

# IMPACTO AMBIENTAL PRODUCIDO POR EL USO DE LEÑA EN EL ÁREA DE CONSERVACIÓN REGIONAL VILACOTA-MAURE DE LA REGIÓN TACNA

Hugo Alfredo Torres Muro - [hugotorres@hotmail.com](mailto:hugotorres@hotmail.com)

Jesús Natividad Ágreda Paredes - [irpirij@hotmail.com](mailto:irpirij@hotmail.com)

Carlos Armando Polo Bravo - [polobravocarlos@yahoo.es](mailto:polobravocarlos@yahoo.es)

Centro de Energías Renovables de Tacna (CERT), Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Perú

## 8. Biomasa

**Resumen.** Para las poblaciones más pobres del Perú la leña como fuente primaria de energía, es vital; nueve de cada diez de estas personas dependen de la biomasa como fuente principal de combustible; el 30 % de la población del Perú cocinan y se calientan con leña. Esto quiere decir que el 70 % de la población de las zonas rurales, interandinas y altoandinas de nuestro país usa biomasa para calefacción, cocción y otras labores artesanales y costumbristas. En consecuencia, es necesario disponer de datos detallados sobre extracción, consumo de biomasa y los posibles impactos que pueden estar provocando, para comprender adecuadamente los sistemas bioenergéticos, planificar su producción y utilización sostenibles, para usos tradicionales y modernos.

Este trabajo es producto de varios años de investigación; las condiciones geográficas, climáticas y culturales de la zona en estudio impide realizar una estadía prolongada para la recolección de información de fuentes primarias, sin embargo, con la estimación del consumo de leña y la valoración cuantitativa y cualitativa de impactos ambientales en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure (ACRVM) de la Región Tacna, se contribuye a llenar un vacío de información como consecuencia de actividades tan comunes para esta población.

Los resultados obtenidos nos permiten concluir que el uso de biomasa en el área de estudio, está provocando impactos ambientales, sociales y económicos negativos de consecuencias locales y globales. Las autoridades regionales y locales deben planificar en el más corto plazo un programa con tecnologías limpias y renovables para solucionar este problema.

**Palabras-clave:** Leña, Cocinas tradicionales, Impactos ambientales

## 1. ANTECEDENTES

En el Perú, en las zonas rurales, el uso de la leña como fuente primaria de energía representa una fracción muy importante de todas las necesidades energéticas de la población; y su escasez es cubierta en muchos casos por el uso de la bosta y la yareta. La población de las zonas rurales costeras, interandinas y altoandinas de la Región Tacna, en su gran mayoría usa biomasa (leña, bosta, yareta) como fuente primaria de energía, en aplicaciones domésticas y artesanales como la preparación de sus alimentos, el teñido de lana y la producción de carbón vegetal. Sus fuentes de extracción son los bosques ubicados lejos de las viviendas y en otros cercanos a sus campos agrícolas o pastizales. Además, en algunos lugares existe un mercado comercial, aunque informal, de leña, que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales.

Las cocinas o estufas usadas para la cocción son tradicionales, estas pueden ser fijas o portátiles y, a veces, tienen una chimenea. Algunas familias hacen su propia estufa de materiales locales; otras buscan el servicio de un artesano, o la compran en las ferias comerciales. Generalmente, estas son simples y de baja eficiencia, pues presentan pérdidas normales entre 80% y 95% de energía. Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo adecuadamente. Estas prácticas cotidianas que tienen por finalidad satisfacer necesidades vitales de la población, y que son generadoras de emisiones de gases de efecto invernadero, pueden estar causando algunos impactos que son necesarios valorarlos y cuantificarlos para determinar si, a pesar de la dispersión de las fuentes puntuales, son lo suficientemente considerables para provocar cambios adversos en el ambiente desde el punto de vista local y global.

La población Rural que involucra este estudio de investigación comprende 1006 habitantes ubicados en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure (ACRVM), distribuidos en los distritos de Tacna, Tarata, Candarave y Palca, según estadísticas del INEI para el año 2005 y estudios realizados por el Gobierno Regional de Tacna en vías de implementar el Plan de Ordenamiento Territorial y el establecimiento de una Zonificación Ecológica Económica.

### 1.1. Definiciones

**Biomasa.** Según la FAO (1980) la biomasa se define como el conjunto de plantas terrestres y acuáticas, junto con sus derivados, subproductos y residuos producidos en su transformación. Según Jiménez Gómez (1991) el “término biomasa comprende, pues, a las materias hidrocarbonadas, no fósiles, en las que mediante el proceso básico de la fotosíntesis, se ha producido la reducción y fijación del CO<sub>2</sub>”, es una energía renovable, pues procede del sol.

**Leña.** Según la FAO (1980) la leña es “la madera en bruto (de troncos y ramas de los árboles) utilizada como combustible con fines tales como cocinar, calentarse o producir electricidad (de coníferas y otras especies)”.

**Uso de energía por combustión de leña.** Consiste en la utilización de la energía térmica útil que se obtiene por degradación química de la madera llamada pirolisis que conlleva la combinación de carbón e hidrógeno con oxígeno para producir calor con cierta eficiencia. Cuando cesa el flujo de gases el carbón empieza a quemarse y los subproductos de su combustión son principalmente la emisión de bióxido de carbono y carbono.

**Cocina tradicional.** Es un dispositivo que nos permite cocinar los alimentos con leña de un modo sumamente ineficiente, ya que nos ofrece una serie de desventajas, permitiendo de un lado, un consumo excesivo de combustible. La cocina tradicional empleada para la cocción de alimentos es el fogón abierto, de tres o más piedras, tipo U o doble U. Su uso es generalizado, tanto en climas cálido como fríos; en los últimos, además, se usa para el calentamiento interior de las viviendas.

El principio de funcionamiento de la cocina tradicional se basa de la combustión incompleta de la leña por medio de las cuales convierte la energía potencial del combustible en energía calorífica por procesos de transferencia de calor, transfiriendo esta energía de calor a la olla o recinto donde se encuentran los alimentos, y expulsando el humo hacia sus alrededores. Se continúa usando porque tienen las ventajas siguientes: Son económicos o no tienen ningún costo, fáciles de construir, usar y cambiar de lugar, se pueden utilizar diferentes especies de combustibles y se adaptan a las formas de los recipientes. Sin embargo, su principal problema es la baja eficiencia, la cual oscila entre el 5% y el 15% (Dutt et al., 1987). Por otro lado, la combustión de la leña es incompleta e incontrolada y genera una gran cantidad de partículas y gases contaminantes, ocasionado también un elevado consumo de leña.

