marginales*. XXIX Congreso Argentino de Profesores Universitarios de Costos. San Luis, Argentina.

- Esteves A. (1998). Horno solar de cubierta vidriada horizontal para altas latitudes. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **2**, 1, 02.121 – 02.124. Argentina.
- Esteves A., Cortegoso J., Chorén S. (2004). Transferencia de tecnología de energías renovables. Encuesta para evaluar hábitos alimentarios y energéticos de las familias. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **8**, 2, 10.43-10.47. Argentina.
- Ferreira Quirino W. Teixeira do Vale A., Abreu de Andrade A. P., Silva Abreu V. L., dos Santos Azevedo A.C. (2004) Poder calorífico da Madeira e de resíduos lignocelulósicos. *Biomassa & Energia*, **1**, 2, 173-182.
- Flores Marco N. Ansuchau R., Carballo S., Hilbert J. (2009) Bioenergía como vehículo de valoración de las cadenas agroforestales regionales, para el desarrollo de las comunidades locales. Perspectivas de desarrollo con criterios de sustentabilidad ecológica, social y económica.
www.inta.gov.ar/info/bioenergia/EGAL_biomasa_mza.pdf (consulta 20/06/2010)
- Franco J., Cadena C., Saravia L. (2004) Multiple use comunal solar cookers. *Solar Energy* **77**, 217-223.
- Juarez de Varela F. y Novara L.J. (2007) Anacardiaceae Lindl. Flora del Valle de Lerma, Aportes Botánicos de Salta, Ser. Flora **8** (6): 1-28.
- Lu L., Tang Y., Xie J., Yuan Y. (2009) The role of marginal agricultural land-based mulberry planting in biomass energy production. *Renewable Energy* **34**, 1789-1794.
- Llobera, R. (2000) *Tratado general de gas*, 3a. edición, pp. 401-460. Cesarini Hnos. Editores, Buenos Aires, Argentina.
- Martínez C.F., Cantón M.A., Roig F.A. (2009) Impacto de la condición de aridez en el desarrollo ambientalmente sustentable de ciudades oasis. El caso del arbolado urbano en el Área Metropolitana de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, **13**, 01.113-01.120. Argentina.
- Martínez Carretero E. y Dalmaso A. (1998) Silvicultura urbana Poda. Urban Forestry Pruning. Boletín de Extensión Científica 4. IADIZA. pp. 28. Argentina.
- Mercado M.V. y Esteves A. (2004) Tecnologías para la Conservación de Energía en Cocción de Alimentos. Caja Térmica para Comedores Comunitarios y/o Escuelas Rurales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **8**, 7.55-7.60. Argentina.
- Mitchell J. y Esteves A. (2004) Diagnóstico de consumos energéticos de un asentamiento rural del oasis norte de Mendoza. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **8**, 2, 7.43-7.48. Argentina.
- National Academy of Sciences (1980) Firewood Crops. Scrub and Tree Species for Energy Production, pp 126-127. Washington, D.C.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2000) GEO – América Latina y El Caribe. Perspectivas del Medio Ambiente, pp. 58. Costa Rica.
- Quiroga V., Ruiz R., Stocco E. (2008) Transferencia de Tecnología de cocción energéticamente eficiente. Caso del Carrizal y Ugarteche, Luján de Cuyo – Mendoza. Mujeres rurales innovadoras. XXXI Congreso de ASADES, Mendoza, Argentina.
- Sapiña F. (2006). *¿Un futuro sostenible?* Ed. Publicación de la Universitat de Valencia. Ed. Maite Simón. Valencia, España.
- Saravia L., Caso R., Fernández C. (2003) Cocina solar de construcción sencilla. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* **7**, 1, 03.13-03.17.
- Sindelar A., Radabaugh J. "The Solar Cooking Archive" 2009. http://solarcooking.wikia.com/wiki/heat-retention_cooking (15/09/2010).
- Villagra P.E., Cony M.A., Mantován N. G., Rossi B.E., Gonzalez Loyarte M. M., Villalba R., Marone L. (2004) Ecología y manejo de los algarrobales de la Provincia Fitogeográfica del Monte. Arturo M.F., J.L. Frangi & J.F. Goya (eds.) Ecología y manejo en bosques nativos de Argentina. Editorial Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina.