

Evaluación en campo de funcionamiento, aceptación e impactos de sistemas pico fotovoltaicos en la región San Martín

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH



Co - Financiado por el
Reino de los Países Bajos

Primeras experiencias de sistemas pico fotovoltaicos en el Perú

Gobierno Regional de San Martín
Calle Aeropuerto N° 150
Barrio de Lluyllucucha, Moyobamba
San Martín, Perú
Teléfono: +51-42-564100

Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Prolongación Arenales 801
Lima 18, Perú
Teléfono: +51-1-4229067

Esta publicación se realizó en el marco del Proyecto Energía, Desarrollo y Vida (EnDev/GIZ) con la colaboración de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)

Autor

Angel Verástegui Gubler

Coautores

Ana Isabel Moreno Morales
Victor Cordero Torres

Equipo Técnico

Rafael Rengifo del Castillo
Fernando López Pérez
Fernando Aspajo Hidalgo

Formato

Jossy Verde Llave

Índice

Capítulo I: Introducción	4
Capítulo II: Informes Técnicos	6
A. Evaluación comparada de sistemas “Sundaya Ulitium 2”, “Fosera PSHS 7000” y “Phocos Pico LED Light System”	8
Capítulo III. Implementación de la evaluación de campo en la región San Martín	16
Capítulo IV. Evaluación en campo de Sistemas Pico Fotovoltaicos.....	24
A. Objetivos y metodología del estudio	24
A.1. Modelo de Evaluación	24
A.2. Grupo Objetivo	25
A.3. Variables e Indicadores	25
A.4. Selección y Tamaño de Muestra	26
A.5. Procesamiento de Datos	27
B. Resultados comparados de los Sistemas Pico Fotovoltaicos	28
B.1. Características Generales de los Hogares	28
B.1.1 Número de Miembros de Familia.....	30
B.1.2. Actividad de los jefes de familia	31
B.2. Beneficios del uso de los Sistemas Pico Fotovoltaicos.....	33
B.2.1 Iluminación de la Vivienda	34
B.2.2. Ahorro en el consumo de energía	46
B.2.3 Percepciones sobre los Sistemas Pico Fotovoltaicos	55
B.3.4. Impactos sociales	68
B.3.5. Impacto en el uso de teléfonos móviles	71
Capítulo V: Conclusiones	73

Capítulo I: Introducción

En los últimos años, los notables avances en materia económica en el Perú permitieron proyectar políticas sociales que alcanzaron importantes resultados en la reducción de la pobreza¹. De esta manera, en los últimos siete años, incrementó el coeficiente de electrificación rural de 25.3% a 63%. Sin embargo, aún quedan alrededor de 3 millones de peruanos sin acceso a electricidad debido a su lejanía y dispersión.² Estos factores incrementan los costos y reducen la viabilidad de posibles proyectos para estos lugares, ya que la normativa vigente establece un costo máximo permisible por cada hogar con acceso a una alternativa tecnológica. Es por ello que el gobierno prioriza los proyectos de electrificación, cuyos costos por hogar conectado no sobrepasen los límites establecidos, dejando fuera de sus planes a las poblaciones más inaccesibles y por ende vulnerables.

Se suma a esta problemática la reciente prohibición de la venta de kerosene en todo el país como una medida para combatir el narcotráfico. La decisión afecta a los segmentos poblacionales que utilizaban este combustible para iluminación, precisamente en aquellas zonas en donde la electrificación rural no llegará ni en el mediano ni en el largo plazo, como es la selva amazónica. Naturalmente, la población deberá cambiar el kerosene por combustibles líquidos como el diesel, y las emisiones nocivas de estos aumentarían la polución intradomiciliaria, que de por sí es elevada debido al uso de leña en fogones tradicionales para cocinar en estas zonas alejadas. Todo esto sumado al elevado uso de linternas a pilas, que luego contaminan aguas y suelos, contravienen la política de promoción del uso eficiente de la energía que tiene el Perú.

En este contexto el proyecto EnDeV-Perú implementado por la Cooperación Alemana al Desarrollo – GIZ, así como su Programa Sectorial de Energía Doméstica (HERA) en alianza con la Dirección Regional de Energía y Minas del Gobierno Regional de San Martín (DREM-SM), ha identificado en los Sistemas Pico Fotovoltaicos (SPFV) capacidades básicas de iluminación y comunicación. El presente estudio analiza, a partir de estudios técnicos y una evaluación en campo, la versatilidad de los SPFV que permita evaluar su inclusión como alternativa tecnológica para las familias excluidas del PNER y también para las que estando consideradas en el mediano plazo, vienen sufriendo por la polución intradomiciliaria por cocinar e iluminarse inadecuadamente.

Tratándose de una tecnología con potencia limitada, no se pretende sustituir futuras intervenciones que brinden mayores posibilidades. Sin embargo, emerge como una solución inmediata y sostenible para el remplazo de mecheros de diesel.

¹ De 44,5% en el año 2001 á 31,3% en el 2010 según el Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI.

² Ministerio de Energía y Minas, Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER 2012-2021)

Descripción de la evaluación en campo

Con el objetivo de comprobar la estabilidad técnica de los SPFV en el laboratorio y en campo, así como recoger las impresiones del público meta sobre estas tecnologías, se realiza una evaluación en campo.

La intervención comprende diversas etapas de análisis. En el capítulo II, se explicarán las mediciones que se desarrollaron en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería antes y después del uso de los SPFV en campo. En los capítulos III y IV, se describen los resultados de la evaluación en campo, en la que se evaluaron tanto la estabilidad técnica de los SPFV como las percepciones y satisfacción de su las poblaciones que los utilizaron durante un lapso de ocho meses.

Capítulo II: Informes Técnicos

Evaluación de lámparas LED para Sistemas Pico Fotovoltaicos

El objetivo de este estudio, realizado por el Laboratorio de Fotometría de la Universidad Nacional de Ingeniería en noviembre del año 2010, fue evaluar once diferentes lámparas LED para sistemas Pico FV.

Las lámparas que GIZ entregó a la UNI para el examen fueron las siguientes:

- A. Una lámpara D'Light / Nova (portátil)
- B. Una lámpara Phocos (portátil)
- C. Una lámpara Cosmos (portátil)
- D. Una lámpara Sundaya / Phaesun (fijo)
- E. Una lámpara Fosera 4200 (fijo)
- F. Una lámpara Fosera 7000 (fijo)
- G. Una lámpara Suntransfer 2 (portátil)
- H. Una lámpara Suntransfer 10 (fijo)
- I. Una lámpara Barefoot - Firefly 12 (tipo escritorio)
- J. Una lámpara Barefoot fijo
- K. Una lámpara Barefoot portátil

Las lámparas tenían distintas funcionalidades. Algunas habían sido diseñadas para fijarse en el techo, otras eran portátiles pero podían colgarse también. Una estaba destinada al escritorio y otra, en realidad, era un sistema domiciliario que conectaba una batería con cuatro lámparas de intensidad regulable. Las ventajas o desventajas de sus funcionalidades diversas sólo podrían ser evaluadas en una evaluación en campo.

El examen técnico desarrollado por la UNI tendría como principales objetivos la comparación de la calidad de las baterías y de las lámparas LED.

Calidad de las baterías

La calidad de cada batería se midió en función a su capacidad de carga y la energía almacenada, su eficiencia y su profundidad de descarga.

La **capacidad de carga** de una batería se mide en Amperios por hora (Ah) y la **energía que puede suministrar** en Watts por hora (Wh) y depende para ello de la capacidad de carga y la tensión de la batería que se mide en voltios (V). Éstas han sido medidas según el consumo de los circuitos y LED's de la lámpara a la que pertenecen. La mayor capacidad la tiene la Suntransfer 10.

Una batería requiere mayor energía para cargarse que la que puede ofrecer al descargarse. A menor la diferencia entre la descarga y la carga requerida, más eficiente la batería. La **eficiencia** es entonces, la división entre la carga eléctrica extraída y la requerida para recargar nuevamente la batería. La única lámpara de mayor eficiencia

según los resultados (con 1.00) es la Sundaya. Le siguen la Phocos, las Fosera y la Barefoot fijo (con 0.99).

La **profundidad de la descarga** DOD (del inglés *Depth of Discharge*) nos indica hasta que punto se utiliza la carga de la batería antes que la electrónica de la lámpara la desconecta de las LEDs. Dependiendo de la química de la batería, las descargas muy profundas pueden dañarlas de forma diferenciada, reduciéndose la vida útil³ sobre todo en baterías de plomo ácido en relación con baterías de Li-Ion o NiMh. De las baterías con plomo ácido analizadas, sólo la batería de la lámpara D'Light / Nova, cuentan con un DOD adecuado para el tipo de química que poseen de 60%. El resto tiene valores DOD demasiado altos y se puede prever un tiempo de vida reducido de las baterías causado por una protección insuficiente contra descargas profundas. Las baterías con Li-Ion o NiMh están diseñadas para altas profundidades de descarga (utilizan más del 90% de la batería) lo que no implica complicaciones con la vida útil de éstas baterías.

Las variables antes descritas determinan el tiempo de encendido de la lámpara cuando está prendido un solo foco, aun cuando las baterías son partes de sistemas de dos a más focos. Las lámparas que más duran son la Suntransfer 10 (30,5 horas) y la Suntransfer 2 (15,5 h), pues sus baterías son de gran capacidad. Las siguen la Sundaya (7,6 h), Firefly 12 (5,6 h) y phocos (5,3 h). Todos los tiempos indicados corresponden a la intensidad más alta en que pueden estar encendidas estas baterías, pues algunas tienen distintos niveles de luminosidad. (Para mayor detalle, revisar Anexo 1)

Calidad de las lámparas LED

La calidad de cada lámpara LED se midió en función a su flujo luminoso, la constancia del flujo luminoso durante el tiempo de encendido, la eficacia de la lámpara y la máxima intensidad de iluminación que se puede obtener al borde de una mesa de 1 m² iluminada con la lámpara.

Una lámpara provista de energía eléctrica, emite un flujo radiante (o luminosidad), pero sólo una pequeña porción de este flujo es captado por nuestro sentido de la vista. El **flujo luminoso** es la fracción visible de la energía emitida por una fuente de luz. Su unidad de medida es el lumen (lm). Los flujos luminosos más altos los tienen las lámparas Sundaya (211 lm) y Fosera 7000 (122 lm).

Aun cuando la mayoría de los sistemas mantienen un flujo luminoso estable durante todo el tiempo de encendido de la lámpara, algunos disminuyen su intensidad a fin de que la batería dure más. Entre las lámparas evaluadas, las únicas que tuvieron un **flujo luminoso que no quedara constante** durante todo el tiempo en que estuvieron encendidas fueron las Fosera 4200 y 7000 y la Barefoot fijo.

Para emitir luminosidad, toda luminaria necesita consumir potencia eléctrica, que se mide en watts (W). Es así que la **eficacia luminosa** de la lámpara es medida en función a la cantidad de flujo luminoso irradiado por cada watt consumido (se lee: lm/W).

³ Las baterías con química Li-on son más resistentes a descargas profundas que las baterías de plomo.

Nuevamente, las más eficaces son la lámpara Sundaya y la Fosera 7000 (ambas con 119 lm/W), seguidas de las Fosera 4200 (111 lm/W) y la Phocos (104 lm/W).

Finalmente, se midió la **máxima iluminación** que cada lámpara podía brindar sobre una mesa de 1m², midiendo los lux (lx=lm/m²) al borde de la mesa así como al punto central. Esto ayudará a conocer la distribución de la luz emitida por la luminaria, evaluando en qué medida la luz se concentra debajo de la luminaria o se dispersa en todas las direcciones. La lámpara que brindó la mejor distribución de la luz sobre una mesa fue la Sundaya seguida por la Fosera 7000 y la Phocos.

Conclusiones

Dada la dinámica investigación e innovación alrededor de las tecnologías pico fotovoltaicas, se advierte que las mediciones de este estudio corresponden a lámparas concretas y no necesariamente representan valores que se debe asignar a los modelos de las respectivas lámparas, se postulan las siguientes conclusiones:

- Para la evaluación de campo sería recomendable proponer tanto lámparas fijas (para colgar en el techo) como lámparas portátiles (tipo linterna)
- En el caso de lámparas para iluminación de una habitación, sería recomendable hacer una evaluación de campo con las lámparas Sundaya, Phocos y Fosera.
- En el caso de lámparas portátiles, sería recomendable hacer el estudio de campo con las lámparas Phocos y Barefoot móvil.

A. Evaluación comparada de sistemas “Sundaya Ulitium 2”, “Fosera PSHS 7000” y “Phocos Pico LED Light System”

A partir de las conclusiones que se obtuvieron en la Evaluación de lámparas LED para Sistemas Pico Fotovoltaicos, realizada en noviembre del 2010 por el Laboratorio de Fotometría de la UNI, se lanzó una evaluación en campo en la que se repartieron un total de 114 SPFV conformadas por las marcas Sundaya, Fosera y Phocos a localidades rurales remotas en la región San Martín.

Las fotos y especificaciones técnicas a continuación nos dan una idea de la apariencia y funcionamiento de los sistemas que se utilizaron en campo y fueron luego testeados en el laboratorio. Los componentes que conforman los sistemas instalados varían mínimamente según cada tecnología, como se aprecia en la página siguiente.

Luego de ocho meses de uso, los sistemas retornaron al laboratorio para ser nuevamente examinados, con el fin de determinar su nivel de deterioro y el mantenimiento de la calidad de las baterías y lámparas LED. El análisis post uso de los sistemas Sundaya se realizó en noviembre de 2011, mientras que el de los sistemas Fosera y Phocos se realizaron en enero y febrero de 2012 respectivamente.

En cada exploración de laboratorio post uso se testearon diez lámparas, realizando las mismas mediciones, usando los mismos instrumentos y el mismo procedimiento como

anteriormente con las lámparas nuevas. No obstante, tratándose esta vez de un grupo de lámparas y no solo de una, los resultados de las diez se promediarían para así poder comparárseles con el resultado obtenido por la lámpara nueva en la primera medición.

Sundaya – Ulitium 2

- 1 Panel solar de 5 Wp con cable integrado e interfaz para inserción de soporte (1)
- 2 Luminarias LED's de max. 2 W (2)
- 2 Paquetes de Baterías Li-Ion de 2,25 Ah integrados en cada luminaria (3)
- 1 Cargador de celular (4)
- 1 Distribuidor (Hub) (5)
- 2 cables independientes de distribución (6)



Imagen1. Sistema Pico Fotovoltaico Sundaya - Ulitium 2

Fosera – Pico Solar Home System (PSHS) 7000

- 1 Panel solar Fosera de 5 Wp con cable integrado (1)
- 1 soporte metálico para el panel (2)
- 2 Luminarias LED's de max. 1 W con cable integrado (3)
- 1 Acumulador/Distribuidor con Paquete de Baterías Li-Ion de 7 Ah (4)
- 1 Cargador de celular (5)
- 1 Radio Fosera 0.3 W con cable independiente (6)

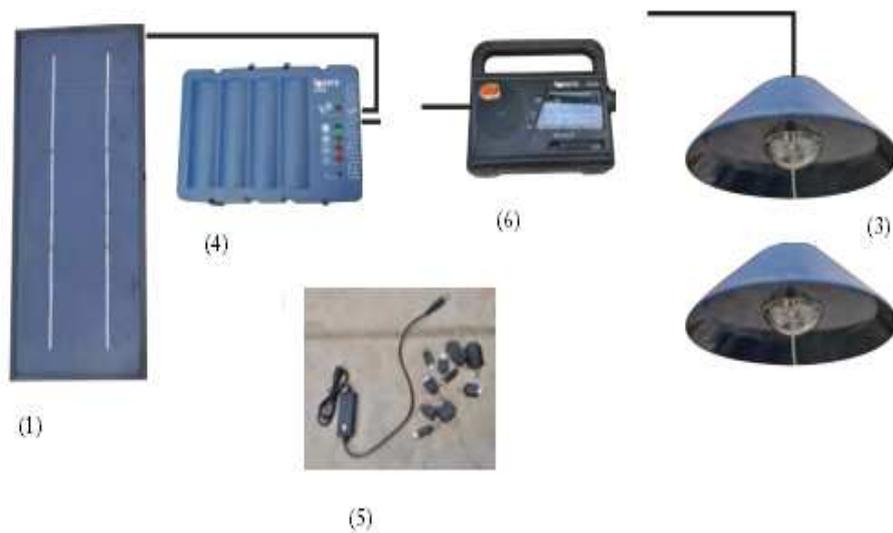


Imagen 2. Fotovoltaje Fosera PSHS 7000

Phocos – Pico LED Light System

- 1 Panel solar Zytech de 5 Wp con cable integrado (1)
- 1 soporte metálico para el panel (2)
- 2 Luminarias LED's de max. 2 W con salida de energía USB (3)
- 2 Paquetes de Baterías Ni-Mh de 2,1 Ah integrados en las luminarias (4)
- 1 Cargador USB de celular (5)
- 1 Interruptor remoto USB (6)
- 1 Distribuidor (Hub) con cables integrados de distribución (7)

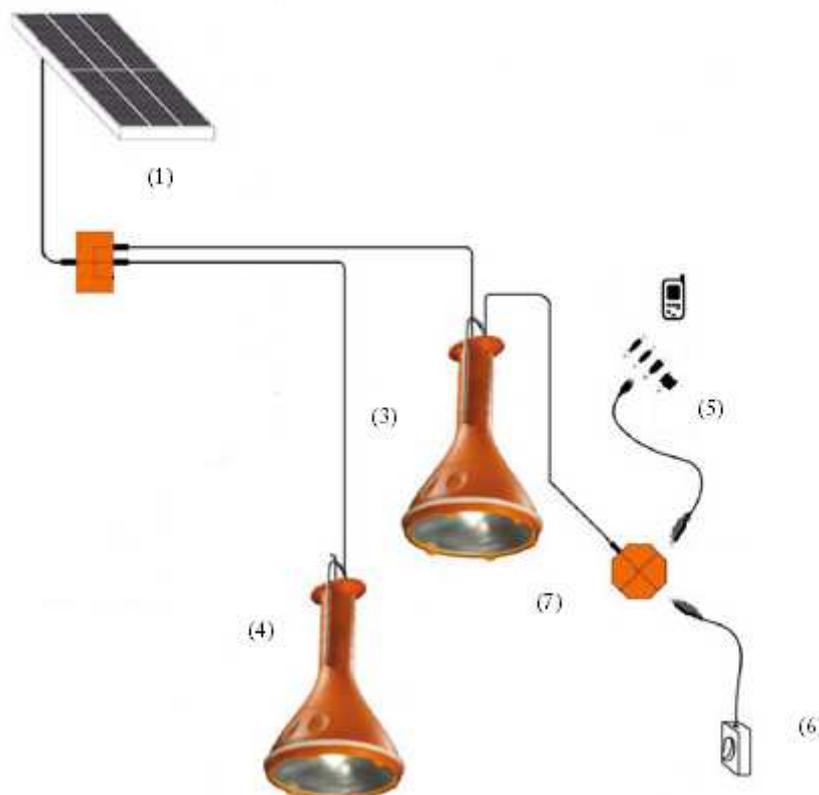


Imagen 3. Sistema Pico Fotovoltaico Phocos - Pico LED Light System

Calidad de la batería

Para las evaluaciones, se contó con sistemas utilizados en cinco hogares diferentes. Tomando en cuenta que cada hogar recibió dos puntos de luz por cada sistema, se evaluaron: diez luminarias Sundaya (cada una con una batería integrada), todas en funcionamiento, diez luminarias Phocos (cada una con una batería integrada), de las cuales dos no pudieron cargarse con su propio circuito, y cinco baterías Fosera (cada una alimenta a dos luminarias independientes), una de las cuáles estaba descompuesta (aunque el circuito electrónico y las lámparas del sistema funcionaban bien).

Las medidas de cada grupo de lámparas se promediaron, y esta cifra se comparó con los resultados de las baterías nuevas en el experimento anterior, a fin de conocer cuáles perdían capacidad con el tiempo de uso. El cuadro 2.1 nos muestra los resultados de los tres sistemas.

Cuadro 2.1. Comparación de la capacidad de las baterías usadas respecto de las baterías nuevas

		Sundaya	Fosera	Phocos
Sistema nuevo (noviembre 2010)	Carga (Ah)	2.17	7.71	1.98
	Energía (Wh)	16.43	24.6	9.86
Post uso	Promedio de carga (Ah)	2.16	7.12	1.82
	Promedio de energía (Wh)	15.73	23.01	9.66
% respecto del sistema nuevo	% Carga (Ah)	99%	92%	92%
	% Energía (Wh)	96%	94%	98%

En la batería del sistema Sundaya se observó una disminución⁴ mínima en la capacidad de carga de las baterías, a pesar de los ocho meses de uso. En las otras lámparas hay una disminución un poco mayor, pero no es realmente significativa, los valores obtenidos son comparables con los que resultaron de la batería nueva. Este resultado no quita que la lámpara Fosera sea aun la que más carga permite de las tres y que alimenta a dos focos, mientras que las otras tienen una sola luminaria

Calidad de las lámparas LED

Para esta evaluación se contó con diez lámparas LED de la marca Sundaya, diez de la marca Fosera y nueve de la marca Phocos, pues una de las enviadas no encendió desde el inicio de las mediciones, aún luego de cambiar la batería del sistema por una nueva.

Se realizaron diversos análisis para determinar la calidad de las lámparas LED. Describiremos los principales, que nos ayudarán a comparar el estado de los sistemas nuevos y los que tienen ocho meses de uso.

Se midió dos veces el flujo luminoso (lm) y la eficacia (lm/W) de cada sistema en la intensidad más alta, en el estado en el que llegaron al laboratorio y una luego de limpiar todas las partes y cargar completamente las baterías. El promedio de los diez resultados obtenidos en la segunda medición son los que se utilizarán para la comparación con el examen previo y entre los sistemas. El cuadro 2.2. Nos muestra los cálculos del flujo luminoso para los tres sistemas.

⁴ La disminución no es visible en el porcentaje presentado en la tabla porque las cifras están redondeadas.

Cuadro 2.2. Comparación del flujo luminoso y la eficacia de las lámparas LED usadas respecto de las lámparas LED nuevas

		Sundaya	Fosera	Phocos
Sistema nuevo (noviembre 2010)	Flujo luminoso (lm)	211	122.4	128.7
	Eficacia (lm/w)	110	118.8	71.5
Post uso	Promedio Flujo luminoso (lm)	197	91	106
	Promedio Eficacia (lm/w)	102.2	103	59.8
% respecto del sistema nuevo	% Flujo luminoso (lm)	93%	74%	82%
	% Eficacia (lm/h)	93%	87%	84%

El flujo luminoso de las lámparas de los tres sistemas aún registraba valores bastante altos. Sin embargo, luego de ocho meses de uso, los sistemas Fosera y Phocos presentan promedios algo inferiores, mientras que los de Sundaya han mantenido una medida muy similar al que obtuvo cuando nuevo.