**Impacto ambiental.** Un impacto ambiental es el efecto que alguna actividad natural o de origen antrópico causa sobre el medio ambiente natural o artificial. Un impacto puede ser positivo o negativo, dependiendo si produce daño o beneficio sobre el ambiente. Pueden ser determinados cualitativa o cuantitativamente.

**Indicador de impacto ambiental.** Llamaremos indicador de Impacto Ambiental, al elemento o concepto asociado a un factor que proporciona la medida de la magnitud del impacto en sus aspectos cualitativo y cuantitativo. Algunos indicadores pueden expresarse numéricamente, mientras que otros emplean conceptos de valoración calificativos, tales como excelente, muy bueno, bueno, regular, deficiente, nulo, etc. Para cada indicador de impacto, es preciso disponer de una función de valores asociada, que permita establecer la Calidad Ambiental en función de la magnitud de aquel.

## 1.2. Población y muestra de estudio

La población que se ha considerado para este estudio, la constituye los habitantes de las zonas rurales de la Región Tacna, específicamente de la zona de influencia del proyecto “Área de Conservación Regional Vilacota-Maure ubicado en la jurisdicción de los distritos de Palca (provincia de Tacna), Susapaya, Ticaco y Tarata (provincia de Tarata) y Candarave (provincia de Candarave) del Departamento de Tacna. Comprende una superficie de 124 313,18 ha y una población total de aproximadamente 1006 habitantes, agrupados en 255 familias con un promedio de 04 integrantes por familia incluidos los padres.

El Universo estará constituida por los pobladores de los Centros Poblados Menores, anexos o estancias ubicados en los distritos antes mencionados. Los elementos muestrales se seleccionaron aleatoriamente, para asegurar que cada elemento tenga la misma probabilidad de ser elegidos.

Nos aseguraremos de determinar el menor número de unidades muestrales para conformar una muestra (n) que nos asegure un error estándar menor de 0,01. Para ello primero aplicamos la siguiente ecuación:

Tamaño provisional de la muestra (n')

$$n' = S^2/V^2 = \text{varianza de la muestra/varianza de la población.} \quad (1)$$

$$p = 0,99; Se = 0,01; N = 255 \text{ familias; } V^2 = (0,01)^2 = 0,0001; S^2 = p(1-p); n' = S^2/V^2$$
$$n' = p(1-p)/(0,01)^2 = 0,99(1-0,99)/(0,01)^2 = 0,0099/0,0001 = 99$$

Tamaño de la muestra (n)

$$n = n'/1 + n'/N = 99/1 + 99/255 = 99/1 + 0,3882353 = 99/1,3882353 \quad (2)$$

$$n = 99/1,3882353 = 71,31 \approx 71 \text{ elementos muestrales (familias).}$$

## 1.3. Técnicas y métodos de recolección y análisis de datos

Con la finalidad de obtener información sobre las formas de recolección, cantidades y usos de leña, tola, bosta y yareta, se realizaron viajes periódicos, principalmente en los meses en que el clima es bueno para viajar y desplazarse a cada uno de los anexos listados al azahar según el mapa del ACRVM. De esta manera se realizaron viajes de estudio en los meses de Agosto y Noviembre del 2007, Agosto y Diciembre del 2008, Setiembre y Diciembre del 2009. En estos

viajes se recolectaron datos primarios obtenidos directamente de los habitantes que conforman la muestra de estudio, es una información de primera mano y específica para nuestro estudio.

Para recolectar información relacionados con las variables de estudio, específicamente sobre las formas de recolección, cantidades y usos de leña, tola, bosta y yareta, así como las costumbres para cocinar, se aplicaron encuestas tipo cuestionarios elaborados por los autores.

Para establecer la línea de base, determinar los impactos sobre la salud de las personas por exposición al CO<sub>2</sub> en interiores y estimar la tasa de deforestación de los bosques se recurrió a datos secundarios, provenientes de estudios ya existentes, que fueron elaborados con una finalidad distinta a los objetivos del presente estudio. Estas bases fueron muy útiles en nuestro caso, por no contar con equipos o instrumentos para medir directamente la cantidad de CO<sub>2</sub> a la que está expuesta la población objetivo durante la actividad de cocinar sus alimentos. Tampoco contábamos con imágenes satelitales pero sí de un modelo matemático, para determinar la tasa de deforestación. En consecuencia usamos la estrategia de establecer una o dos preguntas, para luego buscar las respuestas en la base de datos, elaborada por los autores. Para determinar los impactos ambientales se aplicó el método de redes para la evaluación cualitativa y de matrices valorativas para la evaluación cuantitativa.

## 2. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

### 2.1. Resultados del estudio de línea de base

El ACRVM, se considera como un área de uso directo, en ella que se permite el aprovechamiento o extracción de recursos, en zonas, lugares y para aquellos recursos, definidos por el plan de manejo del área. Otros usos deberán ser compatibles con los objetivos del área. Se permiten los usos científicos y turísticos. Las modificaciones a de actividades y prácticas tradicionales, así como al uso de recursos naturales no renovables, requieren autorización específica del Gobierno Regional de Tacna y un monitoreo permanente.

La planificación en el ámbito del ACRVM, como área natural protegida, no se realizó hasta el mes de Abril del 2006. Los procesos de planificación se dieron inicialmente en los anexos de Vilacota y Mamaraya, a través de talleres participativos de primer nivel para recopilación de información de línea base en cada localidad.

En el 2007, entre los meses de Julio a Diciembre, la consultora CAMDESO SRL es la encargada de llevar a cabo el proceso de elaboración del Plan Maestro del ACRVM, cuyo informe es el resultado de un proceso participativo, de recopilación, levantamiento y sistematización de información y análisis de variables. Algunos resultados presentados en este Plan Maestro del ACRVM, han sido tomados como datos para elaborar la línea de base para el estudio realizado en el presente trabajo, con el debido permiso de la consultora mencionada.

En el proceso de planificación se ha identificado como uno de los principales problemas del área, la inadecuada ordenación del medio natural para mantener la relación hombre naturaleza, la biodiversidad, la prevención de riesgos ambientales y la sostenibilidad de los recursos naturales. Existen problemas de pérdida de suelo, que tienen que ver con el inadecuado uso del mismo. La eliminación de la cobertura vegetal debido a un uso inapropiado de los recursos naturales (sobre pastoreo, tala y extracción ilegal de árboles y arbustos, quema de pastos naturales, etc.) deja sin protección el suelo frente al fuerte impacto de precipitaciones torrenciales, aumentando la escorrentía superficial en las pendientes. El diagnóstico realizado en la zona, también ha puesto de manifiesto la existencia de una actividad ganadera extensiva y no controlada, la explotación irracional de especies forestales, además de la caza furtiva.

El ACRVM, se encuentra ubicada en los Andes Meridionales del Perú, conformando parte de la cadena occidental de la Cordillera de los Andes, en la zona altoandina de la región Tacna. Administrativamente abarca territorios de los distritos de Palca, en la provincia de Tacna; Susapaya, Ticaco y Tarata, en la provincia de Tarata; y Candarave<sup>(\*)</sup>, en la provincia del mismo nombre. Tiene una extensión superficial de 124 922,97 ha, representando el 7,77 % de la superficie regional. En el cuadro 1y la figura 1 se muestra los centros poblados y/o anexos y el mapa de ubicación respectivamente.

De acuerdo a las evaluaciones de campo realizadas en los últimos años en el ámbito del ACRVM, se han identificado un total de 114 especies de plantas vasculares comprendidas en 72 géneros y 29 familias. Las familias con mayor diversidad de especies son: Asteraceae (36), Poaceae (19) y Cactaceae (09). Las características de la vegetación de la zona permiten distinguir seis (06) tipos de formaciones vegetales naturales, basadas en la dominancia de una o más especies.

La fauna del ACRVM es muy variada, sin embargo su conocimiento es todavía incompleto, existiendo algunos trabajos aislados. En el grupo de los vertebrados, las aves y mamíferos presentan mayor información; menos reportes se tienen para los reptiles, anfibios, y peces de aguas continentales; mientras que para el caso de los invertebrados los reportes son aún más escasos, teniéndose conocimiento sólo de algunas especies. Hasta la fecha se han registrado un total de 98 especies de vertebrados, que incluyen 15 especies de mamíferos silvestres, 81 aves, 01 anfibios y 01 pez de aguas continentales.

El área propuesta contiene una muestra representativa de ecosistemas y paisajes altoandinos que son un fuerte respaldo y sirven de cobertura a todo el sistema natural, así como el antropogénico. De acuerdo al Sistema de Clasificación de las formaciones vegetales del mundo de Holdridge, aplicado al Perú por Joseph A. Tosi (INRENA 1995), en el ámbito del ACRVM están comprendidas 05 zonas de vida: *Matorral desértico - Subalpino Templado cálido (md - SaTc)*, *Páramo húmedo - Subalpino Subtropical (ph - SaS)*, *Tundra húmeda - Alpino Templado cálido (th - ATc)*, *Tundra muy húmeda - Alpino Subtropical (tmh - AS)*, *Nival - Subtropical (NS)*, *Nival Templado cálido (NTc)*.

Nº	CENTRO POBLADO/ ANEXO/ ESTANCIA	Nº FAMILIAS	Nº HABITANTES	DISTRITO	CATEGORÍA	ALTITUD (m)
1	CANO	11	64	TICACO	Anexo	4 300
2	KALLAPUMA	19	70	TARATA	Anexo	4 250
3	AYCHUTA	16	63	TARATA	Anexo	4 300
4	CONCHACHIRI	12	52	TARATA	Anexo	4 350
5	CHILUYO GRANDE	17	70	TARATA	Anexo	4 320
6	CHILUYO NORTE	16	71	TARATA	Anexo	4 320
7	VILACOTA	26	83	SUSAPAYA	Anexo	4 450
8	QUEULLIRE	20	62	SUSAPAYA	Anexo	4 470
9	TACJATA	8	28	SUSAPAYA	Estancia	4 442
10	KOVIRE	13	51	TICACO	Anexo	4 390
11	MAMARAYA	10	39	TICACO	Anexo	4 520
12	CHALLAPALCA	17	67	TARATA	Anexo	4 365
13	MAMUTA	10	45	TARATA	Estancia	4 278
14	PAUCARANI	13	49	PALCA	Anexo	4 645
15	CORACORANI	20	70	TARATA	Anexo	4 350
16	CHACHACOMANI	20	84	TARATA	Anexo	4300
17	CHILUYO CHICO	7	38	TARATA	Anexo	4320

Cuadro 1. Principales grupos humanos ubicados en el territorio que comprende el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure. (\*) En la actualidad Candarave ya no está comprendida en el ACRVM.

La cuenca hidrográfica más importante en el ámbito del ACRVM es el Maure-Uchusuma, seguido de las cuencas altas de los ríos Sama y Locumba.

El clima del ACRVM es muy riguroso, característico de las grandes altitudes. Muestra una gran amplitud térmica, prevaleciendo las bajas temperaturas, con fuertes vientos dominantes desde el oeste, con nevadas durante los meses de otoño e invierno. Según los registros de la Estación meteorológica de Vilacota, ubicada a 4 390 m.s.n.m., la temperatura máxima es entre 9,8 °C y 14,4 °C y la temperatura mínima, entre -15,0 y -3,6 °C. Las precipitaciones fluctúan entre 300 y 400 mm., mostrando una alta estacionalidad con periodos húmedos y secos. La época de lluvias se inicia en condiciones normales durante el mes de diciembre y se prolonga hasta marzo, registrándose un acumulado de 462,9 mm por año. Un gran porcentaje de éstas cae en estado sólido (nieve y granizo), impidiendo así el desarrollo de la agricultura.

Geológicamente, la cuenca alta y media del Maure, está conformada por material rocoso de origen volcánico. En colinas de poca elevación se nota la presencia de aglomerados en mantos clásticos y superficiales. Debido a la porosidad del tufo volcánico, la cuenca muestra un fuerte índice de infiltración y gran receptividad de las aguas procedentes de las precipitaciones, constituyendo así un reservorio natural, lo que explica el caudal casi constante que presenta el río Maure pese al largo período seco (Abril – Noviembre).

De acuerdo a la información proporcionada por investigadores en la materia y archivos del Área de Arqueología del Instituto Nacional de Cultura (INC) sede Tacna, los sitios de importancia arqueológica en el ámbito del ACRVM son: Zona de caza de las Pampas de Mamuta, Camino Inca de Vilacota.

El escaso apoyo asistencial y de inversión en infraestructura tanto social como económica en estos lugares contrasta con el nivel de emergencia que se vive en estos. La situación se agrava si se tiene en cuenta el continuo trasvase del recurso hídrico disponible subterráneo y superficial de la zona altoandina, con el lógico efecto negativo sobre los ecosistemas, lo que genera el desecamiento de bofedales, en las que se desarrolla la actividad pecuaria (crianza de camélidos sudamericanos); única fuente de ingreso para su población.