Para averiguar la constancia del flujo luminoso a través del tiempo, se hicieron pruebas en dos sistemas Sundaya, dos Phocos y uno Fosera (pero este sistema alimenta más de una luminaria, por lo que se conectaron dos de ellas). Los resultados comparados se pueden ver en el cuadro 2. 3.

Cuadro 2.3. Comparación del flujo luminoso y la eficacia de las lámparas LED usadas respecto de las lámparas LED nuevas

	Sundaya	Fosera	Phocos
Tiempo encendido (horas)	105.8	23.5	4.8
Flujo luminoso máximo (%)	100.0%	100.0%	100.0%
Flujo luminoso mínimo (%)	3.5%	75.0%	95.3%

A pesar de que, según lo que podemos ver en el cuadro, el sistema Sundaya tiene un tiempo de encendido mucho mayor al de las otras dos lámparas, el comportamiento de cada una es muy diferente, y estas podrían definir su funcionalidad en el campo. Las lámparas Sundaya, durante las primeras 10,15 horas, disminuyen paulatinamente su intensidad, hasta llegar, en promedio, al 3.5% de su capacidad, en la que se mantendrían por noventa y cinco horas más. La lámpara Fosera disminuye lentamente a un 75% de su valor inicial en un periodo de 13,25 horas, para luego disminuir fuertemente a un mínimo de luminosidad que no se apagará ni en veinticuatro horas. Finalmente, las lámparas Phocos quedan constantes durante todo el tiempo de encendido en su máxima intensidad, pero se apagarán por completo luego de 4,8 horas, en promedio.

Observaciones

Durante el análisis de los sistemas, los responsables del Laboratorio de Fotometría de la UNI observaron algunos problemas en las lámparas que es importante tomar en cuenta, dado que se pueden repetir con otros ejemplares de dichos modelos. A continuación se enumeran las más importantes y se describen brevemente.

- **Sistema “Sundaya Ulitium 2”**
 - Durante el segundo proceso de descarga para realizar las mediciones de las baterías, en el que se forzó una descarga más profunda que la que permitía el sistema de la lámpara, se dañaron dos baterías. Se presume que la descarga profunda forzada dañó las baterías, pero no es un tema del que preocuparse, puesto que el sistema que opera las lámparas no permitirá que esto ocurra en un contexto normal.
 - Uno de los chips en los circuitos electrónicos de cada una de las lámparas mostró una rugosidad.
- **Sistema “Fosera PSHS 7000”**
 - Una de las baterías llegó al laboratorio en estado inoperativo. Se presume que la razón por la que se puede haber dañado es que la profundidad de la descarga haya superado lo que dicha batería podía alcanzar.
 - Llama la atención las grandes diferencias entre las potencias eléctricas que las lámparas de este grupo extraían de las baterías. Luego de unas pruebas, pareciera que esta dispersión es más causada por las lámparas LED que por los circuitos electrónicos de estos sistemas.
- **Sistema “Phocos Pico Light Kit”**
 - Dos de las baterías almacenaron poca carga en su primer proceso de carga eléctrica. Para ellas fue necesario realizar una nueva descarga y carga a través de un circuito diferente al suyo.
 - Una de las lámparas no funciona pues hay una falla en su circuito electrónico que no carga bien las baterías ni da la corriente apropiada al LED. Las baterías, sin embargo, se encuentran en buen estado.

Conclusiones

El flujo luminoso de las lámparas evaluadas es aún alto luego de ocho meses de uso, pero el del sistema Sundaya se ha mantenido mejor que los otros dos.

Todas las baterías evaluadas siguen teniendo capacidades de carga similares a las de una lámpara nueva, siguen siendo razonablemente buenas. No obstante, mientras que de las baterías de los diez sistemas Sundaya funcionaron a la perfección, una de las cinco baterías del sistema Fosera recibidas estaba dañada y dos de las baterías del sistema Phocos no pudieron cargarse y descargarse a través de su propio circuito.

Debido a la electrónica particular de las lámparas Sundaya, estas tienen un tiempo de funcionamiento bastante más alto que las otras. Las Fosera, debido a una mayor capacidad de carga, tienen, a su vez, un tiempo de funcionamiento más alto que las Phocos. Esto, naturalmente, permitirá a la Sundaya un campo mayor de funcionalidad respecto de las otras.

Como comentario final, vale la pena mencionar que durante la evaluación en campo se observaron porcentajes de fallas de 14% con Sundaya, 40% con Fosera y 17% con Phocos. La variación del flujo luminoso en el tiempo, medida en las lámparas analizadas luego de su uso en campo, sugiere un análisis más profundo respecto a la estabilidad técnica de la electrónica particular de cada SPFV. Si la degradación paulatina del flujo luminoso es parte del diseño electrónico de cada SPFV, ésta debería ser similar antes y después de su uso en campo.

Capítulo III. Implementación de la evaluación de campo en la región San Martín

Como se mencionó anteriormente, luego de la primera evaluación de las lámparas que permitió escoger a los sistemas Sundaya, Phocos y Fosera como los más convenientes para ser probados en campo al haber demostrado los mayores niveles de luminosidad y eficiencia con buena calidad de sus baterías. De esta manera se instalaron los tres tipos de tecnología en tres comunidades distintas para ser probadas cotidianamente por familias pertenecientes al público meta del proyecto.

Al cabo de ocho meses de instaladas las lámparas en las viviendas de las familias voluntarias, se les visitaría nuevamente, con el fin de encuestarlos y medir el impacto que los sistemas habían tenido en sus hogares. En este capítulo describiremos las comunidades elegidas para la evaluación en campo y la manera como se realizó la intervención en campo para asegurar el buen desenvolvimiento del proyecto antes de la etapa de medición.

Características de las localidades escogidas para la evaluación en campo

Las comunidades escogidas para el estudio debían estar ubicadas en localidades que no fueran a acceder a la red eléctrica como mínimo en los próximos cinco años. La selección llevó al equipo a localidades ubicadas en distintos distritos y provincias la una de la otra.

Cuadro 3.1. Departamentos, provincias y distritos en los que están ubicadas las comunidades escogidas para la evaluación en campo

Departamento	Provincia	Distrito	Localidad
San Martín	Moyobamba	Soritor	Paitoja
	Lamas	Lamas	Yurilamas
	Mariscal Cáceres	Pachiza	Marisol

San Martín es un departamento ubicado en la selva alta del norte del Perú. Su territorio se caracteriza por una alta diversidad ambiental, razón por la cuál sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería. Esta región presenta una demografía de alto crecimiento y tiene, en la actualidad, una población de aproximadamente 800,000 habitantes.

Imagen 3.1. Ubicación del departamento de San Martín en el mapa del Perú



Imagen 3.2. Provincias del departamento de San Martín



Fuente: Página web del Proyecto USAID/Perú ProDescentralización
(<http://www.prodescentralizacion.org.pe>)

Cuadro 3.2. Características demográficas y socioeconómicas de las poblaciones de los distritos en las que se ubican las localidades seleccionadas

	Soritor	Lamas	Pachiza
Población total	25978	13339	4445
% Población Rural	42%	52%	61%
% Población pobre	51%	54%	38%
% Población sin electricidad	52%	59%	74%
Quintil Pobreza	2	1	1
Índice de Desarrollo Humano	56%	56%	55%

Fuente: Mapa de Pobreza de INEI, 2009. Elaboración Propia.

Una de las localidades, Paitoja, se encuentra en el distrito de Soritor, ubicado en la provincia capital del departamento, Moyobamba. La población de más de veinte mil habitantes de este distrito, cuyas dos quintas partes viven en el ámbito rural, se ubica en el segundo quintil de pobreza⁵ a nivel nacional. Dos de cada tres habitantes son pobres y sólo la mitad tienen acceso a electricidad en sus viviendas. Entre quienes carecen de este servicio público se encuentran los habitantes de la comunidad estudiada, que es un centro poblado de colonos en el último punto accesible de una trocha carrozable.

En el distrito capital de la provincia de Lamas, que lleva su mismo nombre, se encuentra otra de las localidades escogidas, Yurilamas. El distrito de Lamas tiene una población más pequeña que Soritor, y una mayor proporción de habitantes viviendo en el ámbito rural (más de la mitad, 52%) y, como generalmente en estos casos, más población pobre (54%). Se ubica en el primer quintil de pobreza y tiene una porción un poco más elevada de población sin electricidad (59%). En sí misma, la localidad escogida es una comunidad nativa que se ubica ocho horas a pie de la última vía carrozable, lo que la hace más recóndita que Paitoja.

Finalmente, en otra de las provincias de la región, Mariscal Cáceres, se encuentra la última localidad de las que participaron en la evaluación en campo: Marisol. Forma parte del distrito de Pachiza, un distrito de dimensiones y poblaciones más pequeñas que los de las localidades comparadas. Con menos de cinco mil habitantes, este distrito es el más rural de los aquí descritos (61% de población rural), y también está ubicado en el primer quintil de pobreza. En Pachiza, tres de cada cuatro pobladores no cuentan con electricidad en sus viviendas y queda claro que, por la falta de accesibilidad de Marisol a la electricidad, esta comunidad de colonos no es una de las beneficiadas por este servicio público. Para llegar a Marisol, es necesario viajar por el río durante tres horas, partiendo de un puerto en la periferia de una ciudad.

⁵ Mapa de Pobreza de FONCODES, 2006. Las poblaciones fueron divididas en cinco grupos, en el quinto quintil se encuentran las poblaciones más ricas y en el primer quintil las poblaciones más pobres.

A partir de este repaso de las características poblacionales y territoriales de las localidades y los distritos en donde están ubicadas, podemos apreciar que a pesar del criterio común por el cual fueron elegidas, que suponía que todas carecerían de electrificación en los próximos cinco años, existe diversidad de características entre ellas. Estas diferencias no sólo se encuentran en las densidades poblacionales, niveles de pobreza y ruralidad de las zonas en las que están ubicadas, sino también en su lejanía y dispersión. Esto conlleva que la capacidad del Estado, los comercios y los habitantes de la región tengan distintos niveles de accesibilidad a cada una de ellas, lo que por último se plasma en distintos hábitos y costumbres respecto de la energía.

El uso o desuso de la energía se refleja, por ejemplo, en la cantidad de ingresos que pueden lograr los pobladores con sus actividades productivas, en el nivel de demanda que tienen respecto de la energía y también en la cantidad de recursos que gastan en conseguirla. Por ejemplo, en las comunidades de mejor acceso, se encontró mayor presencia de motores de generación eléctrica. Estos ofrecen una considerable potencia eléctrica, pero también consumen un nivel elevado de combustible, por lo que los Sistemas Pico Fotovoltaicos (en adelante, SPFV) serían muy bien recibidos, puesto que generan un gran potencial de ahorro.

Los SPFV fueron cedidos, por ocho meses, a cada una de las familias dispuestas a participar en el estudio. Las condiciones que se les pidió siguieran para participar, es que nos permitieran observar como se desempeñaban los sistemas en sus hogares y que, finalmente, nos ayudarán respondiendo una encuesta en la que exploraríamos cómo los habían usado, cuán útiles les habían sido y si estaban dispuestos a seguir con ellos. Las cantidades y tipo de SPFV distribuidos en las comunidades pueden apreciarse en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Número y marca de SPFV entregados en cada comunidad intervenida

Región	Comunidad	Nº de SPFV	Modelo
San Martín	Yurilamas	55	Sundaya
	Paitoja	35	Fosera
	Marisol	24	Phocos
	Total	114 SPFV	

Reuniones iniciales de información y sensibilización de las comunidades

Previo a la implementación de la evaluación en campo, fue necesario convocar a las familias, autoridades y líderes de las localidades, en las que los había, para informarles acerca del proyecto y expresarles nuestro interés en su participación.

En dichas reuniones se expusieron los objetivos y los resultados que se querían alcanzar con el estudio, informándoles que, de participar, se les cederían temporalmente para que los probaran, pero que la Dirección Regional de Energía y Minas de San Martín (en adelante, DREM San Martín o simplemente, DREM) quedaría

como propietaria de ellos. Se decidió no exigir dinero de los usuarios por los sistemas al desconocerse el funcionamiento en campo de las tecnologías por estudiarse, sin embargo ellos asumieron aspectos adicionales al sistema, como soportes de panel o el apoyo a la instalación. Las perspectivas de la DREM con los sistemas es implementar un modelo de gestión adecuado para estos sistemas luego de probar su versatilidad técnica y satisfacción del usuario.

Luego de haber brindado la información, se buscó motivar el interés de los habitantes por participar y, a los que decidieron hacerlo, se procuró comprometerlos para poder adecuar sus viviendas para la instalación de los sistemas. Finalmente, se averiguó quienes eran los líderes comunales y se hizo un contacto con ellos para asegurar la futura instalación de los SPFV y su supervisión durante el tiempo de duración de la evaluación en campo.

Foto 3.1. Reunión Inicial con población de Yurilamas



Compra y Distribución de Tecnologías

Como se mencionó previamente, GiZ pudo establecer una alianza con la DREM San Martín. Esta entidad fue de gran ayuda para la identificación de las comunidades que cumplieran con la condición establecida y además, compartió costos para la compra de algunos SPFV.

Esta fase comprendió la identificación de proveedores de SPFV, cotización, compra y envío de tecnologías desde Lima hasta su distribución en la zona de intervención.

Foto 3.2. Distribución de SPFV Sundaya Ulitium 2



Capacitación e Instalación de Tecnologías

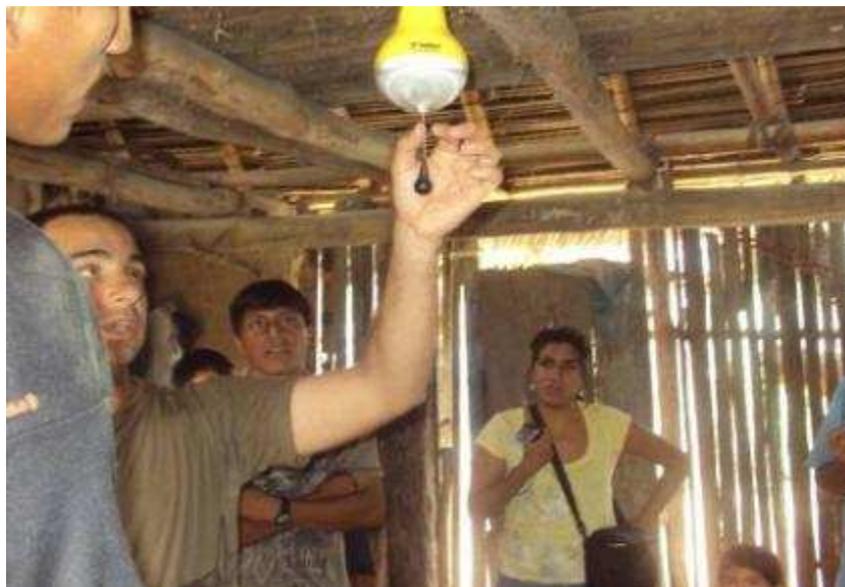
Los líderes comunales con los que se estableció contacto fueron, posteriormente, capacitados por el equipo. En estas capacitaciones, se revisó junto a ellos cada uno de los componentes de los SPFV, explicándoles sus funciones dentro del sistema y la manera correcta de instalarlos. La tarea de estos líderes sería comunicar constantemente estos mensajes, a fin de asegurar un buen uso y mantenimiento de los sistemas, así como poder dar solución local a desperfectos simples. Luego de la capacitación, tanto el equipo DREM-GIZ como los líderes comunales instalaron juntos los sistemas en las viviendas.

Para que se parezcan a la infraestructura de luz convencional, los SPFV se instalaron fijando los paneles solares al techo (Paitoja y Marisol) o a un poste (en Yurilamas). Asimismo, los cables que conectaban los paneles a las lámparas se pegaron a la pared. Las fotos 3.3 y 3.4 muestran momentos de la instalación interna y externa del sistema durante la capacitación.

Foto 3.3. Capacitación a Líderes Comunales - Instalación Externa



Foto 3.4. Capacitación a Líderes Comunales - Instalación Interna



Levantamiento de información

Para finalizar la intervención en el campo recogiendo lecciones a futuro y evaluando, desde el punto de vista de los participantes, la evaluación en campo que se llevó a cabo durante ocho meses, el Proyecto “Energía Desarrollo y Vida” (en adelante, EnDev) realizó una serie de encuestas entre los beneficiarios.

El propósito de la encuesta, que será explicada en detalle en el siguiente capítulo, fue conocer los impactos alcanzables y el grado de satisfacción con los sistemas pico-fotovoltaicos. Para ello, se registraron percepciones, reportes orales, preferencias, patrones de gasto, experiencias de uso, entre otras informaciones, las cuales forman parte de este informe.

Foto 3.5. Equipo del Proyecto EnDev realizando encuestas



Capítulo IV. Evaluación en campo de Sistemas Pico Fotovoltaicos

A. Objetivos y metodología del estudio

El objetivo de este estudio, luego de la evaluación en campo, fue conocer la estabilidad técnica y evidenciar el impacto de los tres distintos Sistemas Pico Fotovoltaicos escogidos (Sundaya, Fosera y Phocos) en los hogares de las tres comunidades escogidas del departamento de San Martín (Yurilamas, Paitoja y Marisol).

Para ello, se indagaría respecto de los gastos diferenciados, las percepciones alrededor del uso de las tecnologías y la realización o cambios de actividades antes y después que las viviendas contaran con energía para iluminar.

A.1. Modelo de Evaluación

Para demostrar objetivamente que un programa de este tipo conlleva un cambio en la calidad de vida de las personas que reciben estas tecnologías y que, además, estos cambios fueron percibidos, lo convencional en la investigación es realizar mediciones antes y después de la intervención en cuestión.

Fue por esta razón que se realizó una primera medición en Yurilamas, con un instrumento desarrollado por GIZ y basado en un instrumento utilizado en estudios realizados en África. Sin embargo, a falta de una correcta adaptación del instrumento al contexto local, los resultados presentaron incongruencias y muchos datos perdidos. Los participantes no habían entendido correctamente las preguntas y, probablemente, este no había recogido correctamente el sentir de esta comunidad. Las conclusiones no podrían ser comparadas a futuro.

Este problema obligó a tomar medidas correctivas en el estudio aplicado luego de la intervención, puesto que ya se habían instalado los sistemas en las viviendas. Para la evaluación posterior a la prueba de los sistemas, se tornaría necesario aplicar una técnica pensada para los habitantes de las comunidades que evitara confusiones, pero además, que permita comparar el sentir de los participantes antes y después de la intervención, para así evaluar el impacto de la misma.

Se optó por realizar una investigación cuantitativa que recogería la información a través de encuestas⁶ personales cara a cara. De esta manera, el equipo investigador tendría la facultad de asistir a los participantes en el llenado del instrumento, asegurando la menor cantidad de datos perdidos e incongruencias.

⁶ La encuesta “es una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de casos de la que se pretende explorar, predecir y/o explicar una serie de características”. Ana Valdivia. Técnicas de muestreo y construcción de encuestas. Presentación para el XI Diploma de Estadística Aplicada PUCP. 2010.

Para que este método nos permita evaluar el impacto de la intervención, se elaboró un cuestionario tanto con preguntas retrospectivas, que recogieran el recuerdo de los participantes respecto de su situación anterior (previa a la instalación de los SPFV), como preguntas respecto de la situación actual (luego de la instalación de los SPFV). De esta manera, se podría hacer una comparación entre ambos momentos y obtener resultados pertinentes acerca del beneficio del uso de las tecnologías facilitadas. Esta técnica de armado del cuestionario es parte de los modelos semi formalizados de investigación⁷

La forma de encuesta seleccionada fue la encuesta personal o cara a cara (dirigida) debido a que el público objetivo presentaba características que ameritaban la dirección y asistencia de la aplicación de la encuesta. Estas características son:
Nivel educativo del público objetivo.

Finalmente, para complementar la información que se obtuvo a través de la encuesta se recogió información de carácter cualitativo a través de grupos focales dirigidos a una muestra de beneficiarios.

A.2. Grupo Objetivo

El grupo objetivo de esta evaluación son las familias de las tres comunidades que utilizan tres modelos de SPFV, por ello el presente informe se divide en función a las referidas comunidades intervenidas cronológicamente como se indica a continuación.

- **Yurilamas:** 55 SPFV Sundaya fueron instalados en enero de 2011 en la comunidad nativa de Yurilamas, provincia de Lamas, región San Martín.
- **Paitoja:** 35 SPFV modelo Fosera fueron instalados en abril de 2011 en la comunidad de Paitoja, provincia de Moyobamba, región San Martín.
- **Marisol:** 24 SPFV modelo Phocos fueron instalados en agosto de 2011 en la comunidad de Marisol, provincia de Mariscal Cáceres, región San Martín.

A.3. Variables e Indicadores

La investigación busca medir, principalmente cinco variables y comparar las percepciones respecto a ellas antes y después de la instalación de los SPFV. En principio, averiguar las ventajas y desventajas de los dispositivos de iluminación tradicionales y de los SPFV, de lo que se deduce cuál se prefería antes y cuál se prefiere ahora. En segunda instancia, preguntar cómo ha cambiado el gasto en fuentes de energía. Como tercer punto, identificar si se percibe un impacto en la comunidad luego de la intervención. También indagar si existe un mayor uso del teléfono móvil (dado

⁷ Los semi formalizados responden a un enfoque cualitativo de generación de evidencias que trata de describir y explicar tendencias seculares. Se incluye en este tipo de evaluación a las series de tiempo, al diseño después con grupo de comparación, al diseño después sin grupo de comparación y a la evaluación de calidad según usuarios. Salamanca, Fernando; *“Formulación y evaluación de Programas Sociales”*. Apuntes de Clases. Santiago de Chile, 2004.

que los sistemas permiten la recarga de teléfonos móviles). Finalmente, pedirles que estimen cuánto hubieran pagado por un SPFV antes de la intervención y cuánto están dispuestos a pagar ahora.