La población asentada en el ACRVM, a nivel de salud se encuentra atendida por los establecimientos de salud de la Microrred Altoandina y Microrred de Frontera. Uno de los principales problemas de la población del ACRVM, es la desnutrición en sus diferentes formas. En cuanto a morbilidad, tenemos que las principales causas con mayor porcentaje de ocurrencia son las enfermedades respiratorias y los problemas asociados a la desnutrición.

La población estudiantil en los anexos al interior del ACRVM corresponde a los niveles de inicial y primaria, llegando a un total de 132 alumnos en ambos niveles, una cantidad bastante escasa de población estudiantil, a diferencia de la existente en los distritos de Tarata y Candarave. Los estudios secundarios son realizados en su mayoría en los distritos interandinos de Tarata y Candarave, salvo escasos estudiantes que realizan su secundaria en las instituciones educativas de Kallapuma y Chiluyo. Finalmente podemos manifestar que la zona del ACR, cuenta con una débil presencia de parte de instituciones públicas y privadas, con una escasa población escolar debido a la migración en busca de mejores condiciones educativas.

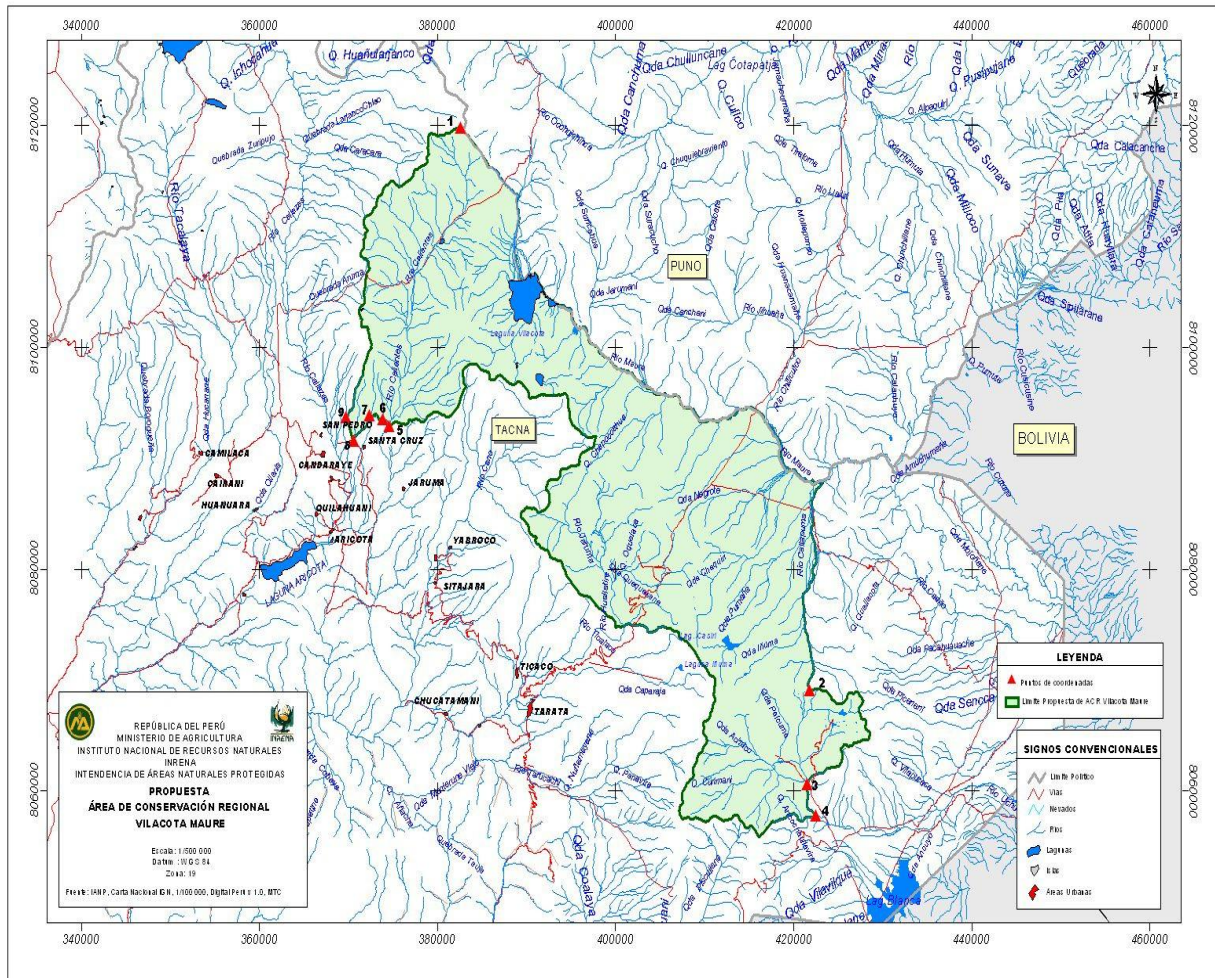


Figura 1. Mapa de ubicación, extensión y límites del Área de Conservación Regional Vilacota-Maure de la Región Tacna

El ámbito del ACRVM, por encontrarse sobre los 3800 m.s.n.m., ha determinado la práctica de actividades económicas principalmente ganadera (camélidos sudamericanos: alpacas y llamas), sumada a una débil actividad comercial informal. La mayor parte de la población realiza estas actividades solo con fines de subsistencia. Presenta actividades y procesos productivos desarticulados, básicamente orientados a la producción primaria sin mayor grado de procesamiento. Esto entorpece el crecimiento sostenido y el estancamiento relativo de su aparato productivo.

## 2.2. Resultados de las encuestas realizadas

En la tabla 1 se ha considerado el número de familias encuestadas en cada anexo, estancia o centro poblado menor, la cantidad de leña y tola, yareta y bosta en kilogramos consumida por semana y por mes respectivamente. Cuando se trata de leña nos referimos principalmente a la Queñoa (*polylepis*). En la tabla 2, se muestran respectivamente los valores totales de la cantidad de leña por un lado y la cantidad de tola, bosta y yareta por otro lado, que consumen todas las familias encuestadas, valores calculados para cada semana, cada mes y cada año.

En la tabla 2, también se presentan los valores totales de la cantidad de biomasa vegetal (leña, tola, bosta y yareta), que consumen todas las familias encuestadas, valores calculados para cada semana, cada mes y cada año. De igual manera se consideran los valores promedios de consumo de leña por un lado y tola, bosta y yareta en kilogramos por semana, por mes y por año que consume cada familia encuestada. Finalmente se presentan los resultados de los valores promedios de consumo biomasa vegetal (leña, tola, bosta y yareta) en kilogramos por semana, por mes y por año que consume cada familia.