Cuadro 4.1. Variables e indicadores medidas en la investigación cuantitativa

Sin SPFV	Con SPFV
Preferencias, ventajas y desventajas sobre dispositivos de iluminación tradicionales	Preferencias, ventajas y desventajas sobre dispositivos de iluminación disponibles
Gastos en fuentes de energía tradicionales	Gastos en fuentes de energía actuales
Actividades cotidianas impedidas por falta de iluminación	Actividades cotidianas posibilitadas desde instalación
Percepción propia sobre el impacto social	Percepción propia sobre el impacto social
Uso de teléfono móvil	Uso de teléfono móvil
Estimación de capacidad de pago por un SPFV	Estimación de disponibilidad de pago por un SPFV

La encuesta fue realizada en distintos momentos para cada comunidad y en cada aplicación germinaban nuevas dudas y preguntas que permitirían abordar mejor estas variables. Es por esta razón que en algunas de las preguntas presentadas en este informe pueden faltar los datos de una de las tres comunidades. No obstante, presentamos los resultados de las comunidades en las que si se aplicaron dichas preguntas a fin de obtener un dato referencial respecto del tema en cuestión.

A.4. Selección y Tamaño de Muestra

Tratándose de una evaluación en campo, la cantidad de beneficiarios no fue lo suficientemente elevada como para seleccionar muestras probabilísticas. Sólo había entre 24 y 55 hogares participantes en cada comunidad y seleccionar un grupo de ellos al azar era complejo, puesto que ocupaciones y labores de los beneficiarios, no permitían que algunos de ellos estén en las comunidades al momento en que se desarrolló la encuesta. Debido a la complicada accesibilidad de estas comunidades, se haría imposible regresar a obtener la información de los seleccionados al azar.

Por esta razón se seleccionó a los entrevistados por contacto, pero no por esto se deja de tener una representatividad importante, dado que los grupos de respondientes cubren porciones importantes de la población de cada comunidad, lo que permite dar cuenta del beneficio del uso de las tecnologías en ellas. El tamaño de las muestras por comunidad se puede apreciar en el cuadro 4.2.

Cuadro 4.2. Dimensión de las muestras por comunidad intervenida

Comunidades	Número de casos	Porcentaje de la población beneficiaria total
Yurilamas	20 casos	38%
Paitoja	30 casos	86%
Marisol	18 casos	75%

Es importante resaltar, que aun cuando los universos de cada comunidad son pequeños, las muestras de menos de treinta casos no permiten realizar inferencias estadísticas ni determinar diferencias significativas entre los distintos universos. Por esta razón, las cifras que arroje la encuesta referidas a cada comunidad sólo podrán ser leídas como una referencia. Sólo se podrán tomar como resultados sólidos los totales sumados para las tres comunidades.

A.5. Procesamiento de Datos

El procesamiento de datos se hizo siguiendo pautas establecidas:

- Digitado de la base de datos
- Codificación de categoría abiertas
- Datos consistentes

El análisis realizado describe las características de los entrevistados seleccionados por medio de tablas de contingencia y gráficos de datos cruzados. Para calcular el ahorro, se comparó los promedios de gasto antes y después de la instalación de los sistemas.

El procesamiento de los resultados se sistematizó a través del software estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 15 para el sistema operativo Windows. Para generar algunos gráficos, también se utilizó el software Microsoft Excel de Microsoft Office.

B. Resultados comparados de los Sistemas Pico Fotovoltaicos

En esta sección presentaremos los resultados para los tres SPFV repartidos en las distintas comunidades seleccionadas. En Yurilamas, se repartieron los sistemas modelo “Sundaya”, en Paitoja, los sistemas modelo “Fosera” y en Marisol, los sistemas modelo “Phocos”.

Tomando en cuenta sus características sociales, el ámbito en el que se encuentran y el nivel de accesibilidad que tienen, se realizará un análisis comparado de la funcionalidad de las tres lámparas. Para este análisis es también importante tener en cuenta los resultados de los informes técnicos post-uso presentados en el capítulo dos de este informe, pues el desempeño de los equipos en los experimentos ahí presentados nos darán una idea del estado real de estos equipos, independientemente de la subjetividad que envuelve las opiniones de los participantes.

B.1. Características Generales de los Hogares

En esta parte presentaremos las características generales de los hogares de los participantes de Yurilamas (20 casos), Paitoja (30 casos) y Marisol (18 casos). De esta manera podremos armar un perfil del hogar participante a partir del número de miembros de las familias entrevistadas, el género de dichos miembros y las actividades económicas a las que se dedican. No obstante, es importante hacer un repaso previo a la situación en la que se encuentra, al momento, cada localidad.

La accesibilidad de las tres comunidades es complicada. Yurilamas es una comunidad nativa y su ubicación no fue planificada pensando en su acceso a la urbe, por lo que llegar a ella requiere de una caminata de ocho horas. Para Paitoja, una comunidad de colonos, la situación es un poco mejor, dado que se encuentra en el último punto de acceso de una trocha carrozable, la cual sin embargo puede verse interrumpida ante la crecida de un río por la cual atraviesa sin un puente. A pesar de ello esta le brinda mayor acceso a mercados y a otras ciudades, aumentando las oportunidades de ingresos de sus habitantes. Finalmente tenemos a Marisol, hacia la que se parte desde el puerto Huicungo, a treinta minutos de la ciudad de Juanji, en un viaje de aproximadamente tres horas en bote. Afortunadamente, aunque el traslado es caro, la presencia de un teléfono satelital en la zona y el buen número de botes que recorren el río Huayabamba, facilitan su comunicación y permiten un comercio fluido, aunque costoso, entre los habitantes.

Los distintos niveles de accesibilidad afectan la conservación de las culturas de cada uno de estos pueblos. Un claro ejemplo de este fenómeno se refleja en los materiales de sus viviendas. En Yurilamas, el pueblo más remoto de los tres, las paredes de las casas son de madera y los techos de palma. En Paitoja, por otro lado, también encontramos paredes de madera, lo que nos hace pensar en costumbres comunes, sin embargo, su mayor facilidad de acceso a la ciudad ha permitido que se emplee calamina para los techos.

Foto 4.1. Distintas vías de acceso para llegar a las comunidades evaluadas



Arriba a la izquierda: Equipo EnDeV en camino a Yurilamas.

Abajo a la izquierda: Vía carrozable inundada en camino a Paitoja.

Izquierda: Botes zarpano desde el puerto Huicungo en camino a Marisol.

Foto 4.2. Materiales de las viviendas en Yurilamas y Paitoja



Izquierda: Viviendas de madera y techos de palma en Yurilamas.

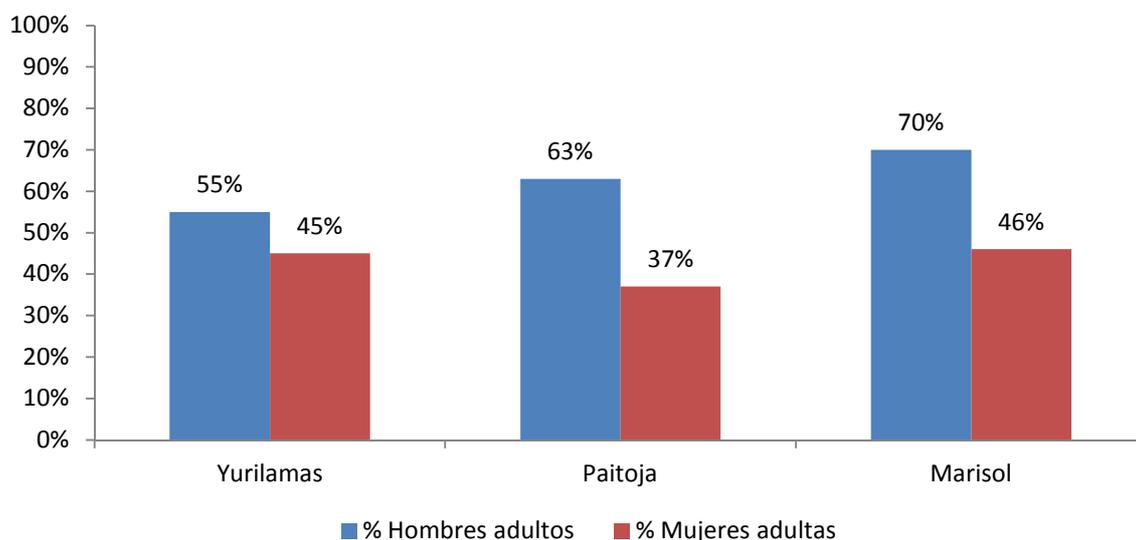
Derecha: Viviendas de madera y techos de calamina en Paitoja.

B.1.1 Número de Miembros de Familia

En las tres comunidades en las que se evaluaron los SPFV, las familias no son muy extensas, y esto se infiere recogiendo el número de miembros adultos en el hogar⁸. Tanto en Yurilamas como en Paitoja, las entrevistas se realizaron a hogares en los que había máximo dos miembros adultos, y en Marisol se encontraron máximo tres.

Aproximadamente, de cada tres adultos entrevistados en las tres localidades, dos fueron hombres y una mujer. La proporción de varones era más alta en Marisol (70%), luego en Paitoja (63%) y finalmente en Yurilamas (55%). La cantidad de varones con respecto a las mujeres en estas comunidades difiere del contexto nacional, en el que un poco más de la mitad de la población adulta son mujeres. Esto podría explicarse por la ausencia temporal de algunas de las mujeres, que durante la época escolar viajan con sus hijos a las ciudades donde reciben su educación.

Gráfico 4.1. Porcentaje de adultos hombres y mujeres por localidad

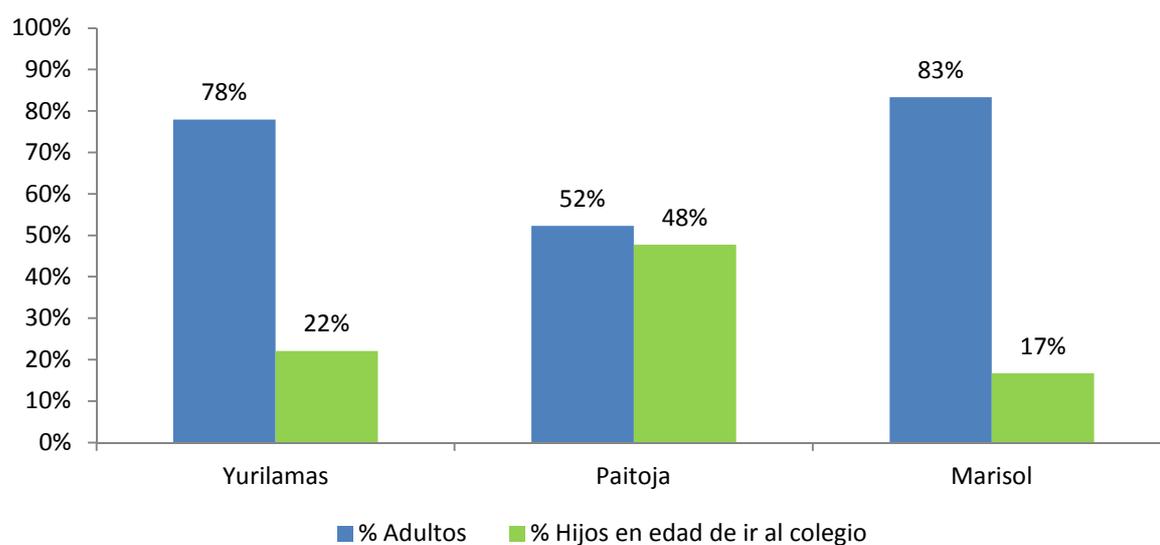


El número de hijos en edad escolar también es bajo con respecto al promedio, puesto que la mayoría de las familias de la muestra no tienen más de dos hijos. En Yurilamas, la mayoría de familias consultadas tiene sólo un hijo, en Paitoja, la mayoría tiene dos, y en Marisol, el estándar oscilaba entre uno y dos hijos. La proporción de niños hombres respecto de las niñas mujeres fue muy similar.

Tomando el total de miembros de familia contabilizados, salvo en Paitoja, la proporción de niños en edad escolar respecto de los adultos es bastante baja. En Yurilamas son sólo la quinta parte de la población contabilizada (22%), y en Marisol son aún menos (17%).

⁸ Entendido como el conjunto de personas, sean o no parientes, que comparten las comidas principales y atienden en común otras necesidades vitales. Esta definición es la utilizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática para la Encuesta Nacional de Hogares del año 2010.

Gráfico 4.2. Porcentaje de adultos y niños por localidad

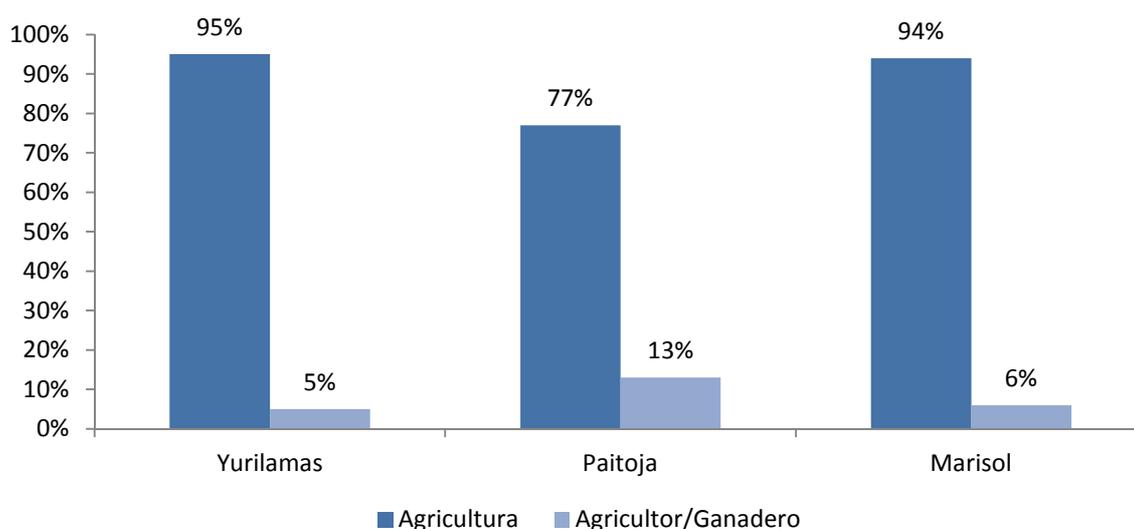


B.1.2. Actividad de los jefes de familia

La principal actividad económica en las localidades es la agricultura y prácticamente todos los miembros de las comunidades la practican y la enorme mayoría no tiene otra actividad productiva con la que complemente sus ingresos.

En Paitoja, dos de cada cinco entrevistados (23%) tiene otra ocupación además de la agricultura. De ellos, una mitad (13% del total) se dedica también a la ganadería y el resto (10%) realiza otras actividades productivas. En las otras comunidades, hay aún menos diversidad de labores; sólo uno de cada diez agricultores puede también criar ganado y no existen más ocupaciones. Se asume que la trocha carrozable que une a Paitoja con la ciudad permite más oportunidades de negocio y, por lo mismo, diversifica las actividades laborales.

Gráfico 4.3. Actividades económicas de los jefes de familia



Una de las preocupaciones esenciales del proyecto es que los habitantes de las comunidades sean capaces de financiar sus propios SPFV en el futuro. Ventajosamente, a pesar de que los pobladores de zonas rurales suelen destinar buena parte de sus productos al autoconsumo, la condición de venta de productos en los mercados cercanos generando ingresos se cumple en las tres comunidades escogidas.

En Yurilamas, nueve de cada diez (90%) de los participantes vende parte de sus productos agrícolas o ganaderos (principalmente el café, el cacao y el frijol, que germina una vez al año), y en Marisol la proporción es parecida (88%). En Paitoja, la situación es aún más avanzada, y encontramos un 17% que se dedica a una actividad adicional a la principal. Al ser el último punto accesible de la trocha carrozable, el pueblo sirve de punto de abastecimiento de comunidades más alejadas, por lo que se pueden observar bodegas, ferreterías e incluso restaurantes, que evidencian la conexión entre la ruralidad y la ciudad.

Queda claro que, en las tres comunidades los beneficiarios cuentan con algún ingreso económico. A pesar de que, muy probablemente, los ingresos no sean equitativos y vengan en diferentes proporciones dependiendo de la fecha en el año (por la naturaleza del negocio agrícola), el hecho de que exista un ingreso les permitirá financiar los sistemas de iluminación si es que, luego de probarlos, desean adquirirlos.

Foto 4.3. Actividades que generan ingresos extra a los hogares



Izquierda: Frejol que germina una vez al año en Yurilamas

Derecha: Comercio en Paitoja.

B.2. Beneficios del uso de los Sistemas Pico Fotovoltaicos

En este apartado se rescata el impacto percibido por los beneficiarios de los SPFV en cinco aspectos:

- i. **Iluminación de la vivienda:** se analiza cómo ha afectado la implementación del SPFV directamente en la iluminación
- ii. **Gastos y ahorro en el consumo de energía:** se explora cuánto es lo que se ahorra en el gasto monetario en energía luego de implementarse el SPFV
- iii. **Percepciones alrededor del SPFV en la vida cotidiana:** se muestra una comparación de la situación vivencial “sin el Sistema Pico FV” y otra “con el Sistema Pico FV” desde que éste ingresa a sus vidas.
- iv. **Impactos sociales:** se analizan las percepciones de las beneficiarios con respecto a la mejora de la salud, seguridad o educación como consecuencia del uso del SPFV.
- v. **Uso de teléfono móvil:** se intenta conocer si el sistema ha permitido que los beneficiarios hayan ampliado el uso de teléfono móvil dado que la tecnología facilitada permite que los dispositivos móviles puedan cargarse.

B.2.1 Iluminación de la Vivienda

Este bloque estudiará el impacto que tuvieron los SPFV en el uso de dispositivos de iluminación dentro del hogar, comparando las ventajas y desventajas tanto de los dispositivos tradicionales de iluminación como de los distintos sistemas instalados (Sundaya en la localidad de Yurilamas, Fosera en la localidad de Paitoja y Phocos en la localidad de Marisol).

En el gráfico 4.4 podemos observar que la fuente de iluminación más frecuente en las viviendas, antes de la instalación de los SPFV eran las linternas. En las tres comunidades encontramos que la totalidad, o casi la totalidad, de los entrevistados se valían de linternas para alumbrar sus casas (95% en Yurilamas, 90% en Paitoja y 100% en Marisol). La portabilidad de estos instrumentos los hace prácticos para su uso interno y externo y, por lo mismo, resultan más convenientes, a pesar que implican un gasto importante en energía y del daño medioambiental que sus pilas generan.

Razonablemente, la instalación de los SPFV no varió significativamente la tenencia de estos artefactos, puesto que resulta más complejo utilizar los nuevos sistemas en la parte externa de la vivienda. La alta proporción de familias que tiene linternas se mantuvo exactamente igual en Yurilamas y Marisol, y sólo bajo un poco en Paitoja (pasando de 90% a 83%).

El gráfico también nos muestra que los mecheros y las velas eran también implementos de iluminación frecuentes en las tres comunidades evaluadas. Los mecheros eran, después de las linternas, las fuentes de luz más utilizadas por los beneficiarios de Yurilamas (85% utilizaban mecheros) y Paitoja (83%), y las velas eran más comunes en Marisol (83% utilizaba velas).

Los SPFV fueron más exitosos reemplazando a los mecheros y velas. En Yurilamas, se dejó de usar velas por completo, y casi todos los usuarios de mecheros dejaron de comprarlos (la cifra pasó de 85% a 10%). En Paitoja desaparecieron los mecheros, pero un 17% de los entrevistados continúa usando velas, probablemente porque las lámparas Fosera no llevan una batería integrada y deben estar conectadas al sistema central, lo que las hace menos portables que una vela. Finalmente, en Marisol, el uso de mecheros no ha bajado mucho (39% a 28%), pero esta no era la fuente de iluminación más importante, sino las velas, cuyo consumo si decreció precipitadamente (de 83% a 6%), lo que evidencia que el SPFV logró una sustitución efectiva dentro del hogar.

El gráfico siguiente no llega a demostrar la sustitución de las linternas como medio de iluminación. Sin embargo, este gráfico no refleja frecuencias de uso, por lo que es posible que las linternas estén siendo menos utilizadas que en el pasado.