Tabla 1: RESULTADOS DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS EN EL ACRVM ENTRE EL 2007 Y 2009:  
EXTRACCIÓN Y USO DE LEÑA, BOSTA Y YARETA

N°	Anexo	Distrito	Provincia	Habitantes	N° Familias	Familias Encuestadas	Uso de leña kg/sem	Uso de tola, bosta, yareta Kg/sem
1	CANO	Ticaco	Tarata	64	11	2	95	45
2	KALLAPUMA	Tarata	Tarata	70	19	4	205	55
3	AYCHUTA	Tarata	Tarata	63	16	4	125	75
4	CONCHACHIRI	Tarata	Tarata	52	12	5	300	175
5	CHILUYO GRANDE	Tarata	Tarata	70	17	5	235	110
6	CHILUYO NORTE	Tarata	Tarata	71	16	5	225	125
7	VILACOTA	Susapaya	Tarata	83	26	8	298	85
8	QUEULLIRE	Susapaya	Tarata	62	20	6	230	145
9	TACJATA	Susapaya	Tarata	28	8	3	150	90
10	KOVIRE	Ticaco	Tarata	51	13	3	120	70
11	MAMARAYA	Ticaco	Tarata	39	10	4	130	73
12	CHALLAPALCA	Tarata	Tarata	67	17	5	185	130
13	MAMUTA	Tarata	Tarata	45	10	4	165	110
14	PAUCARANI	Palca	Tacna	49	13	5	185	140
15	CORACORANI	Tarata	Tarata	70	20	4	130	125
16	CHACHACOMANI	Tarata	Tarata	84	20	3	155	80
17	CHILUYO CHICO	Tarata	Tarata	38	7	1	20	20
	TOTALES			1 006	255	71	2953	1653
Límite de error medición masa de leña: 5%							2 953 ± 148	1 653 ± 83
								4606 ± 230

### 2.3. Resultado de la estimación de la cantidad de CO<sub>2</sub> emitida a la atmósfera

Teniendo en cuenta a Dieter Seifert y D-Neuoetting (2 000), Dieter Seifert (1 998), Antonio Creus S. (2004) la combustión de un kilogramo de leña emite 1,83 kg de CO<sub>2</sub>; esto se debe a que en la leña la mitad de su masa es carbón (C) y si la relación entre el peso molecular del CO<sub>2</sub> y el C es de 44/12 entonces; 1 kg leña produce: 0,5 (44/12 kg de CO<sub>2</sub>) = 1,83 kg de CO<sub>2</sub>. La equivalencia entre el carbono y el CO<sub>2</sub> es:

$$\frac{\text{Peso Molecular del CO}_2}{\text{Peso Molecular del C}} = \frac{44 \text{ (para el CO}_2\text{)}}{12 \text{ (para el C)}} = 3,667 \quad (3)$$

Entonces si en cada kilogramo de leña el 50 % (composición química de la madera, M. Camps y F. Hernández, 2002, Mundi-Prensa) es carbono (C), entonces la razón será de 3,667 x 0.5 = 1,83 Kg de CO<sub>2</sub>/ kg de leña.

Considerando los resultados de la tabla N° 2, en promedio una familia de 4 personas que habita en el ACRVM consume 3 127,58 kg de leña al año entonces la cantidad de CO<sub>2</sub> que emite dicha familia es de:

$$M_{\text{CO}_2} = 3\,127,58 \times 1,83 = 5\,723,47 \text{ kg/a}$$

$$M_{\text{CO}_2} = 5,7 \text{ T/año}$$

La masa total M<sub>T</sub> de CO<sub>2</sub> que emiten las 255 familias que ocupan el ACRVM será:

$$M_{\text{TCO}_2} = 5,7 \times 255 = 1\,453,5 \frac{\text{T}}{\text{a}}$$

TABLA N° 2: VALORES PROMEDIOS DE USO DE LEÑA, YARETA Y BOSTA EN EL ACRVM - REGION TACNA

	Uso de leña	Uso de tola, bosta, yareta	Uso de leña	Uso de tola, bosta, yareta	Uso de leña	Uso de tola, bosta, yareta
	kg/sem	kg/sem	kg/mes	kg/mes	kg/año	kg/año
	95	45	380	180	4 560	2 160
	205	55	820	220	9 840	2 640
	125	75	500	300	6 000	3 600
	300	175	1 200	700	14 400	8 400
	235	110	940	440	11 280	5 280
	225	125	900	500	10 800	6 000
	298	85	1 192	340	14 304	4 080
	230	145	920	580	11 040	6 970
	150	90	600	360	7 200	4 320
	120	70	480	280	5 760	3 360
	130	73	520	292	6 240	3 504
	185	130	740	520	8 880	6 240
	165	110	660	440	7 920	6 240
	185	140	740	560	8 880	6 720
	130	125	520	500	6 240	6 000
	155	80	620	320	7 440	3 840
	20	20	80	80	960	960
	2 953	1 653	11 812	6 612	141 744	80 314
Promedios		4 606		18 424		222 058
Promedios	Leña	Tola, bosta, yareta	Leña	Tola, bosta, yareta	Leña	Tola, bosta, yareta
	41,59	23,28	166,37	93,13	1 996,40	1 131,18
por familia	Leña, tola, bosta, yareta		Leña, tola, bosta, yareta		Leña, tola, bosta, yareta	
	64,87		259,49		3127,58	

#### 2.4. Identificación de Impactos Ambientales (IIA)

Para la identificación de los componentes ambientales e impactos ambientales se utilizará las matrices de causa y efecto.

**Componentes Ambientales.** En el cuadro 2, se muestra el resultado de la identificación de componentes ambientales como el aire, suelo, flora, fauna, social, económico y de interés humano, susceptibles de ser impactados por las actividades impactantes como: extracción de leña, búsqueda, recolección y traslado de leña, cocción de alimentos usando leña (queñoa, tola, yareta, bosta) en cocinas tradicionales y exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales.

**Impactos Ambientales.** En el cuadro 3 se muestra, el resultado de la identificación de impactos ambientales sobre el medio abiótico aire, suelo, medio biótico, flora, fauna y el medio social, económico y de interés humano, susceptibles de ser impactados por las actividades impactantes como: extracción de leña, búsqueda, recolección y traslado de leña, cocción de alimentos usando leña en cocinas tradicionales y exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales.

<b>Componentes Impactantes</b>	<b>Categoría Ambiental</b>	<b>Componente Ambiental</b>	<b>Aspecto Ambiental</b>	
1. Extracción de Leña	Medio Físico	Aire	Partículas en suspensión y gases de combustión en interiores	
			Compuestos volátiles	
			Captura de CO2	
			Emisiones de CO2 a la atmósfera	
3. Uso de leña para Cocción de alimentos en cocinas tradicionales		Suelo	Paisaje	
			Calidad del suelo	
4. Exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales		Medio Biológico	Flora	Deforestación
			Fauna	Extinción y Migración de especies
Socioeconómico y cultural	Social	Salud y seguridad alimentaria		
		Conflictos socio ambientales		
	Económico	Creación empleo		
		Prestación de servicios		
	Interés humano	Migración		
		Alteración del paisaje		

Cuadro 2. Identificación de componentes ambientales susceptibles de recibir impactos

ACTIVIDAD	CUADRO N° 6. MATRIZ DE IMPACTOS POTENCIALES COMPONENTE AMBIENTAL												
	MEDIO FÍSICO						MEDIO BIOLÓGICO		MEDIO SOCIECONOMICO Y CULTURAL				
	Aire				Suelo		Flora	Fauna	Social	Económico		Interés Humano	
	Partículas en suspensión y gases en interiores	Emisión de CO2 a la atmósfera	Compuestos volátiles	Captura de CO2	Calidad del suelo	Paisaje	Deforestación	Extinción y migración de Especies	Salud y seguridad alimentaria	Creación empleo	Prestación de servicios	Migración	Calidad de Vida
Extracción de Leña				X	X	X	X	X		X	X	X	X
Uso de leña en Cocción de alimentos en cocinas tradicionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Búsqueda, recolección y traslado de leña						X	X	X		X	X		X
Exposición a gases emitidos en el proceso de combustión en cocinas tradicionales									X	X	X	X	X

Cuadro 3. Matriz de impactos potenciales por componente ambiental

**2.5. Evaluación de Impactos Ambientales (EIA)** La metodología utilizada para la evaluación de los impactos ambientales, se logra con el análisis de los aspectos ambientales identificados y su interacción con los componentes ambientales que podrían verse afectados.

**Evaluación Cualitativa.** La escala de evaluación cualitativa de los impactos ambientales, se refiere al grado de incidencia de la actividad sobre un determinado componente ambiental. La variación de la calidad ambiental, establece si el cambio producido por las actividades en relación al estado inicial del componente ambiental; es decir, es beneficiosa o reduce la calidad ambiental. Es positivo (+) si mejora la calidad de un componente ambiental y es negativo (-) si reduce la calidad del mismo. En el diagrama de redes de la figura 2, los números romanos indican lo siguiente: I Alteraciones en el Medio Físico; II Alteraciones en el Medio Biótico o Biológico y III Alteraciones en el medio Socio Económico y Cultural. Color rojo impacto altamente negativo, color amarillo moderadamente negativo.

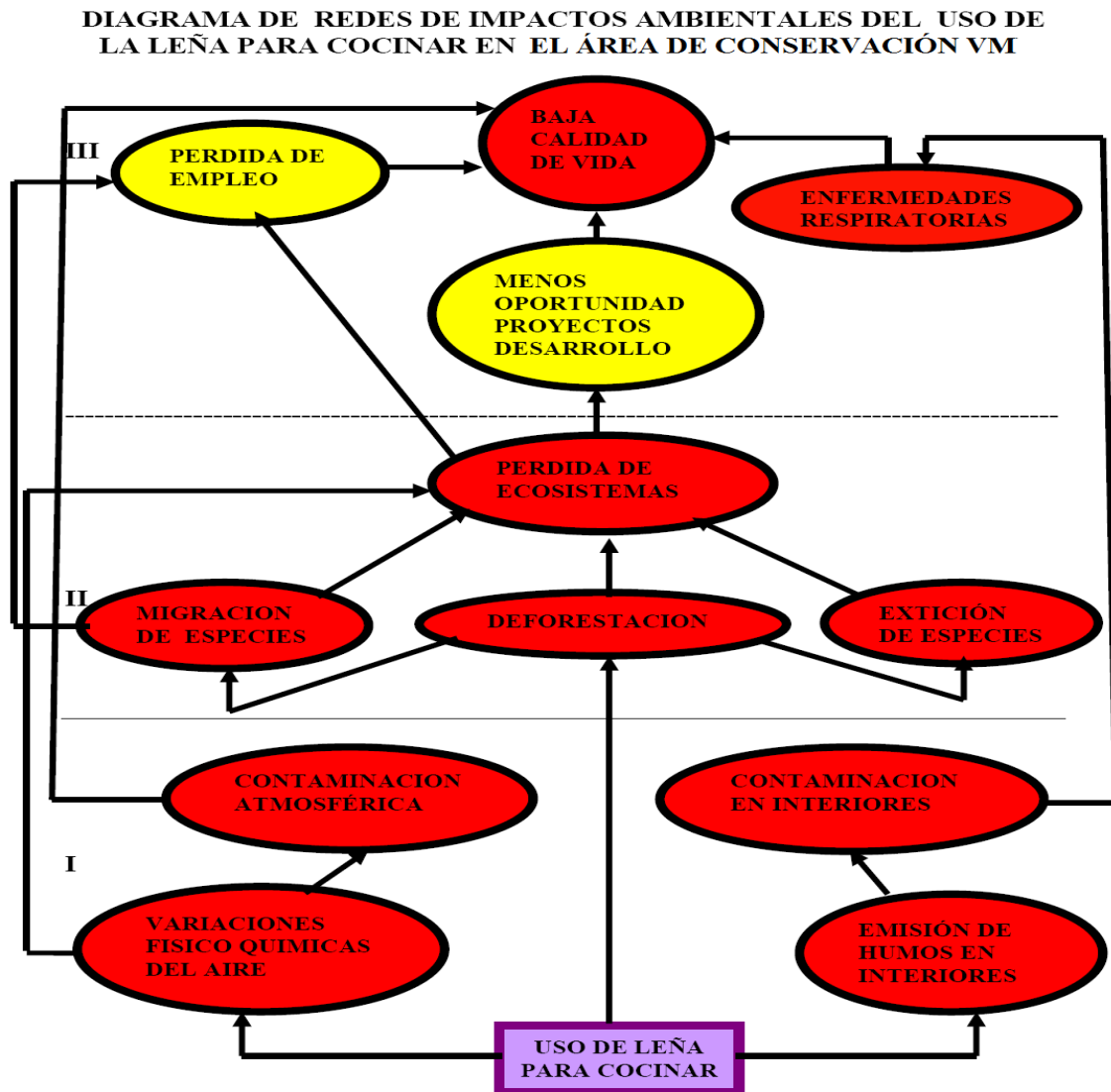


Figura 2. Diagrama de redes de impactos negativos debido a la extracción de leña de los bosques, matorrales y yaretales del ACRVM.