Gráfico 4.4. Artefactos de iluminación que los beneficiarios usan antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV
 Respuesta múltiple (El porcentaje suma más de 100%)

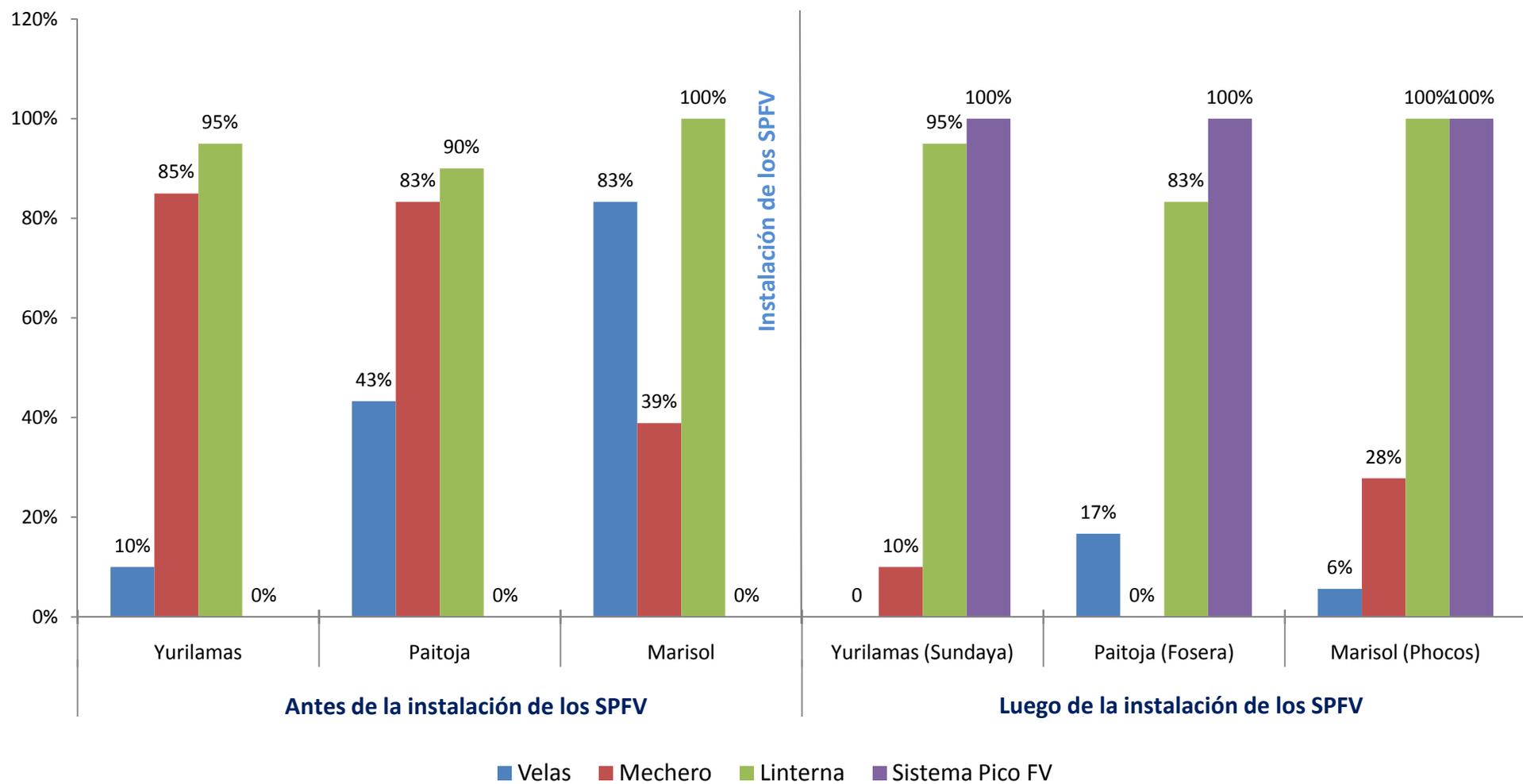


Foto 4.4. Artefactos de iluminación tradicionales



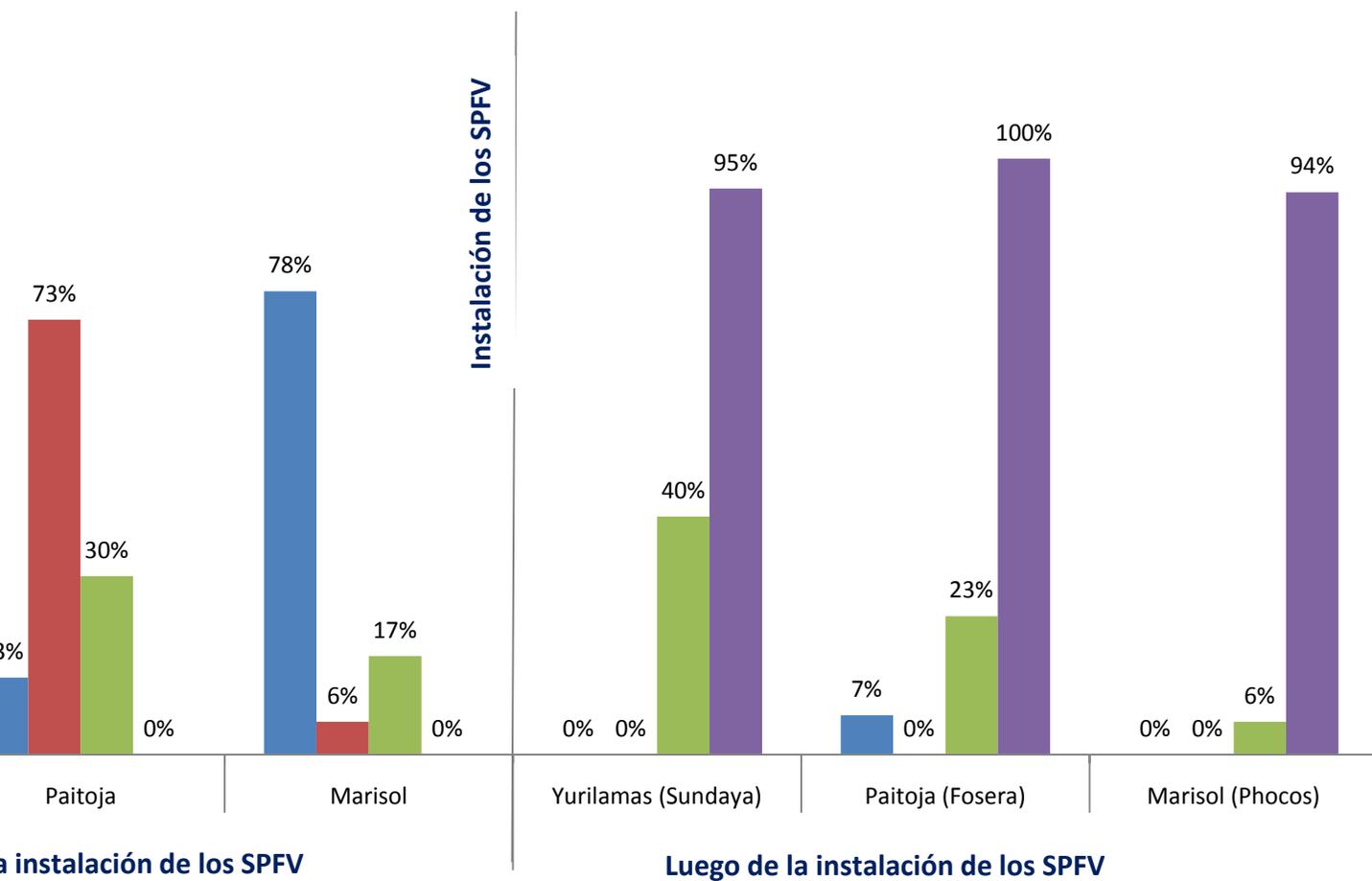
Izquierda: Iluminación Doméstica Tradicional con Mechero a Base de Petróleo

Derecha: Uso de Linternas en el exterior del hogar.

Para descubrir la información que el último gráfico deja oculta y entender con más profundidad cómo y en qué ámbitos ocurrieron las sustituciones en discusión, se preguntó a los participantes por sus dispositivos de iluminación principales, es decir, los utilizados con mayor frecuencia, para iluminar el interior y/o el exterior del hogar en el pasado y cuáles se utilizan ahora. Aun cuando la respuesta sigue siendo múltiple, al preguntar por los artefactos principales se esclarecen las respuestas obtenidas.

El gráfico 4.5, en la página siguiente, muestra los dispositivos de iluminación usados con mayor frecuencia dentro de la vivienda antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV. Las tres lámparas solares han logrado convertirse en el principal dispositivo de iluminación al interior de las casas (95% en Yurilamas, 100% en Paitoja y 94% en Marisol). Las fuentes de luz predominantes en estos ambientes, el mechero en Yurilamas y en Paitoja y las velas en Marisol, quedaron relegadas por completo. Aproximadamente tres de cada cuatro utilizaban estos medios en el interior de la vivienda y ahora no los utiliza nadie.

Tipos de iluminación que se usan **dentro** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV
 (Respuesta múltiple – El porcentaje suma más de 100%)



En la página siguiente, en el gráfico 4.6.1., podemos estudiar como cambió la apreciación de los artefactos de iluminación a partir del recojo de las ventajas percibidas en los artefactos de principal uso adentro del hogar. Para apreciar estos gráficos es importante suponer lo expuesto en el párrafo anterior, que en Yurilamas y Paitoja, los artefactos utilizados dentro del hogar antes de la instalación de los sistemas solares eran los mecheros, mientras que en Marisol fueron las velas y que todos estos artefactos fueron luego desplazados por el SPFV. Además, es importante notar que esta pregunta, por ser espontánea, no recibió respuestas por parte de muchos usuarios, por lo que hay que leer las respuestas tomando en cuenta los altos porcentajes de entrevistados que no precisaron una respuesta (en las barras color gris).

Tomando esto en cuenta, vemos que los mecheros en Yurilamas y Paitoja eran apreciados por su buena iluminación (con 40% y 60% respectivamente). Luego de la llegada del SPFV, cuya iluminación superó a la del mechero, podemos ver cómo casi la totalidad de las personas que responden a esta pregunta rescatan la luminosidad como el factor más positivo (a pesar que las cifras son más bajas, el resultado es mayor en función a la cantidad de respuestas respondidas, si no tomamos en cuenta a los entrevistados que no precisan una respuesta).

En Marisol, las velas son apreciadas por su precio económico (67%), y su iluminación es rescatada sólo por el 11% de los entrevistados. Luego de la instalación, los SPFV, que son también aquí el principal artefacto que se usa dentro del hogar, son también valorados por lo económicos (22%), pero son aún más valorados por su buena potencia (44%) y por su nula producción de humos contaminantes (33%).

La buena iluminación es la ventaja que caracteriza al SPFV frente a otros dispositivos, por lo que también se han recogido testimonios que resaltan que lo que más gusta de la tecnología es su potencia y luminosidad.

“Del mirador del cerro por la noche, se ve Yurilamas bonita con las luces, tiene luz como ciudad”

“Ahora ya puedo ver las caras de mis hijos al comer, antes mi única fuente de luz era la linterna y no veía las caras de mis parientes, pilas de la linterna me duraban 3 meses, por lo que en los últimos meses ya se veía menos”

A continuación también evaluamos las desventajas de estos artefactos en el gráfico 4.6.2. El principal problema con los mecheros en Yurilamas y Paitoja es la cantidad de humo que producen (80% y 63% respectivamente) e, indirectamente, los problemas de salud que este humo genera. Mientras tanto, en Marisol, la principal desventaja de las velas es su mala iluminación (50%). Para los participantes de Paitoja y Marisol también resulta molesto que los mecheros y velas se consuman tan rápido.

Por la naturaleza de los SPFV, estas desventajas desaparecen desde el momento en que estos son instalados en los hogares. Tanto el problema de humo como el de mala iluminación desaparecen por completo. En menor medida, surgen la falta de portabilidad y la fragilidad de los artefactos.

Gráfico 4.6.1. **Ventajas** de los principales artefactos que se usan **dentro** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV

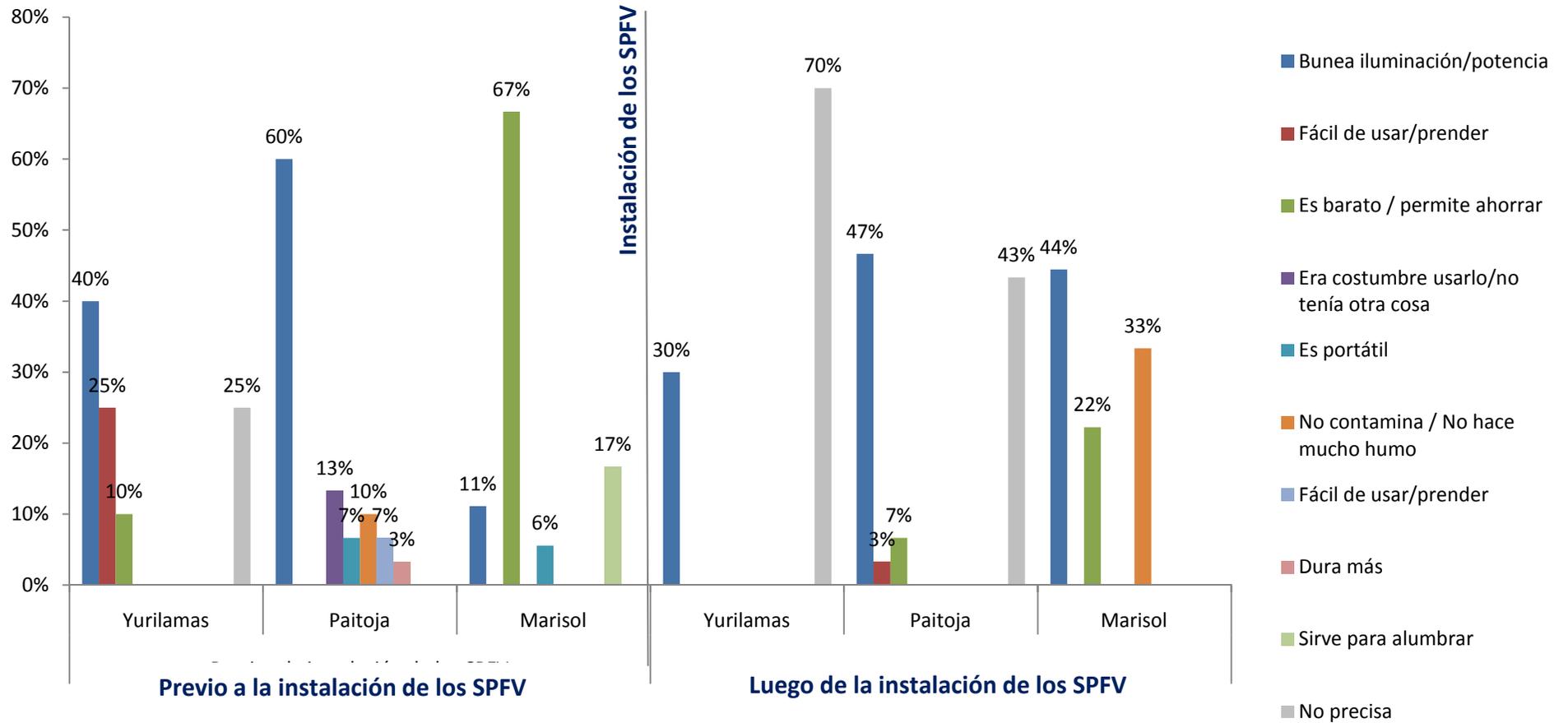
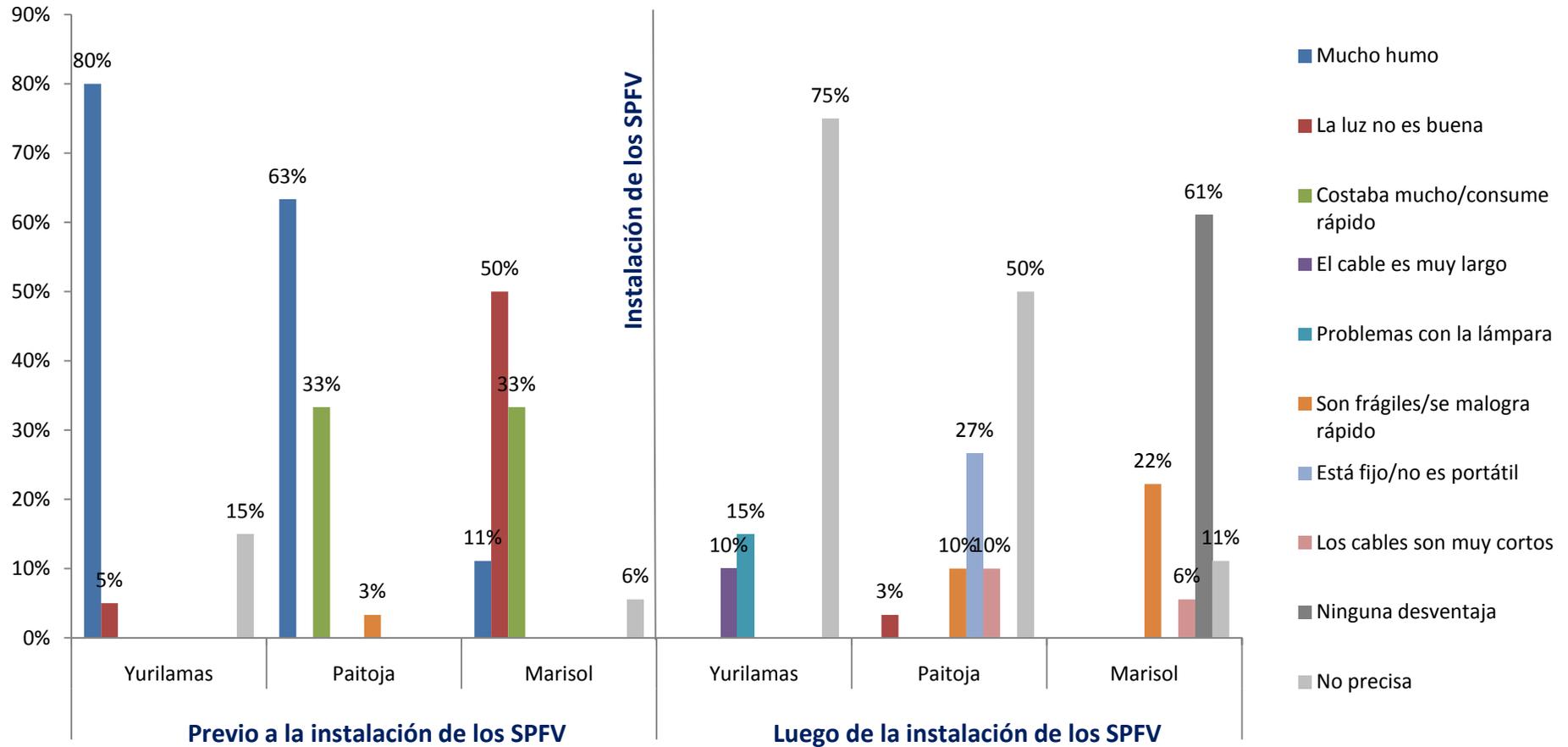


Gráfico 4.6.2. **Desventajas** de los principales artefactos que se usan **dentro** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV



En la página siguiente podemos ver el gráfico 4.6, que presenta el mismo ejercicio, pero para los dispositivos que iluminan los exteriores. Indefectiblemente, las linternas eran el medio más utilizado y lo siguen siendo. Sin embargo, se puede ver que a pesar que, en general, los SPFV son percibidos como menos portátiles, se han podido abrir en este ámbito en algunas viviendas, reduciendo el protagonismo de las linternas, pero no superándolas. En el pasado, las linternas eran el medio principal en el 100% de los hogares, pero ahora sólo ocupan este lugar en el 85% de los hogares de Yurilamas, el 96% de los hogares de Paitoja y el 67% de los hogares de Marisol. La razón por la que en Marisol ha habido más sustituciones es la portabilidad del sistema Phocos. El segundo mejor sistema para sustituir a las linternas es el Sundaya, instalado en Yurilamas, porque estas lámparas pueden adaptarse para usarlas en movimiento. En Paitoja la sustitución es casi nula porque las lámparas Fosera deben mantenerse conectadas a la batería principal, lo que las hace difíciles de mover.

El testimonio a continuación coincide con la portabilidad calificada en segundo lugar con 42% entre las ventajas de los consultados con SPFV, destacándose este factor nuevamente como algo importante para las familias con o sin SPFV.

“Utilizo cada lámpara en dos lugares, una fija en mi casa y la otra en mi chacra cuando tengo que traer café por una semana las baterías me alcanzan, no me ha faltado luz...”

Como en las tres comunidades las linternas fueron el principal artefacto para utilizar afuera de la vivienda antes y después de la instalación de los SPFV, muchos de los entrevistados no contestaron a las preguntas de ventajas y desventajas para esta etapa. Por esta razón, en el gráfico 4.8.1. se presentan altos porcentajes en la opción “No precisa”.

La ventaja más importante de la linterna en las tres comunidades estudiadas es su portabilidad (con más de 70% en todas las comunidades). La desventaja (gráfico 4.8.2) que encuentran los habitantes de Paitoja y Marisol es su fragilidad, que permite que se dañen rápidamente.

Gráfico 4.7. Principales artefactos de iluminación que se usan **fuera** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV
 (Respuesta múltiple – El porcentaje suma más de 100%)

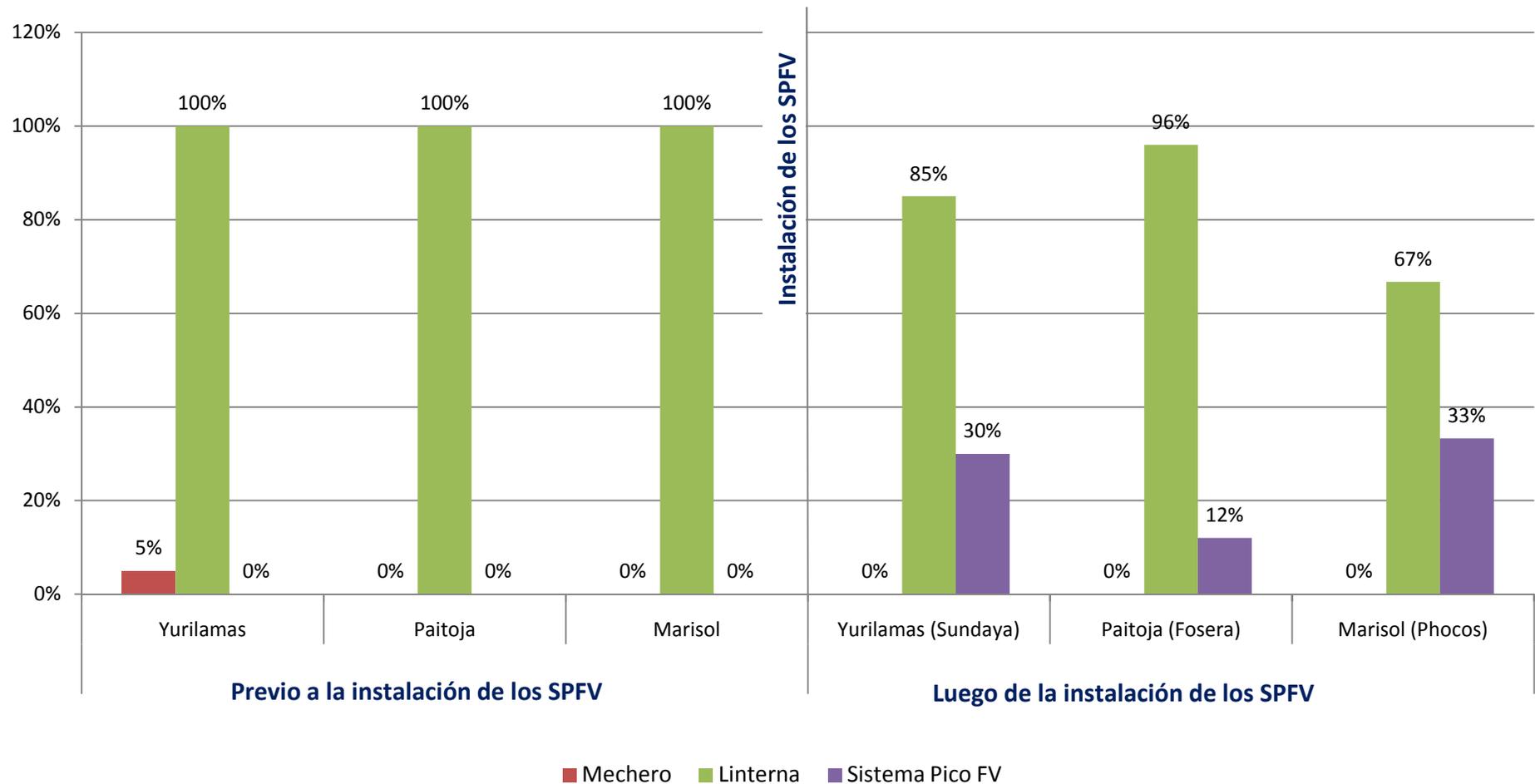


Gráfico 4.8.1. **Ventajas** de los principales artefactos de iluminación que se usan **fuera** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV

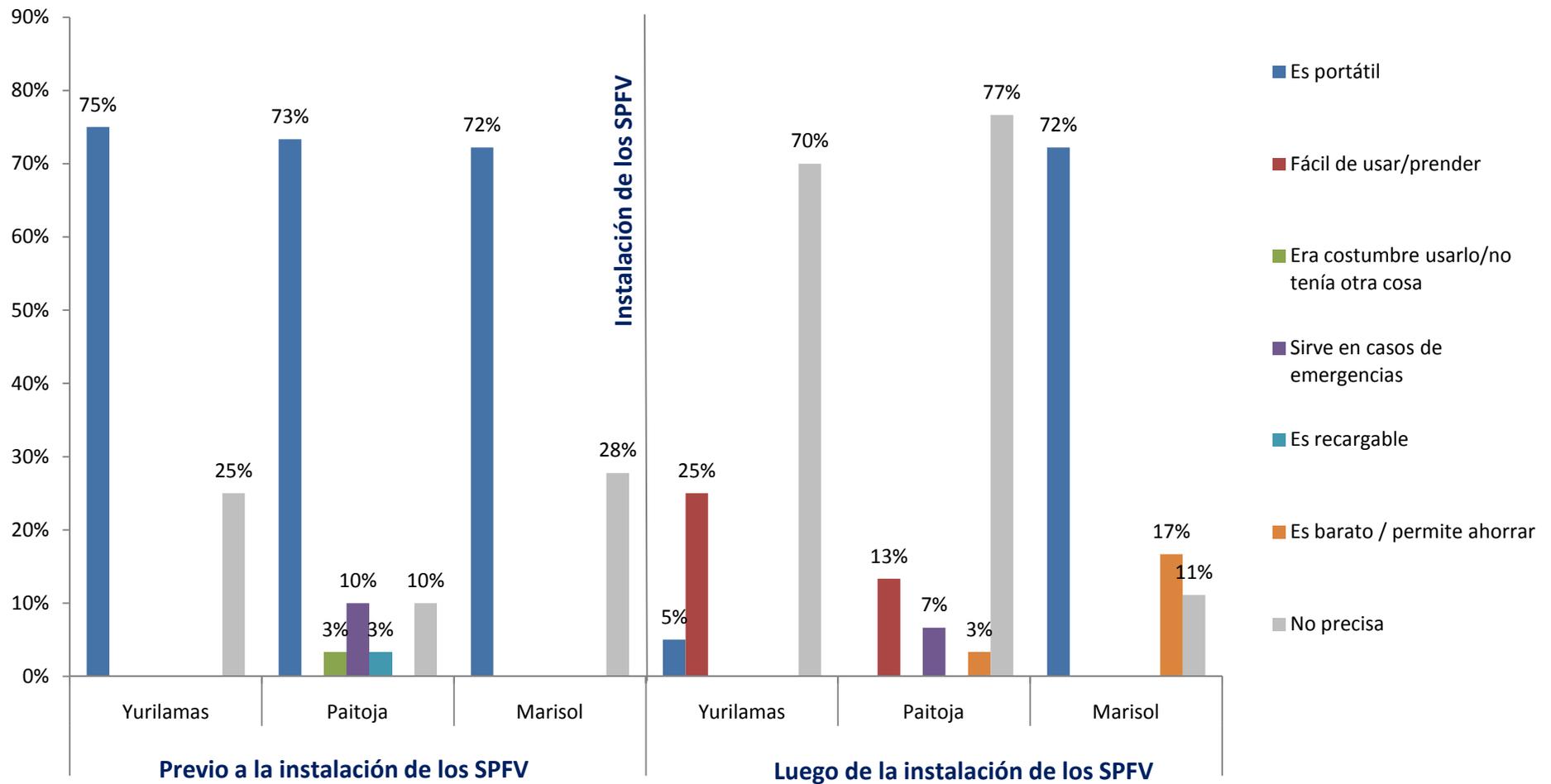


Gráfico 4.8.2. **Desventajas** de los principales artefactos de iluminación que se usan **fuera** de la casa antes y después de la instalación de los Sistemas Pico FV

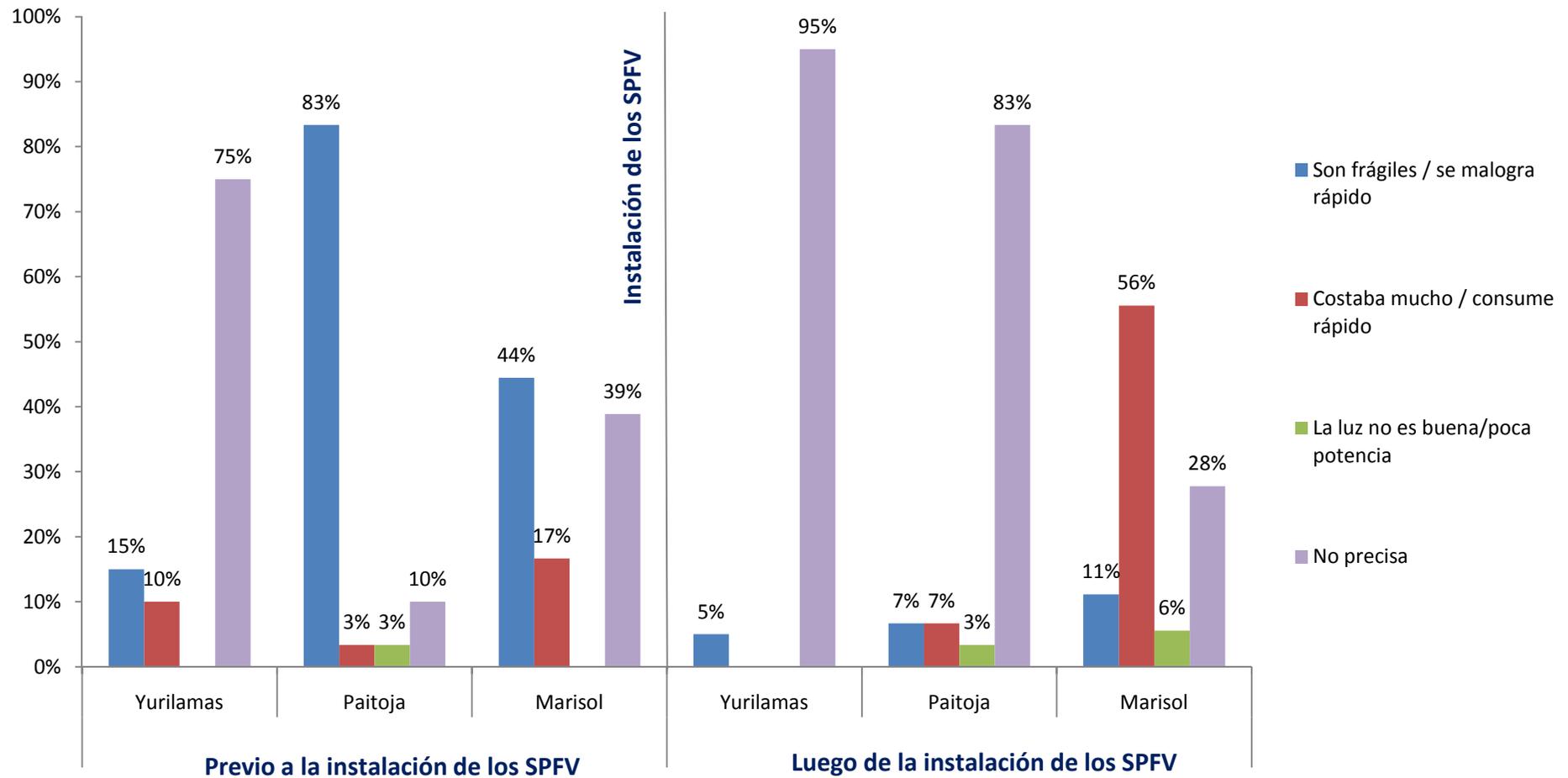
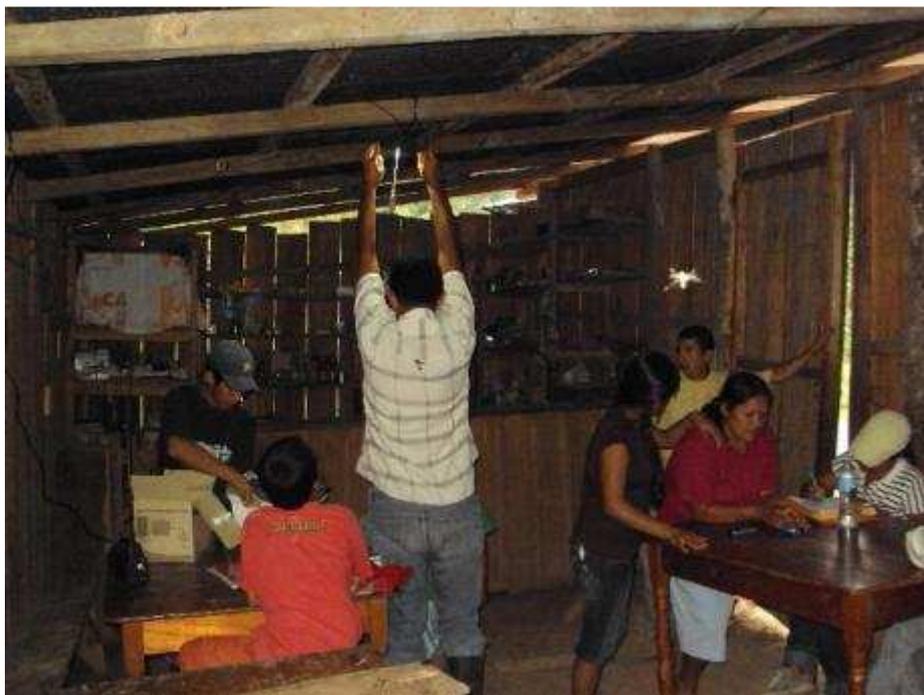


Foto 4.5. Instalación de Sistemas Pico FV



Arriba: Instalación de Sistema Sundaya

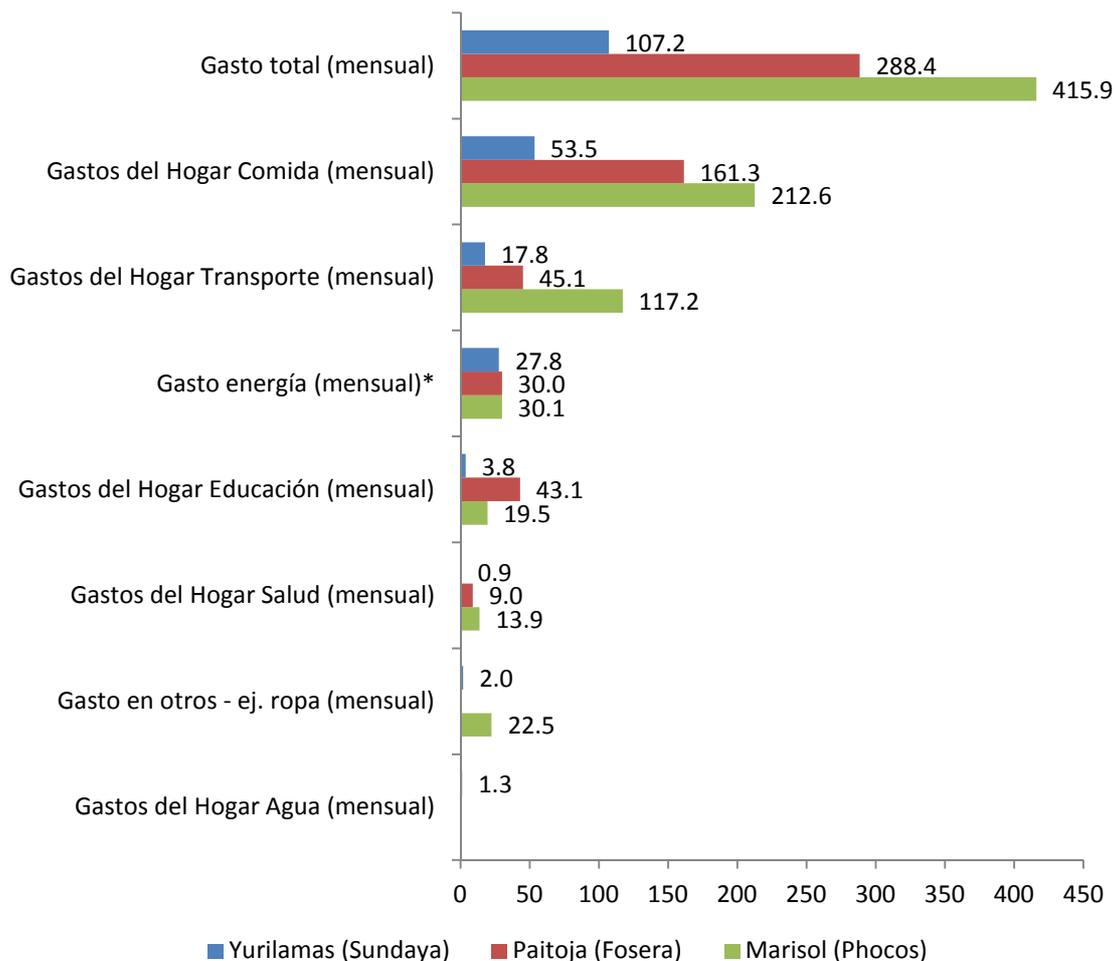
Abajo: Instalación de Sistema Fosera

B.2.2. Ahorro en el consumo de energía

En esta sección se intentó deducir el nivel de ahorro que conseguirían las familias que utilicen los SPFV en lugar de las fuentes de iluminación tradicionales. Para este fin, calcularemos numérica y porcentualmente los patrones gastos familiares en las comunidades estudiadas, indagando especialmente en el gasto en energía y comparando sus dimensiones antes y después de la instalación de los sistemas de iluminación solares. Así, se podrá dar un aproximado de la capacidad de pago del público al que se busca llegar en función de la cantidad de ahorro que el SPFV significa para ellos.

Para empezar con esta indagación, mapeamos en el gráfico 4.9, los gastos familiares promedio de las familias de Yurilamas, Paitoja y Marisol, en los distintos rubros en los que ellos declaran realizan algún desembolso.

Gráfico 4.9. Gastos familiares promedio (en nuevos soles – S/.)



* Como fuentes de energía se consideran los gastos en pilas para radio + pilas para iluminar + velas + petróleo.

Considerando que se trata de familias con por lo menos tres miembros, los gastos totales que podemos visualizar dispuestos en la parte superior del gráfico son muy bajos. Tomando los valores per cápita dispuestos por el INEI para el año 2010⁹, por los cuales la línea de pobreza se sitúa en S/. 142 (40 EUR) al mes, el hogar promedio de las comunidades evaluadas se encuentra en una situación de **pobreza extrema**.

A pesar de ubicarse todos por debajo de la línea de pobreza, podemos ver que existen diferencias en los gastos. Debido al mayor acceso a ciudades y mercados, En Marisol se gasta casi el doble que en Paitoja, y en esta se gasta más del doble que en Yurilamas,

En el gráfico 4.10 podemos también ver los porcentajes de cada uno de los rubros de gasto. La mitad del gasto en los hogares de los entrevistados corresponde a alimentos (50% en Yurilamas, 51% en Paitoja y Marisol), y este es el único rubro en el que las proporciones de gasto, respecto del total, son equitativas en las tres comunidades.

Independientemente de esto, es interesante notar que en las tres comunidades el gasto en energía es parecido (cerca de los S/. 30, que serían, aproximadamente, 8 EUR). Es necesario mencionar que para el rubro energía se están considerando los gastos en velas, pilas y petróleo tomando como referencias los montos señalados antes de que las familias contaran con el SPFV. A continuación analizaremos en qué lugar de entre los rubros del gasto familiar queda el gasto en energía, tomando en consideración las diferencias en los ingresos.

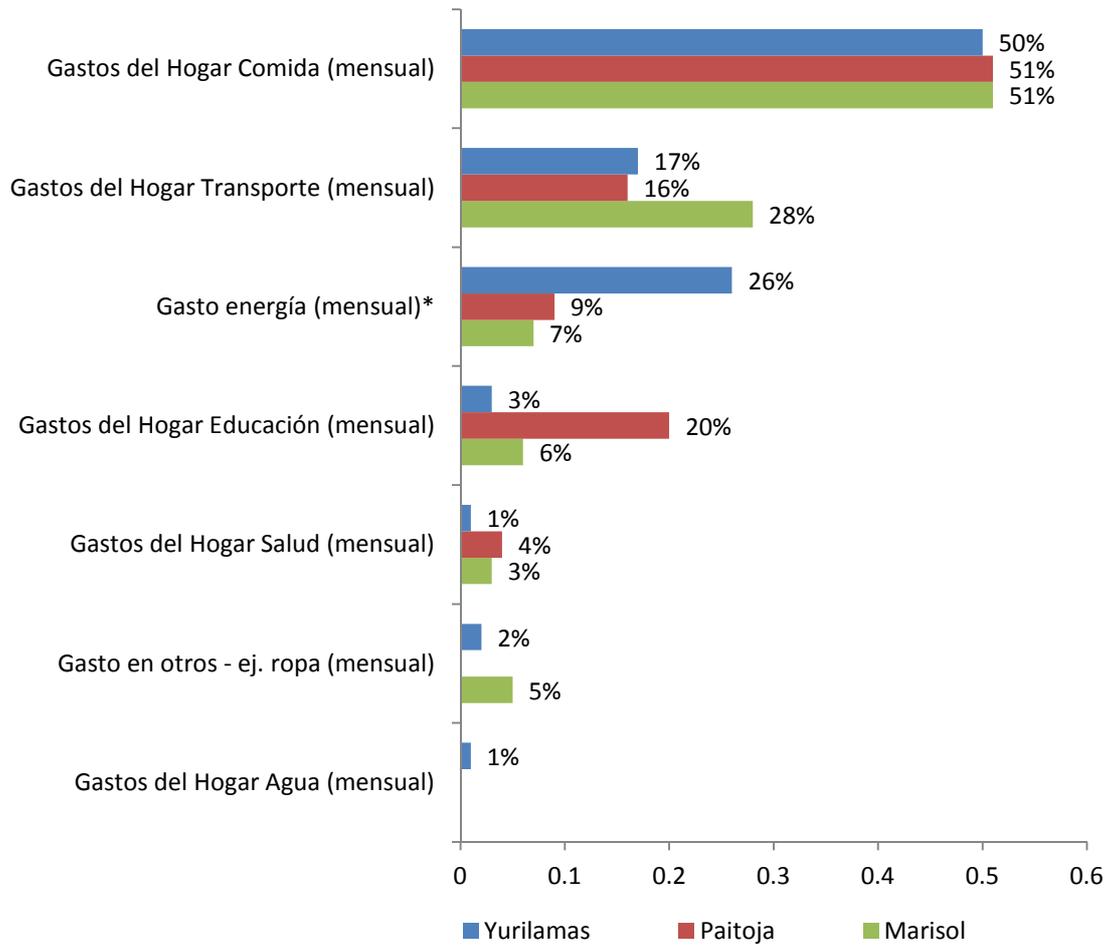
Yurilamas tiene un ingreso magro de S/. 107 (30 EUR) en promedio. Del resto de lo que puede disponer la familia luego del fuerte gasto en alimentos, un cuarto se va en la energía (26%) y menos de un quinto en el transporte (17%). La situación en Yurilamas es crítica, a parte de lo mencionado, se gastan cantidades mínimas en educación al comienzo del año escolar y en alguna ocasión esporádica en la que se requiera un servicio de salud. Para este pueblo, cualquier ahorro en energía, rubro que se encuentra en el segundo lugar de recurrencia, podría representar un impacto positivo en la economía de los beneficiarios.

En Paitoja el ingreso es de S/. 288 (80 EUR) y el segundo rubro de mayor gasto, después de la comida, es la educación de los hijos, en lo que se encuentra la quinta parte del gasto (20%). En una proporción parecida, pero un poco menor (16%), se encuentra el transporte y, en cuarto lugar, la energía, cuyo consumo es la décima parte del gasto (9%).

Debido a su mayor ingreso total (S/. 416 – que serían 115 EUR), en Marisol se realizan gastos diversos. Su dependencia del río como vía de conexión con la ciudad los obliga a que un tercio de sus gastos sean en transporte (28%), pero además, ellos gastan directamente en educación (6%) y salud (3%) . El consumo de energía resulta entonces, menos relevante que en los otros dos casos, quedando en quinto lugar respecto de los otros gastos y significando la quinceava parte del total (7%).

⁹ Tasa de cambio febrero 2012: 1 EUR = S/. 3.6 (PEN)

Gráfico 4.10. Distribución porcentual del gasto promedio familiar



Debido a que existen diversas fuentes de energía cada una de las cuales implica un diferente tipo de gasto, el gráfico 4.11 muestra el impacto en el consumo de cada una de ellas antes y después del SPFV.

La leña para cocinar es una fuente de energía popular en las tres comunidades, aunque es particularmente importante en Yurilamas y Marisol, en la que es utilizada por todos los hogares (100% - en Paitoja es utilizada por el 73%). Su uso no disminuye con la llegada de los SPFV, puesto que estos sistemas no tienen una manera de generar energía útil para la cocina. Además la leña en la zona no implica un gasto al ser recolectada.

Algo parecido ocurre con las pilas para la radio, que son utilizadas por casi la totalidad de los entrevistados en Yurilamas y en Marisol (95% y 94% respectivamente) y por tres de cada cuatro entrevistados en Paitoja (70%), generalmente para terminar siendo arrojadas al medio ambiente. En las primeras dos comunidades mencionadas, los porcentajes de uso de estas fuentes de energía siguen siendo altos, puesto que los sistemas Sundaya y Phocos no tienen una manera de brindarle energía a la radio. En todo caso, tampoco podemos inferir que, de tenerlo, disminuiría el uso de estas pilas, puesto que en Paitoja, a pesar de que el sistema Fosera permite enchufar la radio, la proporción de uso de pilas ha subido muy levemente (9%). Se cree que, a partir de la instalación del sistema de energía solar, la posibilidad de escuchar radios llevó a las familias a adquirirlas y que, para por llevar las radios afuera de la casa, también se adquirieron pilas.

El comportamiento alrededor de las pilas para iluminación si cambió. Antes de la instalación de los equipos, los porcentajes de viviendas que los utilizaban eran cercanos al total (90% en Yurilamas, 87% en Paitoja y 100% en Marisol). Como era de esperarse, los porcentajes siguen siendo altos debido al continuo uso de linternas, pero se puede ver que, aproximadamente, la cuarta parte de los que utilizaban esta fuente de energía en el pasado en cada una de las comunidades, ahora prescinde de ella.