**Evaluación Cuantitativa.** Para la evaluación cuantitativa de impactos ambientales se ha aplicado la metodología de Leopold modificada de acuerdo a las características de las actividades involucradas en el estudio de investigación. Se consideraron los siguientes criterios de evaluación: variación de la calidad ambiental ( $V_{ca}$ ), magnitud ( $M_g$ ), extensión ( $E_x$ ), persistencia (Per), capacidad de recuperación (Rec), sinergia (Si), significancia (Sg).

En esta parte se presenta la matriz de evaluación y valoración de impactos producidos por las actividades que conllevan a la obtención de leña para cocinar en el ACRVM de la Región Tacna. En el cuadro 4. Se presenta la matriz de valoración y cuantificación de impactos ambientales.

Componente Ambiental		Impacto	Parámetro de valoración						Significancia	Calificación de Impacto
			Var. Calidad ambiental	Magnitud	Extensión	Persistencia	Recuperación	Sinergia		
Medio Biótico	Flora	Deforestación	Negativo	3	2	3	2	3	-17	Altamente Negativo
	Fauna	Migración y extinción de especies	Negativo	3	2	3	3	3	-17	Altamente Negativo
Medio Abiótico	Calidad de aire	Contaminación del aire por partículas en suspensión y gases de combustión	Negativo	3	1	2	1	3	-13	Altamente Negativo
		Contaminación del aire por compuestos volátiles	Negativo	2	1	2	1	3	-11	Moderadamente Negativo
		Emisión de CO2 a la Atmósfera	Negativo	1	1	2	1	0	-6	Baja Significancia
		Captura de CO2	Negativo	3	2	3	2	3	-17	Altamente Negativo
	Calidad del suelo	Paisaje	Negativo	3	2	2	2	0	-12	Moderadamente Negativo
		Alteración de las características del suelo	Negativo	3	1	3	2	3	-15	Altamente Negativo
Medio Socioeconómico y cultural	Salud y seguridad	Riesgo de enfermedades y quemaduras	Negativo	2	1	2	2	3	-12	Moderadamente Negativo
	Empleo	Generación de empleo directo e indirecto	Negativo	2	2	2	2	0	-10	Moderadamente Negativo
	Alteración de paisaje	Alteración de la percepción visual	Negativo	3	2	3	3	0	-14	Altamente Negativo
	Migración	Abandono de tierras y centros poblados	Negativos	2	2	2	2	0	-10	Moderadamente Negativo
	Conflictos socio ambientales	Desequilibrio del medio por el hombre	Negativo	1	3	2	2	0	-9	Moderadamente Negativo
	Prestación de servicios	Pérdida de oportunidades para brindar servicios ambientales	Negativo	3	2	2	2	0	-12	Moderadamente Negativo

Cuadro 4. Matriz de Valoración y Calificación de Impactos ambientales en el ACRVM de la Región Tacna.

**Contaminación en interiores**, la combustión de la biomasa en fogones abiertos se da de manera incompleta e incontrolada y genera, por ello, una gran cantidad de partículas y gases contaminantes. De acuerdo con Cooper (1982, citado por Smith, 1987) la quema de biomasa en fogones abiertos genera diecisiete sustancias consideradas "contaminantes prioritarios" por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), para las cuales existe evidencia de toxicidad; más de catorce compuestos carcinógenos; seis tóxicos para los cilios y agentes mucocoagulantes; y cuatro precursores del cáncer. En el interior de las viviendas, particularmente en las cocinas, ocurre la mayor exposición a estos contaminantes, siendo las mujeres y los niños las poblaciones mayormente expuestas por pasar la mayor parte del tiempo en la cocina, están expuestas durante periodos de tres a seis horas diarios a niveles muy

altos de contaminantes durante muchos años (Albalak, 1997). Las concentraciones de partículas superan ampliamente las concentraciones consideradas como permisibles de acuerdo con normas internacionales establecidas para la calidad del aire en ambientes exteriores.

**Impactos sobre la salud de los usuarios,** La exposición a contaminantes emitidos por fogones abiertos puede producir efectos adversos a la salud. La mayor cantidad de contaminantes se concentra en el interior de las viviendas y sus efectos a la salud dependen de factores como (Smith, 1987): Emisión, depende de la cantidad y tipo del combustible empleado y características de la combustión y estufa. Concentración, determinada por la cantidad de emisiones, por las condiciones interiores de ventilación y por la temperatura interior y exterior. Exposición, función directa del tiempo de permanencia en el ambiente contaminado y de la concentración en el mismo. Dosis, depende del tiempo de exposición, de las condiciones de respiración y características del contaminante. Vulnerabilidad, la edad, sexo, estado socio-económico, historia clínica y estilo de vida son algunos factores determinantes que influyen en la vulnerabilidad de una persona. Existe evidencia consistente de que la contaminación intramuros debida a la utilización de biomasa al interior de la vivienda aumenta significativamente el riesgo de infecciones respiratorias agudas en niños y de enfermedades pulmonares obstructivas crónicas en adultos (WHO, 2002). Además hay evidencia de la relación entre la exposición a contaminantes y la incidencia de infecciones en las vías respiratorias superiores, otitis media, asma, cáncer de tracto nasofaríngeo y de la laringe, tuberculosis pulmonar, insuficiencia ponderal del recién nacido y mortalidad de lactantes, así como de cataratas e infecciones oculares (Bruce *et al.*, 2000). Una de las limitaciones principales de los estudios en salud humana es la falta de información sistemática y detallada de contaminación interior y de exposición personal.



### 3. CONCLUSIONES

La demanda de leña en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure de la Región Tacna para la cocción de alimentos, es de magnitud considerable, lo cual permite concluir que la tasa de deforestación se mantiene en los valores tradicionales, a pesar que el recurso forestal ha disminuido por su explotación irracional pero ha sido reemplazado por otras especies sobre todo de matorrales como la Tola, y otras especies entre ellas la Yareta y también la bosta de camélidos sudamericanos..