La transición más importante la encontramos respecto del petróleo y las velas. El petróleo era utilizado por cuatro de cada cinco entrevistados en Yurilamas (85%) y en Paitoja (87%), pero ahora no lo utiliza casi ninguno de ellos. En Marisol, una proporción parecida de participantes (83%) utilizaba velas, pero ahora estas han sido reemplazadas por completo por los SPFV.

Gráfico 4.11. Fuentes de energía que utilizan los beneficiarios antes y después de la instalación de los SPFV

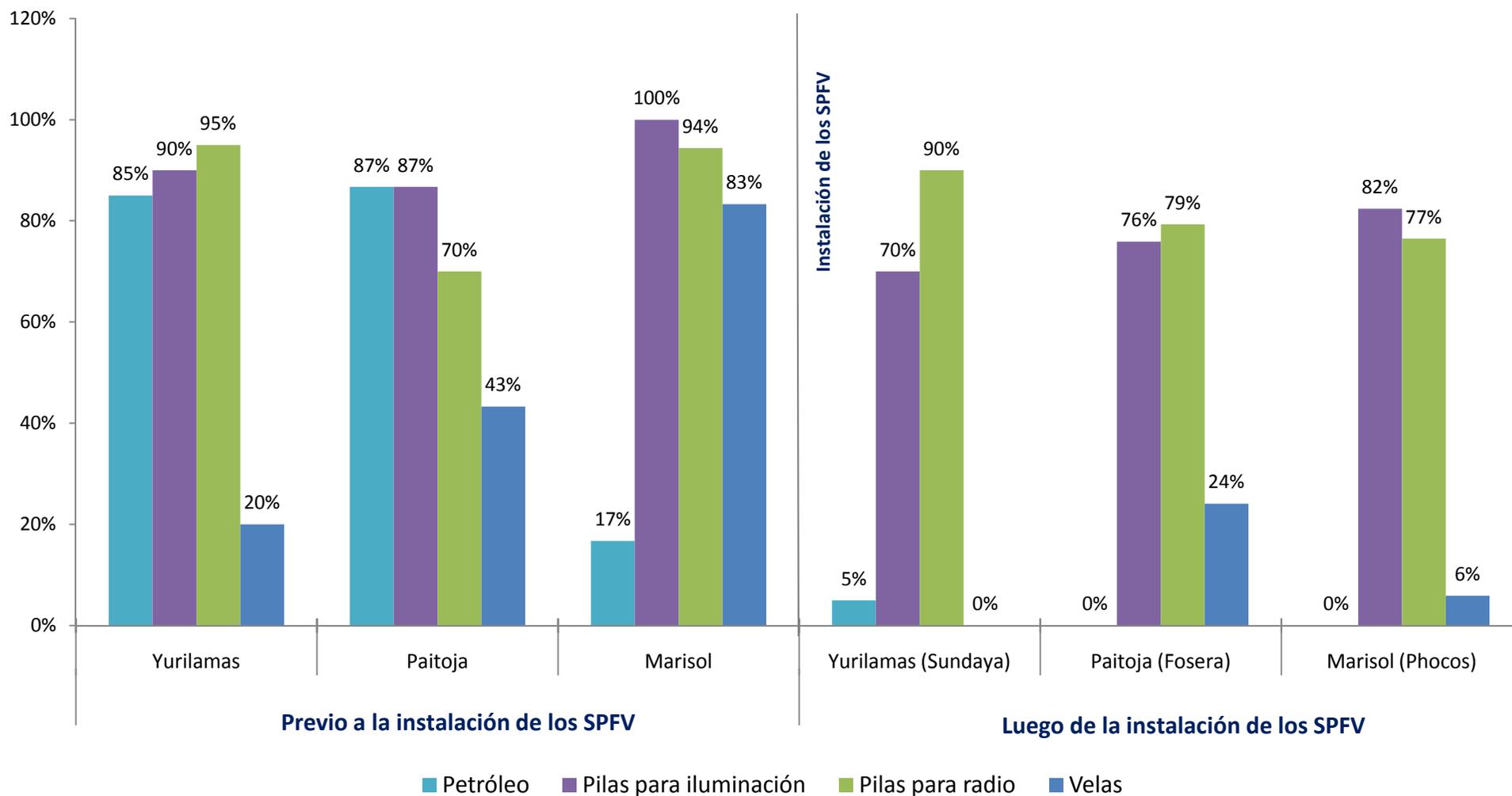


Foto 4.6. Fuentes de energía que utilizan los beneficiarios y el impacto que tienen en el medio ambiente



Arriba. Lugar de Venta de Petróleo
Abajo. Pilas arrojadas al Medio Ambiente

Lo próximo fue calcular el gasto promedio mensual desagregado por fuente de energía antes y después de la instalación de los SPFV. Este ejercicio queda resuelto en el gráfico 4.12. Se puede observar que los gastos mensuales en las fuentes de energía son menores cuando se tiene el SPFV debido a que se dejan de usar por completo fuentes como las velas, el petróleo y la gasolina, que tienen un costo adicional.

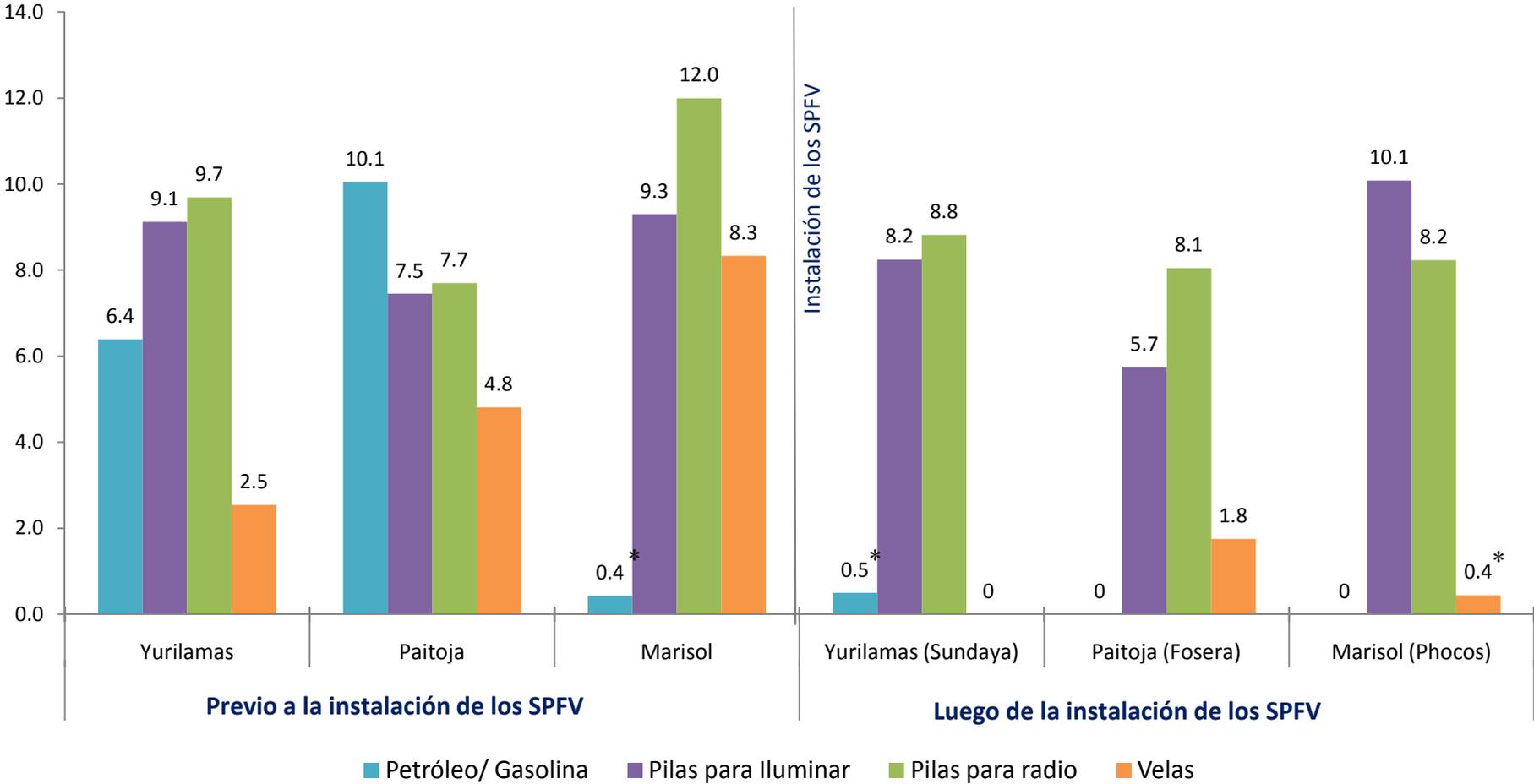
Como se dejó de utilizar casi completamente el petróleo, el gasto en este combustible prácticamente desapareció en Yurilamas, donde sólo un entrevistado mantuvo su uso, y fue sustituido totalmente en Paitoja y Marisol. Esta sustitución es la más impactante de las evidenciadas.

El gasto en pilas no ha bajado significativamente, debido al continuo uso de linternas, e incluso sube un poco en el caso de Marisol, de S/. 9.3 a S/. 12.1. Esto podría deberse al mayor tránsito nocturno existente en esta comunidad desde la instalación de la micro-red para la turbina de río que está siendo implementada por el Proyecto EnDev. Aquí existe iluminación pública desde hace poco tiempo, y esto ha impulsado a los pobladores a transitar más por el pueblo y socializar hasta más tarde, aumentando así su demanda por pilas. En el caso de los pobladores que recibieron sistemas Phocos, la situación se acentúa, pues ellos son los más alejados de la micro-red y necesitan iluminación para acercarse al centro poblado y regresar de él.

El gasto en velas se eliminó por completo en Yurilamas y, aunque en Marisol figura un promedio de S/. 8, este sólo corresponde a una respuesta, por lo que, considerando a toda la comunidad para el promedio, resulta en un gasto prácticamente nulo (S/. 0.4). En Paitoja, sin embargo, el gasto se mantuvo, y esto se puede deber a la nula portabilidad de lámpara Fosera, que debe mantenerse conectada a la batería principal en todo momento, dejando espacios de la vivienda en total oscuridad.

Finalmente, vemos que para las tres comunidades, el gasto mensual en pilas para radio ha disminuido sólo levemente, y esto porque la radio se usa principalmente en el campo. Al igual que las lámparas, la radio no cuenta con una batería integrada, por lo que sólo se puede usar dentro de la vivienda. Si se sustituyera el uso de la radio en campo, sustituyendo las pilas por una batería integrada, el impacto económico podría incrementar.

Gráfico 4.12. Gasto mensual promedio en fuentes de energía antes y después de la instalación de los SPFV

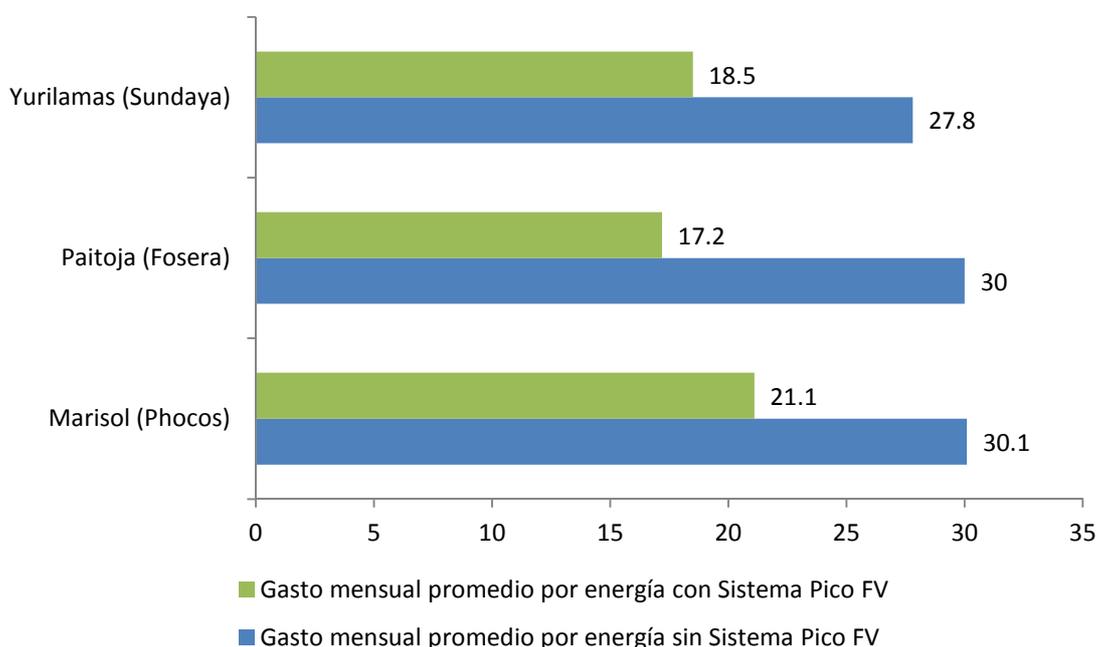


*El promedio de gasto sólo corresponde a una respuesta.

En el gráfico 4.13, podemos visualizar diferencias significativas^{10,11} entre el gasto de energía en las comunidades antes y después de la instalación de los SPFV. En la actualidad, se gastan S/.9.3 menos que antes en Yurilamas, S/.12.8 soles menos en Paitoja y S/.9.0 menos en Marisol.

A pesar de parecer montos ínfimos, cada comunidad está ahorrando la tercera parte de lo que gastaba anteriormente y, tomando en cuenta que se trata de zonas de pobreza extrema, el ahorro resulta significativo para las familias afectadas.

Gráfico 4.13. Gasto mensual familiar promedio en fuentes de energía antes y después de la instalación de los SPFV



¹⁰ Para calcular el promedio de gasto mensual total en energía, se está considerando todos los casos, de tal manera que se ponderen y no haya algún sobre estimado si solamente se sumara los promedios simples de cada fuente de energía (sin ponderar según el número de casos). Entonces, se ha sumado los gastos promedios mensuales de cada encuestado y se ha sacado el promedio de ese total.

¹¹ Para determinar las diferencias estadísticas se utilizó una prueba no paramétrica de comparación de medias a través del Test del signo-rango de Wilcoxon para muestras apareadas, el cual se adecua mejor para comparar eventos sucedidos antes y después en una misma muestra. De esta manera, cuando el "P-Valor es menor o igual a 0,05 ($p \leq 0,05$) se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, por lo tanto existe diferencias estadísticamente válidas.

B.2.3 Percepciones sobre los Sistemas Pico Fotovoltaicos

Este bloque analizará las percepciones de las familias sobre el Sistema Pico FV y su impacto en las actividades cotidianas. Se evaluará cuáles eran las posibilidades de mejora en la iluminación doméstica que se creía habían antes de la instalación y cuáles son las posibilidades que se conocen ahora. También se realizarán comparaciones concretas entre mecheros y Sistema Pico FV y se inquirirá por los problemas técnicos que estos han presentado. Finalmente se realizará una estimación de la disponibilidad de pago por los SPFV que debe ser diferenciada de la capacidad de pago evaluada en base al ahorro en fuentes de energía.

Para empezar con esta parte de la evaluación, se recogieron las impresiones iniciales que tuvieron los miembros de las distintas comunidades en los que se instalaron los SPFV: Esta pregunta requería una respuesta espontánea y se aplicó de distinta manera en cada localidad. A continuación se presenta una comparación de los distintos datos recogidos.

En Yurilamas la pregunta se aplicó a través de una dinámica grupal. Las siguientes citas nos resumen las sensaciones que los SPFV despertaron inicialmente.

“¿Tan chiquito el panel? Uy, otra vez nos engañó el Estado”

- ***“Nunca pensé que tendría una luz así en casa”***

- ***“Las noches son distintas”***

En esta localidad existía cierto conocimiento respecto de los sistemas fotovoltaicos domiciliarios, que utilizan paneles aproximadamente diez veces más grandes y cuentan con pesadas baterías (aproximadamente 20 kg.) y otros componentes ausentes en el kit Sundaya. Fue por esto que la impresión inicial en esta comunidad fue negativa, pero como se ve en las siguientes citas, las percepciones se tornaron positivas luego de experimentar el funcionamiento de los artefactos

En Paitoja se recogió la data de manera espontánea pero luego se cuantificaron las respuestas. La sensación que los resultados reflejan es parecida a la que tuvieron los beneficiarios de Sundaya. La tercera parte de los entrevistados de Paitoja comentan que estuvieron muy a gusto con el sistema desde el momento en que vieron la iluminación (“Me sentí a gusto porque la luz era buena”). Otra quinta parte llegó a sentir lo mismo, pero primero dudo de la procedencia de los aparatos (“Dudé al inicio pero luego me gustó”). Una proporción parecida de usuarios se encuentra contenta porque la nueva luz le hizo sentir como si estuviera en una ciudad (“Sentí que vivía en la ciudad”).

Finalmente, en Marisol la respuesta fue más tajante y no hubo tantas dudas. Dos de cada cinco quedaron impresionados por la calidad y la potencia de la iluminación del sistema Phocos (“Me impresionó la calidad y la potencia de la iluminación”), y más de la cuarta parte se sintió contenta por contar con esa tecnología (“Me sentí contento y alegre por tener esa tecnología”)

La instalación de los SPFV trajo consigo la posibilidad de realizar ciertas actividades a horas de la noche que antes no se podían hacer.

Al preguntarles a los entrevistados qué actividades pueden realizar sus familias en la noche luego de la instalación de los SPFV, las principales menciones son la lectura y el estudio. Tanto en Yurilamas como en Paitoja, el número de personas que rescata la lectura como una actividad que se realiza ahora pero no se realizaba antes, es particularmente alta, llegando a 85% del total en el primer caso y al 79% en el segundo. En Marisol no se le da la misma importancia, pero también obtuvo un puntaje elevado de 44%.

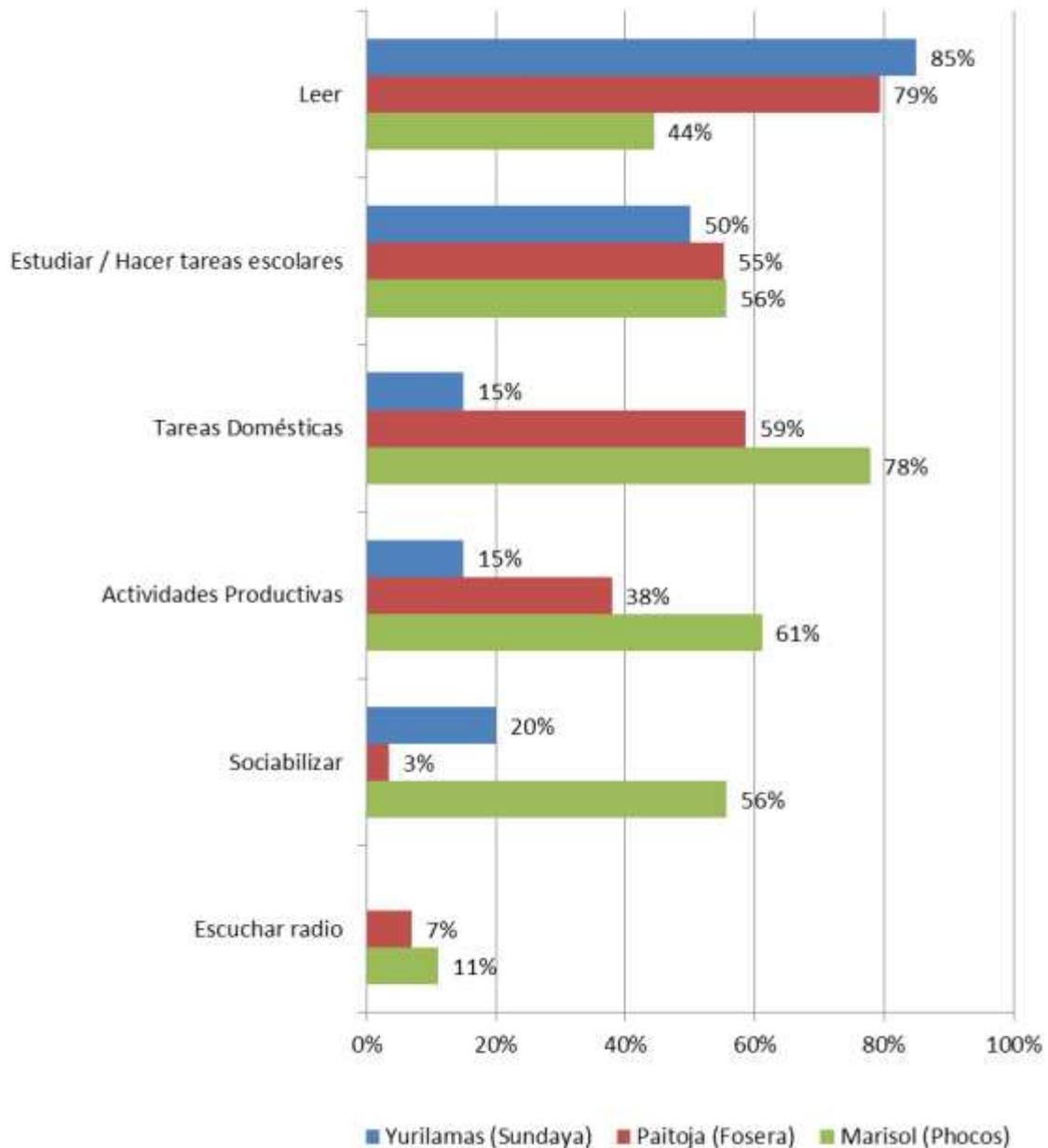
El estudio de los hijos si es rescatado por la misma proporción de beneficiarios en cada una de las localidades. Aproximadamente la mitad de los entrevistados de cada localidad (50% en Yurilamas, 55% en Paitoja y 56% en Marisol) la menciona como una nueva actividad para realizar en la noche.

La actividad que fue recordada con mayor recurrencia en Marisol fueron las tareas domésticas. Tres de cada cuatro entrevistados (78%) la menciona como una actividad que ahora se puede realizar luego de la puesta del sol. Una buena cantidad de los participantes en Paitoja también la considera así (69%), pero en Yurilamas, al parecer, no se está utilizando la noche para este tipo de diligencias (sólo el 15% la menciona).

Las actividades productivas durante la noche, también muestran un comportamiento estadístico parecido al de las tareas domésticas. En Marisol son más mencionadas (por el 61% de los entrevistados), luego en Paitoja (38%) y, finalmente, en Yurilamas (15%). Al parecer, los habitantes de Marisol están utilizando más el tiempo que ganan con la luz de los sistemas de iluminación solar para ser más productivos. Aunque con la información recogida en este gráfico esto no se puede inferir aún, la suposición sería consecuente con su mayor nivel de ingresos y su estilo de vida más atado al comercio.

Una actividad que es menos mencionada pero que no por eso deja de ser importante es la sociabilización. El 56% de los habitantes de Marisol recuerdan la posibilidad de sociabilizar ahora que hay más luz durante la noche. En Yurilamas, la cifra alcanza el 20% y en Paitoja, el 3%. Los Sistemas Pico FV no cuestan más por dejarse encendidos, como si ocurre con las linternas a las que se les agotan las pilas. Esto les ha permitido a los integrantes de estas comunidades extender las reuniones comunales que suelen sostener en la noche e incluso pasear por el pueblo realizando visitas a las personas que frecuentan.

Gráfico 4.14. Actividades irrealizables en oscuridad y posibles luego de la instalación del SPFV



La relación de posibles actividades que se pueden realizar con el SPFV durante la noche nos da una idea de todas las posibilidades que encuentran los beneficiarios del programa, pero no nos permite saber realmente en qué se está invirtiendo el tiempo ganado. Para saber esto, se consultó a los participantes de Yurilamas y Paitoja cuáles eran las actividades específicas que las familias están realizando con mayor frecuencia en horas de la noche. Los resultados están dispuestos en el gráfico 4.15.

Al parecer, a pesar del elevado número de menciones que referían a la lectura y al estudio en la pregunta previa, los participantes de estas dos localidades no están leyendo ni estudiando tan frecuentemente como realizan actividades domésticas durante la noche.

En Yurilamas, el 85% de los entrevistados menciona como una de las actividades más frecuentes la cocina y el 65% también menciona la limpieza del hogar. Estas cifras a las provenientes de Paitoja, en las que el 63% afirma cocinar con frecuencia y el 67% dice que realiza la limpieza del hogar durante las horas de la noche.

Para tres de cuatro entrevistados en Yurilamas (60%), escuchar la radio también resulta una actividad frecuente ahora que el SPFV ha sido instalado. En Paitoja es sólo la quinta parte (22%). Se asume que esta es una actividad que se realiza de manera paralela a las actividades domésticas.

Un testimonio que grafica el incremento de actividades que no se podía realizar con normalidad cuando no se contaba con una iluminación adecuada muestra lo siguiente:

“Antes tenía que desgranar el choclo o frejol cuando tenían tiempo y había luz, porque en época de cosecha todo mi tiempo se consume allí, ahora que tengo luz por la noche puedo desgranar mi choclo y mi frejol a esa hora y luego al otro día hago mis labores normales”

Gráfico 4.15. Actividades que realiza con mayor frecuencia con el SPFV (Respuesta múltiple – Los datos suman más de 100%)

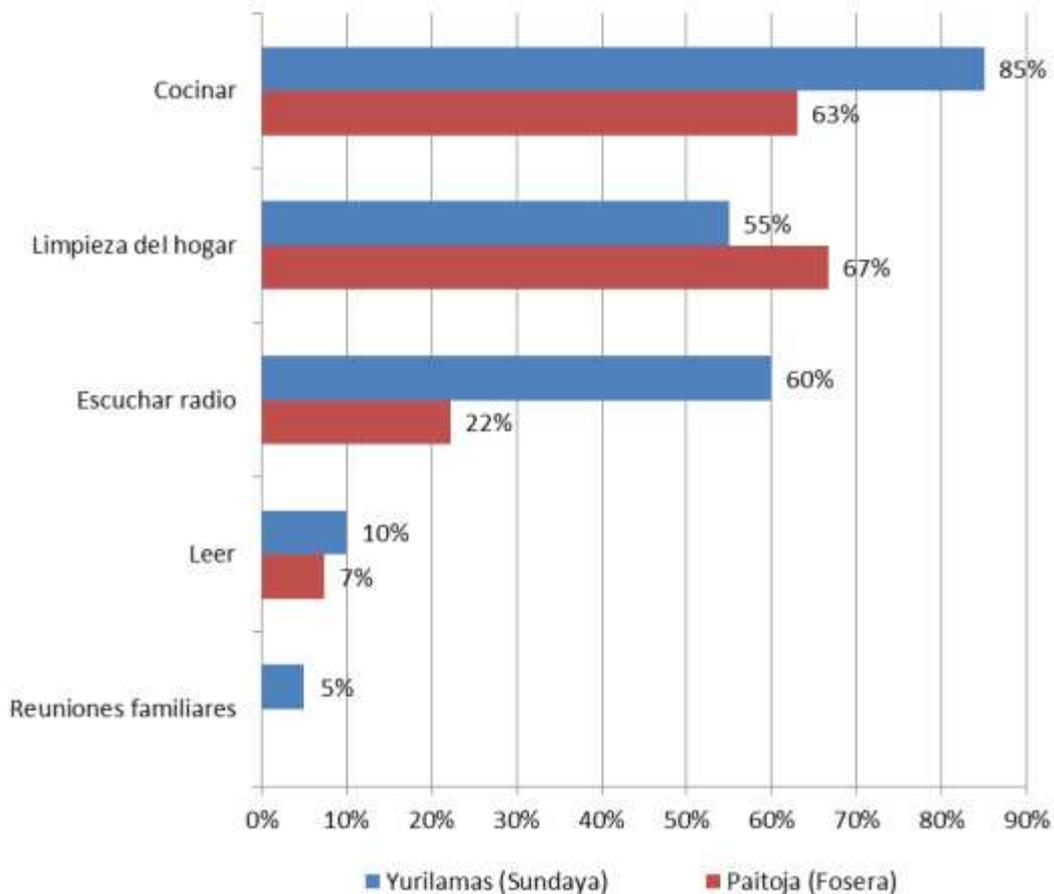


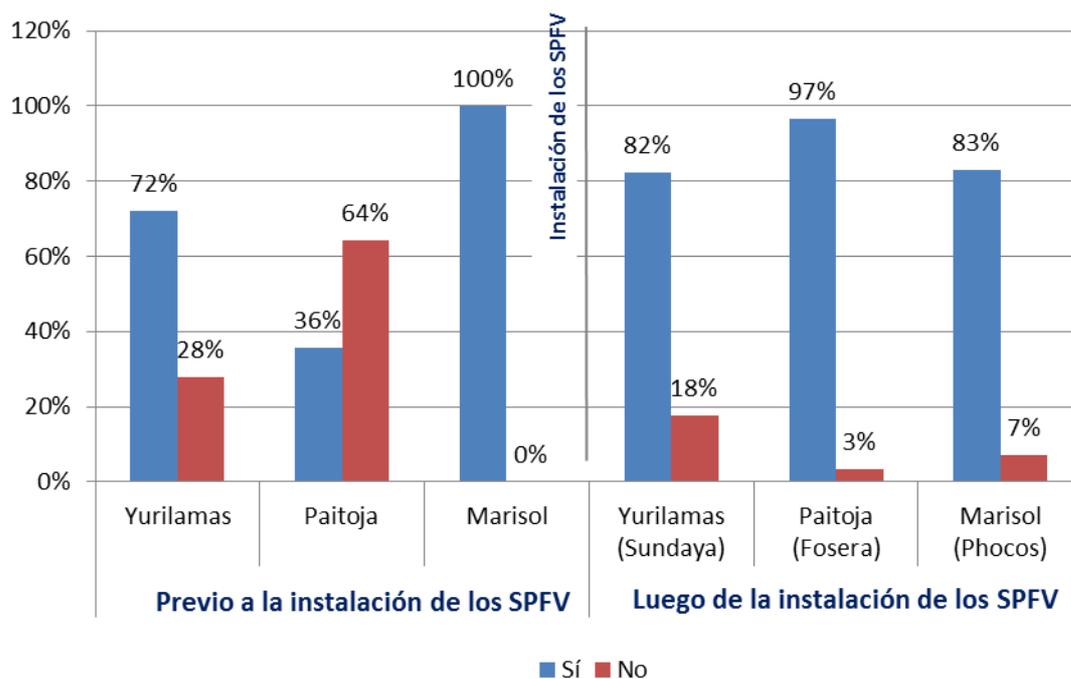
Foto 4.7. Actividades siendo realizadas con ayuda de los SPFV



Arriba. Poblador escuchando Radio
Abajo. Luz para Leer y Realizar otras actividades

En aras de conocer mejor las necesidades insatisfechas respecto a la iluminación dentro del hogar, se consultó si se creía que se podría mejorar la luz de sus viviendas también antes y después de los SPFV. Los resultados en el gráfico 4.16 (en la página siguiente) muestran que, a pesar de los beneficios reportados, la exigencia por una mejor iluminación aumentó en Yurilamas y Paitoja. Esto podría significar que los usuarios han tomado una nueva consciencia respecto de las posibilidades que tienen de exigir mejoras en su calidad de vida.

Gráfico 4.16. ¿Podría mejorar la luz de su vivienda?



Para indagar un poco más, se preguntó a los entrevistados qué alternativas creían que podrían utilizar para mejorar la iluminación de las viviendas actualmente y en qué alternativas hubieran pensado antes de la instalación de los SPFV.

Antes de la instalación de los sistemas, las posibles mejoras consistían en aumentar los dispositivos de iluminación, incrementar la potencia de la luz que brindan (probablemente se refieren a las linternas cuando mencionan esto) o en adquirir implementos de iluminación más durables.

Una vez instalados los SPFV, las proyecciones cambiaron. La durabilidad de las fuentes de iluminación dejaron de ser un problema principal, puesto que los SPFV tenían una duración suficiente y la proporción de entrevistados que exigían esta mejora bajó considerablemente en las tres comunidades.

La necesidad por mayor potencia también disminuyó, pero en Yurilamas la caída fue más pronunciada que en Paitoja y mucho más que en Marisol. En coincidencia con las medidas del flujo luminoso presentadas en el informe técnico, la lámpara Sundaya parece iluminar mejor que la Fosera y esta, a su vez, mejor que la lámpara Phocos.

Cabe mencionar que los pobladores de Paitoja incrementaron la potencia adicionando una platina a las luminarias (foto 4.8) evidenciando así nuevamente la creatividad local.

A pesar de que buena parte de las necesidades de iluminación han sido cubiertas, los beneficiarios, al ver el potencial de los SPFV, han elevado sus expectativas. En la actualidad, buscan aumentar el número de luminarias instaladas en su hogar. En las tres comunidades la exigencia por un mayor número de lámparas LED ha relegado el resto de posibles mejoras en la iluminación.

El deseo de contar con más luminarias se debe a que los sistemas actuales cuentan solo con dos luminarias, pero hay más de dos habitaciones dentro de las viviendas. Esta situación se ha solucionado utilizando las luminarias en diferentes habitaciones. Para ello utilizan ganchos artesanales o colocan la luminaria en una bolsa y fijan la bolsa luego en el techo de la habitación a ser iluminada, como se aprecia en la foto 4.9.

La noticia resulta positiva, puesto que demuestre una evidente satisfacción con el sistema instalado. Se trata, pues, de un efecto del beneficio sentido: se desea tener más dispositivos que permitan la iluminación. Al respecto presentamos algunos testimonios de los consultados:

“Quiero un foquito más de esos, ¿dónde puedo comprarlo?”

“El foco debería de tener un gancho para ser colgado, por eso le he hecho yo mismo uno”

Cuando se preguntó a los usuarios, en Paitoja y Marisol, si requerían un punto adicional de luz, más del 95% respondió afirmativamente y proporcionó precios posibles a pagar por ellos.

Vale la pena mencionar, que la portabilidad de las lámparas sigue siendo importante, aun cuando se está hablando de mejoras en la iluminación. Luego de la instalación de los SPFV, el pueblo de Paitoja, en particular, menciona que preferiría equipos más portables, y la razón está en que el equipo Fosera es el más difícil de mover de los tres SPFV evaluados.

Considerando las percepciones respecto al potencial de mejora de iluminación en la vivienda, la gran mayoría de los casos indicarían que aumentar el número de lámparas del Sistema Pico FV sería la alternativa preferida de mejoría para la iluminación doméstica. En las tres comunidades participantes se señala el aumento de puntos de luz como la mejora predilecta luego de la instalación de sistemas pico FV, independientemente de sus preferencias anteriores.

Gráfico 4.17. Mejoras que realizaría en la iluminación de sus viviendas antes y después de la instalación de los Sistema Pico FV (Respuesta múltiple: Las opciones suman más de 100%)

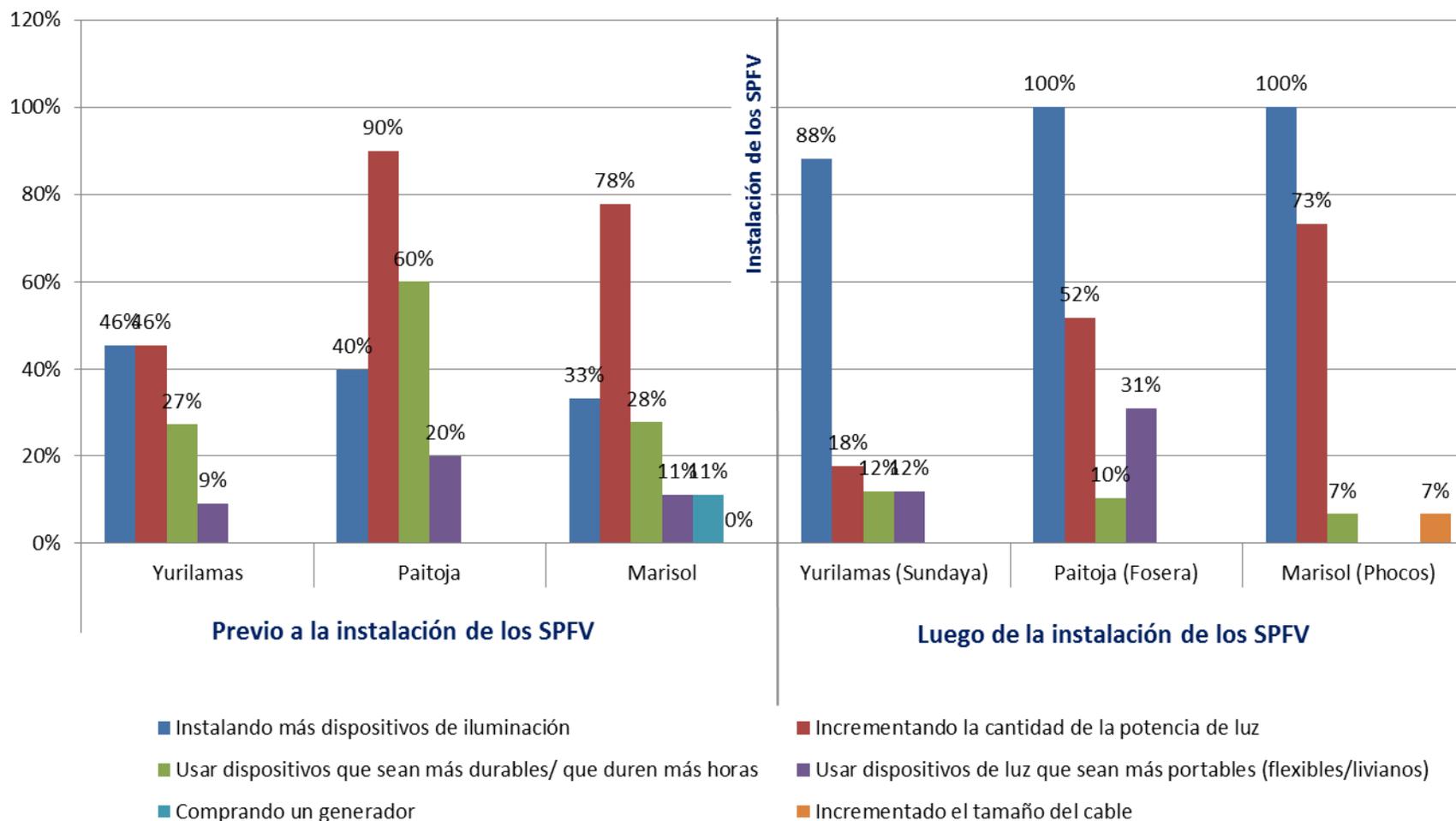


Foto 4.8. Creatividad local para integrar potabilidad al SPFV Sundaya

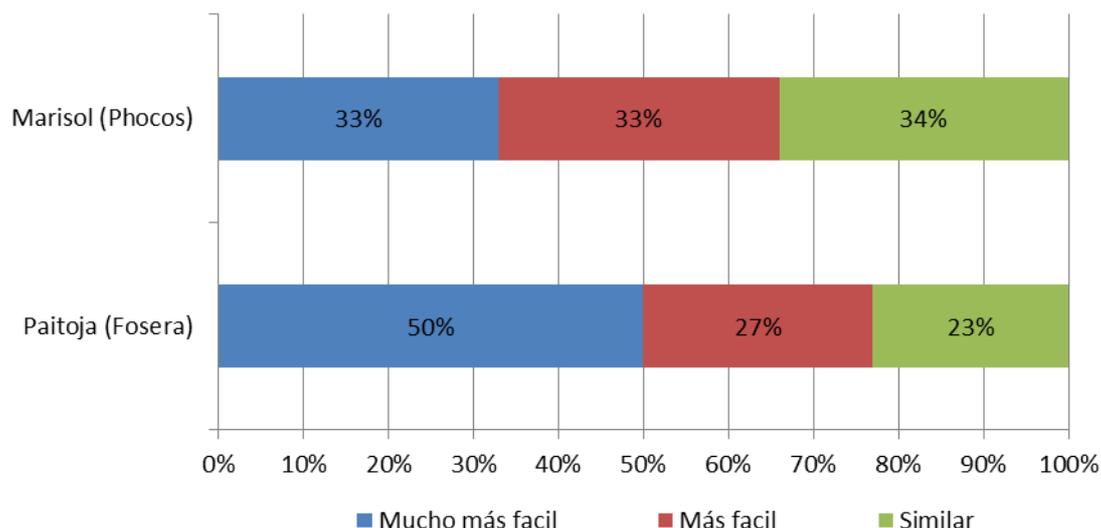


Foto 4.9. Vivienda en Paitoja



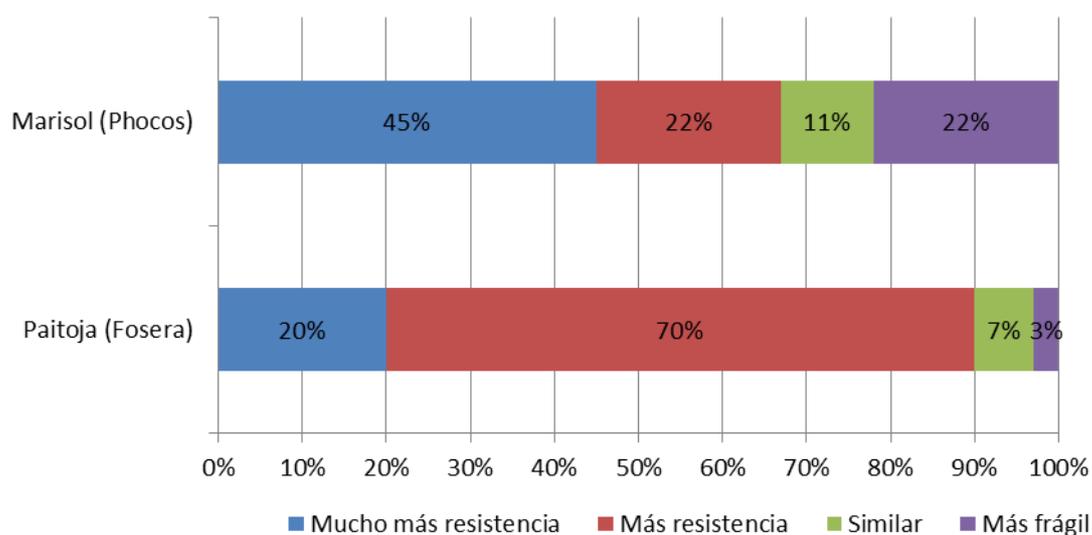
En el siguiente bloque, se presentan algunos gráficos que comparan los sistemas Phocos y Fosera con los dispositivos de luz tradicionales. Estas preguntas no se realizaron en Yurilamas, por lo que el sistema Sundaya no fue evaluado en este sentido.

Gráfico 4.18. Si comparamos el Sistema Pico FV con una linterna a pilas, ¿cómo le parece el funcionamiento?



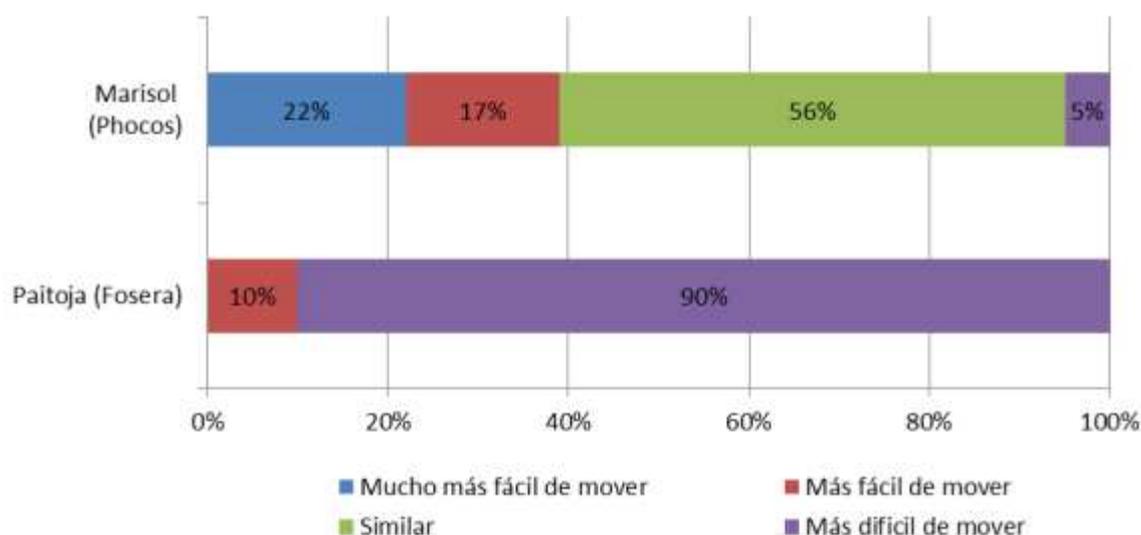
Tres de cada cuatro entrevistados en Paitoja (77%) consideró que el SPFV Fosera era más fácil de utilizar que una linterna a pilas. Respecto al sistema Phocos, en la localidad de Marisol, la proporción es un poco menor (66%), pero sigue siendo elevada respecto del total.