Esta fuerte demanda de leña está causando una serie de impactos ambientales moderadamente negativos y altamente negativos, en los diferentes medios bióticos, abióticos, económicos y sociales en la población de la zona de estudio, que contribuye a incrementar los bajos niveles de calidad de vida de las comunidades que se encuentran dentro del ACRVM.

Los impactos ambientales más importantes son sobre los ecosistemas, flora, fauna lo cual está provocando que exista una creciente migración y extinción de especies, así como una paulatina pero constante degradación de los suelos por erosión causada por las lluvias y el sobre pastoreo principalmente.

El uso de leña para cocinar sus alimentos causa impactos negativos importantes en la población, sobre todo en aquellas personas que se encuentran la mayor parte del tiempo en la cocina, esto deberá ser verificado a través de un estudio epidemiológico detallado.

La introducción de cocinas mejoradas y cocinas solares parabólicas SK12, SK14 o SK98 pueden ser una alternativa de solución para solucionar la crisis de la leña que está ocurriendo en la zona en estudio, permitirá revertir la situación actual y además causará impactos positivos considerables, como la reducción de la deforestación, reducción de la migración y extinción de especies, reducción de enfermedades respiratorias, reducción de la degradación de los suelos, mejoras en la calidad de la dieta alimenticia y por lo tanto una mejor calidad de vida de la población.

#### 4. RECOMENDACIONES

Se debe realizar un estudio de investigación epidemiológica de los impactos negativos directos sobre la salud de las personas, que trae como consecuencia el uso de la leña para la cocción de alimentos en cocinas tradicionales en el ACRVM, principalmente sobre las vías respiratorias y el sentido de la vista.

Es necesario realizar un estudio detallado de los impactos que sobre las especies de flora y fauna tiene la extracción de la leña, particularmente de la Queñoa, el Suri, la Tola, la Yareta y otras especies que son vulnerables, así como en el suelo y el recurso hídrico subterráneo.

Es necesario que las municipalidades y los gobiernos regionales consideren en sus planes estratégicos de desarrollo la implementación de un programa de capacitación y difusión para el uso masivo de las cocinas mejoradas y solares en el Área de Conservación Regional Vilacota-Maure de Tacna, no sólo de las cocinas parabólicas SK sino también de las cocinas solares tipo caja, de acuerdo a la aceptación que este tipo de tecnología tenga en dichas comunidades.

#### REFERENCIAS

- CEPIS-OPS/OMS, Evaluación de Impacto Ambiental. <http://www.cepis.ops-oms.org>
- Comité Europeo para el Desarrollo de Cocinas Solares (ECSCR), (1993), Second International Solar Cooker Test, Almería, España
- Conesa Fdez, V., (1997), Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, 3ra edición, Ediciones Mundi - Prensa, Madrid, España
- CSCR, Comité Europeo para la Investigación de la Cocción Solar, (1994), Resultados de la Cocina Solar SK12, 2do Test Internacional de Cocinas Solares, Plataforma Solar de Almería, España.
- Franco Díaz, J.M., (2007), Diagnóstico Socioeconómico del Área de Conservación Regional Vilacota Maure, GRT - Gerencia Regional del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Tacna, Perú.
- GATE - GTZ, - Aprovecho Institute, (1985), Estufas para Ahorrar Combustible, Vieweg & Sohn, Eschborn, Federal Republic of Germany.
- GIRA, (2004), El uso de estufas mejoradas de leña en los hogares: Evaluación de Reducciones en la Exposición Personal, Informe Final, Morelia, México. <http://www.gira.org.mx>
- GIRA, (2003), El uso de biomasa como fuente de energía en los hogares: efectos en el ambiente y la salud, y posibles soluciones, Informe Final, Morelia, México. <http://www.gira.org.mx>
- GTZ, CEPIS, OPS/OMS MINSA, (2005) La Implementación de Cocinas Saludables como intervención clave en el mejoramiento de la Salud Ambiental en los Andes. Lima, Perú.
- IDMA, Programa de Desarrollo Sostenible (1998), “Estudio de Demanda de Leña y su Impacto Ambiental en el Santuario Nacional de Ampay”, Abancay, Perú
- INADE - PET, (2000), Compatibilización y Actualización Ambiental del Proyecto Vilavilan I-II etapa, Tacna, Perú.
- INEI, (2000), Guía Automatizada Departamental "Conociendo Tacna", Lima, Perú.
- Lampinen, Ari, (1994), “La Reducción de Deforestación Tropical por el uso masivo de Fogones solares”, Technology for Life, Finlandia
- O’Ryan Curtis, D. (2006), Solar Cookyng and Health, ITDG-Revista Boiling Point N° 52, pp 30-32, [http://www.itdg.org/?id=boiling\\_point](http://www.itdg.org/?id=boiling_point)
- OPS/OMS-MINSA,(2006),Seminario Polución del Aire Domestico (PAD) por Fogones Tradicionales en el Perú: Sistematización, Lima, Perú.
- Polo Bravo, C. y Torres Muro H., (2002), Energía y Desarrollo Sostenible, Centro de Energías Renovables de Tacna – UNJBG, Memorias impresas del IX SPES, APES-UNSA, Arequipa, Perú
- PNUD, BUN-CA, GEF, (2002), Manuales sobre Energía Renovables: Biomasa, 1ra Edición, San José, Costa Rica
- Seifer D. y Vilchez M., (1999), La Cocina Solar SK98M, Benicarló
- Seifert Dieter, (2000), Pasos a un Programa Global de la Cocina Solar, Encuentro Solar 2000, Benicarló
- Seifert Dieter, (1998), Propuesta para la Financiación de un Proyecto Global de Cocinas Solares mediante Joint Implementation, 11° Foro Solar Internacional, Köln, Alemania
- Torres Muro, H., Polo Bravo C. y López Cornejo O., (2003), Impacto de las Cocinas Solares sobre la Demanda de Leña y la Emisión de Dióxido de Carbono en la Zona Altoandina de Tacna”, CERT-UNJBG, Informe Final de Proyecto de Investigación, COIN-UNJBG, Tacna, Perú
- Torres Muro, H., Polo Bravo C., (2004), Perspectiva Ambiental de las Cocinas Solares en la Zona Altoandina de Tacna, Revista “CIENCIA Y DESARROLLO, N° 08, Consejo de Investigación – UNJBG, Tacna, Perú
- Whitfield V. David,( 2003), Ecological Cookers: An Essential Element in Bettering Household Health, Centro de Desarrollo de la Energía Solar (CEDESOL), La Paz, Bolivia. <http://www.solarcooking.org/media/broadcast/whitfield/biowhitfield.htm>.