Gráfico 4.19. Si comparamos el Sistema Pico FV con una linterna a pilas, ¿cómo le parece la resistencia?



Casi la totalidad de entrevistados (90%) en Paitoja consideró que el SPFV Fosera era más resistente que una linterna a pilas. Respecto del sistema Phocos, evaluado en Marisol, las respuestas positivas son nuevamente menores (67%), pero siguen siendo elevadas respecto del total.

Gráfico 4.20. Si comparamos el Sistema Pico FV con una linterna a pilas, ¿cómo le parece la portabilidad?



La portabilidad si es una funcionalidad en la que la linterna es más apreciada que los SPFV. El 90% de los usuarios del SPFV Fosera lo encuentran más difícil de mover que una linterna. En el caso de los usuarios del SPFV Phocos, que es un sistema diseñado para ser portable, la evaluación resulta notablemente mejor, pues sólo el 5% de los entrevistados encuentran que este sistema es más difícil de mover.

En cuanto al funcionamiento de los sistemas Sundaya hasta el momento fueron reportadas quince luminarias defectuosas. Tomando como base 110 luminarias entregadas en Yurilamas (2 por cada vivienda en 55 hogares) esto representa un aproximado de 14% de fallas. Así mismo la población indica el desperfecto de un Panel, el cual presento problemas por el ataque de un roedor, así como otros daños como se verá a través de los siguientes testimonios:

- **“Prende la lámpara en promedio 5 minutos luego se apaga”**
 - **“Falla el panel al cargar”**

- **“Iluminador no prende”**
 - **“La batería no carga bien y el foquito verde no enciende”**
 - **“La rata mordió el cable”**

Este último testimonio es importante como un aspecto a tomar en cuenta para el mantenimiento de los sistemas, pues la limpieza de los cables es de vital importancia para el funcionamiento del sistema, puesto que son cables no disponibles en el mercado. Además es relevante pues los sistemas generalmente están instalados en las cocinas, y pueden estar expuestos a roedores.

En cuanto al funcionamiento del sistema Fosera, se han reportado 14 baterías y 3 luminarias falladas, llegando al 40% de baterías instaladas con fallas¹². Las fallas en las

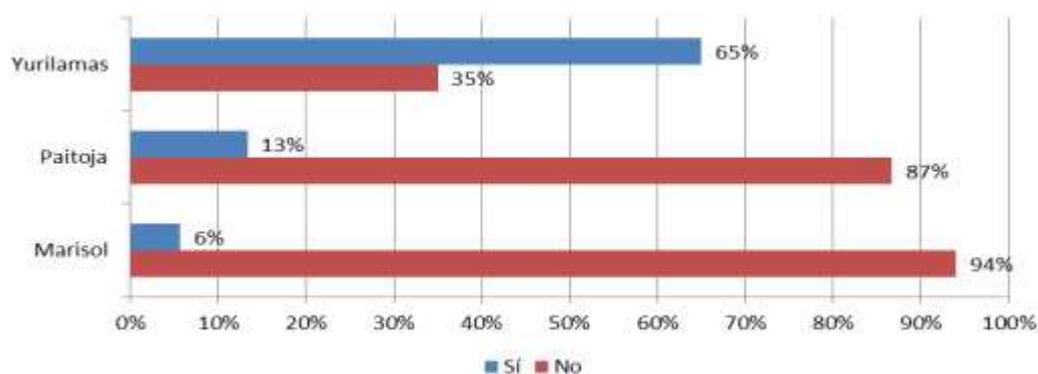
¹² Cabe mencionar que al iniciar el estudio, Fosera reconoció que existían fallas en los sistemas ya instalados. Era de esperarse que se reportaran fallas en dichos sistemas, lo que crea un sesgo en los sistemas con fallas

luminarias no han resultado ser tan negativas como sí las baterías, dado que una batería basta para encender ambas luminarias, lo que no ocurre con los SPFV de batería integrada. Respecto del sistema Fosera, un usuario señaló lo siguiente:

“Un foquito prende bien, cuando le prendo al otro ya se bajan los dos, igual si cargo mi celular los focos alumbran menos”

Respecto al funcionamiento de los sistemas Phocos en Marisol, se han reportado 8 luminarias con algún daño que no ha podido ser solucionado localmente. Este número de fallas corresponde aproximadamente al 17% de las luminarias instaladas en Marisol (48, producto de 2 por 24 viviendas). Gracias a que las luminarias tienen una batería independiente, los beneficiarios indican que pudieron identificar si la falla era de la batería o del foco LED en sí. Han existido fallas que al retirarse la batería y volverla a colocar se han solucionado, demostrándose que el modelo Phocos es el que ha demostrado menos dificultad para ser reparado al no requerir extraer ningún tornillo para retirar la batería. Esto ayuda a que los beneficiarios sean más atrevidos para abrir la luminaria.

Gráfico 4.21. ¿Alguna vez ha limpiado el panel solar?

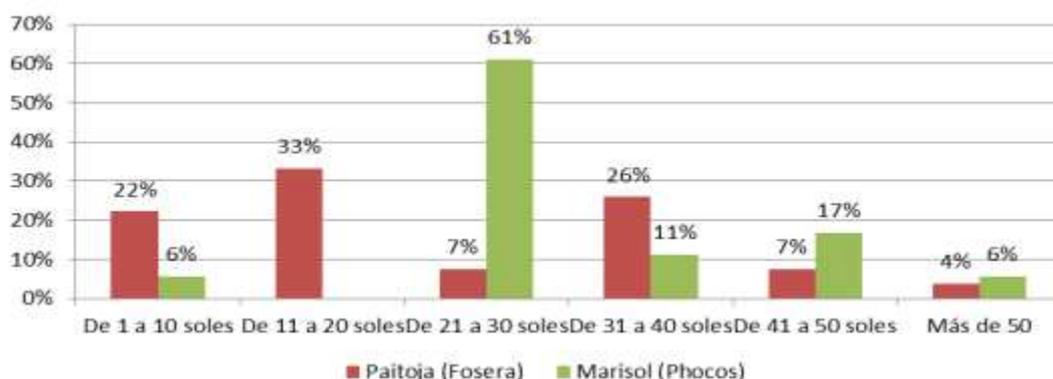


Para indagar en el nivel de mantenimiento de los sistemas instalados, se preguntó si alguna vez se había limpiado el panel solar. En Yurilamas, en el que el panel solar del sistema Sundaya está al alcance de los usuarios, dos de cada tres (65%) lo habían limpiado. En Paitoja y Marisol, por el contrario, muy pocos lo habían hecho (13% y 6% respectivamente). El motivo por el cual no limpian los paneles solares del Sistema Pico FV es que estos se instalan en los techos de las viviendas, por lo que resulta difícil y riesgoso subir para realizar una limpieza periódica. Otro motivo es que algunos usuarios no conocen o no les han enseñado a hacer el mantenimiento de limpieza del sistema.

Como se mencionó anteriormente, a los usuarios de Paitoja y Marisol se les preguntó cuánto estarían dispuestos a pagar por un punto de luz adicional. En promedio, el pago que la población estaría dispuesta a pagar por el sistema Fosera, en Paitoja, es de S/. 25.50 soles. En Marisol, por el sistema Phocos, estarían dispuestos a pagar, en promedio, S/.34.70.

reportadas. Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, las percepciones del sistema Pico FV son positivas como se ha podido observar anteriormente.

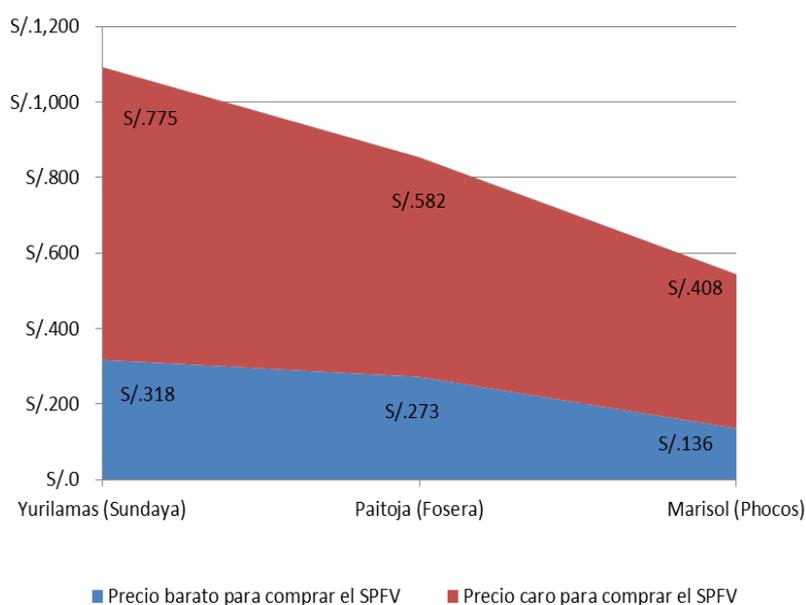
Gráfico 4.22. ¿Cuánto pagaría por un punto adicional de luz?
(En nuevos soles – S/.)



Finalmente, se les consultó a los beneficiarios sobre cuáles serían los montos que ellos estarían dispuestos a pagar para adquirir un SPFV proponiéndoles que estimen un rango de precios máximo y mínimo. En cuanto al pago que realizarían para obtener un SPFV Sundaya los resultados del gráfico 4.23 señalan que un precio barato y accesible para los beneficiarios sería de S/. 317.9, mientras que un precio considerado caro fue de S/. 775.0¹³. Por un sistema Fosera los beneficiarios señalan que un precio barato y accesible sería de S/. 272.7, mientras que un precio considerado caro fue de S/. 581.7. Para un sistema Phocos un precio barato y accesible sería de S/. 136.1 y para el precio considerado caro, el promedio fue de S/. 408.3.

Resulta interesante observar que si bien Marisol es la comunidad con mayor nivel de gasto promedio en relación a Paitoja y Yurilamas, es a la vez la comunidad con menor disponibilidad de pago por un Sistema pico FV. Aunque no se puede inferir que la calidad de los sistemas probados en Paitoja y Yurilamas sea el determinante por el que sus usuarios están dispuestos a pagar más por ellos, los resultados del informe técnico y de esta evaluación en campo nos permiten postularla como una razón probable.

Gráfico 4.23. Precio promedio que podrían pagar en distintos escenarios



B.3.4. Impactos sociales

Recogida la apreciación directa de los entrevistados sobre los SPFV, nos dedicamos ahora a analizar sus percepciones respecto de diversos aspectos que contribuyen al desarrollo humano, como la salud, la seguridad, la educación y la higiene, y el impacto que la instalación de los sistemas ha tenido en ellos.

Salud

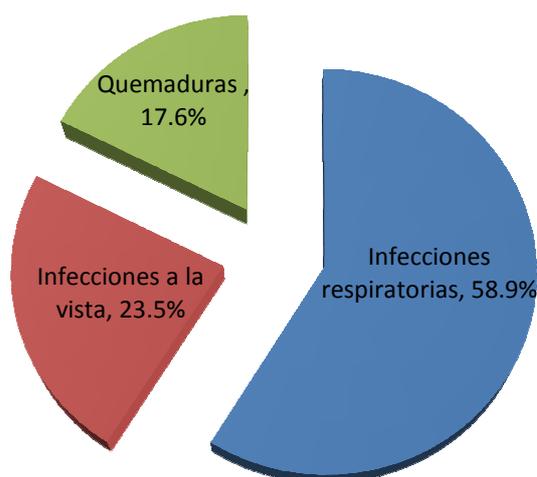
Los participantes de Yurilamas son bastante conscientes de los problemas de salud que el humo de los mecheros puede causar. A seis de cada diez (59%) les preocupa que el uso de estos dispositivos les cause infecciones respiratorias, y otros dos (24%) creen que podría causarles infecciones a la vista. Sólo 18% está más preocupado por las quemaduras, aun cuando en una de cada cinco familias (20%), estos medios de iluminación han causado accidentes en el pasado.

Como podemos ver en el siguiente testimonio, una de las razones de la satisfacción de los participantes respecto de los SPFV Sundaya es la tranquilidad que les causa el hecho que no liberen humo y no causen quemaduras, como los mecheros y velas.

“Mis hijos antes amanecía y la naricita negras estaban por el humo del mechero”.

“No podía dormir tranquila si se quedaban haciendo tareas solos con los velas, tenía que quedarme con ellos cansada o acostarlos sin estudiar, ahora tranquila duermo”

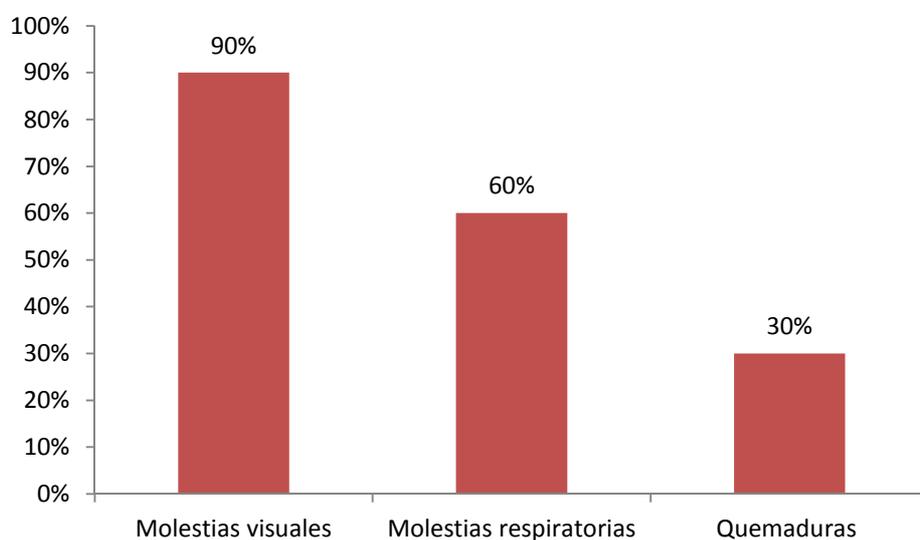
Gráfico 4.24. Factores de preocupación por el uso de dispositivos tradicionales de iluminación – Yurilamas (Sundaya)



En Paitoja, la temática se abordó de manera diferente, y se preguntó directamente si los consultados habían percibido mejoras en la salud luego de la instalación de la nueva tecnología. Todos los entrevistados respondieron afirmativamente, indicando, además, los sistemas Fosera han cambiado sus condiciones de vida.

En Marisol también se preguntó qué molestias habían disminuido. La gran mayoría de los consultados mencionó que las molestias visuales habían disminuido, y seis de cada diez también notaron una mejora en las molestias respiratorias. En general, el 72% detectó que alguna afección había mejorado en los miembros de la familia luego de la instalación del SPFV Phocos.

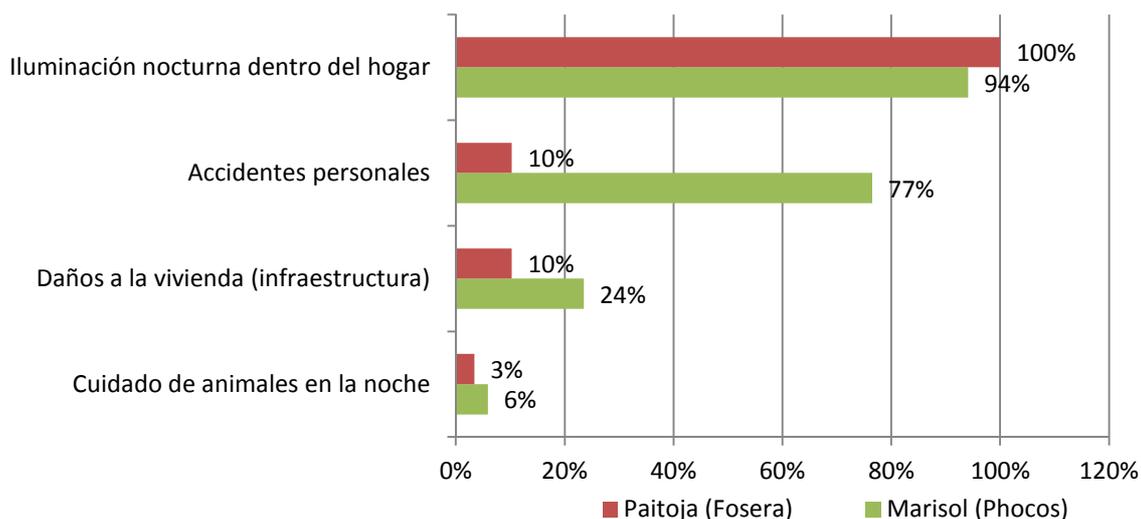
Gráfico 4.25. Tipos de molestias a la salud que disminuyeron luego del uso del SPFV Phocos en Marisol. (Respuesta múltiple – Los resultados suman más de 100%)



Seguridad

Casi la totalidad de los entrevistados afirmaron que la seguridad de los hogares había mejorado luego de la intervención. Para indagar en este segundo aspecto social, se preguntó qué características del SPFV instalado tuvo un efecto en la seguridad del hogar. Prácticamente todos los entrevistados coincidieron en que esto era consecuencia de la iluminación nocturna, puesto que esta disminuye los accidentes que solían ocurrir en horas de la noche. Los resultados completos para Marisol y Paitoja están dispuestos en el gráfico 4.26.

Gráfico 4.26. ¿Cómo ha mejorado la seguridad del hogar?



Condiciones de vida

Estos cambios en salud y seguridad se ven confirmados con las posteriores declaraciones de los entrevistados. En Yurilamas, todos afirmaron que el SPFV Sundaya les había cambiado la vida, pues mejoró, sobretodo, la salud en los hogares, retirando definitivamente el olor a diesel quemado que genera mareos y languidez. La gran mayoría (90%) también detectan una mejora en los estudios de los niños y una buena parte (70%) menciona un incremento de las actividades sociales.

La mayoría de los participantes de Paitoja (59%), que usaron el modelo Fosera, también comentan que los estudios han mejorado, pues hay mayor comodidad para realizar las actividades académicas. Cantidades similares de personas mencionan mejoras en la higiene (52%) y en la salud (49%), probablemente porque la luz permite realizar la limpieza de noche y porque hay una menor cantidad de humo en el ambiente intradomiciliario. Al respecto se ha recogido testimonios que constata estos cambios en las condiciones de vida:

“Yo, las velas antes usaba para que mis niños puedan hacer sus tareas, se gastaba una y otra vela, por lo que ahora al tener mis lamparitas mis hijos hacen sus tareas tranquilamente, yo estoy más al tanto de eso, además que no se contaminan y no se quedan dormidos”

Finalmente, el modelo Phocos en Marisol ayudó, para la gran mayoría (89%), a perfeccionar el tema de la higiene y, para otra buena porción (78%), a prevenir las quemaduras. En Marisol es costumbre bañarse en el río al caer la noche. Tratándose de un sistema portable, que tiene una construcción robusta y cerrada, el sistema Phocos es más útil que las linternas convencionales para iluminar la ribera.

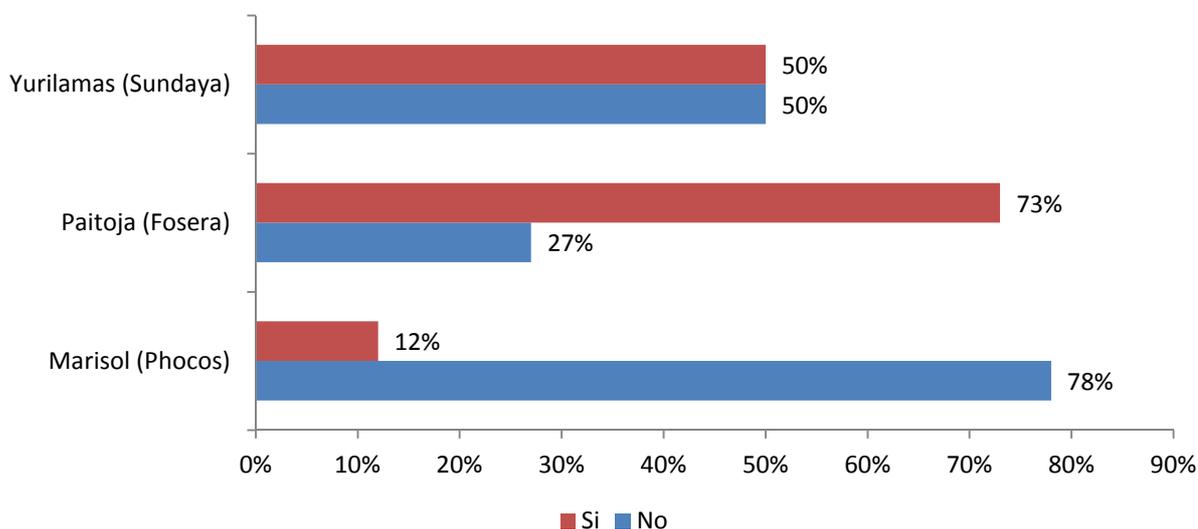
B.3.5. Impacto en el uso de teléfonos móviles

Una característica que las tecnologías instaladas en las viviendas facilitan es la carga de baterías de los teléfonos móviles. A pesar de que no todos los SPFV no tenían, inicialmente, conexiones para cargar el celular, se implementó esto al ver que muchos habitantes llevaban celulares, incluso en localidades sin cobertura.

A pesar de que en Yurilamas no hay cobertura telefónica, la mitad de los usuarios (50%) tienen celulares, debido a que a dos horas de camino, existe un punto sobre una montaña, llamado “La Ventana”, desde el cuál se accede a señal móvil. Para los adultos mayores el principal uso es para comunicarse con los amigos y familiares, por lo que la recarga del celular sin señal en la comunidad no ha generado mayores usos del teléfono. Sin embargo los más jóvenes (niños, adolescentes y padres recientes) aprecian los celulares incluso sin señal por sus funciones como agenda y acceso a multimedia, valorando en gran medida la posibilidad de carga incluso sin señal. Se percibe entre los jóvenes un gran sentido de modernidad alrededor de estas alternativas.

En Marisol, como en Yurilamas, tampoco hay señal, por lo que muy pocos (12%) tienen teléfonos, y los tienen principalmente para escuchar música. En Paitoja, en que si llega la señal, tres de cada cuatro usa teléfonos celulares (73%).

Gráfico 4.27. Presencia de teléfonos móviles en el hogar



En Yurilamas, todos los consultados que tienen teléfonos móviles mencionan que tienen el cargador Sundaya, sin embargo sólo la mitad de ellos tienen modelos y/o marcas que sí son compatibles con el cargador. Las marcas que no son compatibles son: Motorola, Huawei, ZTE y otras a las que se refieren como “marcas chinas”.

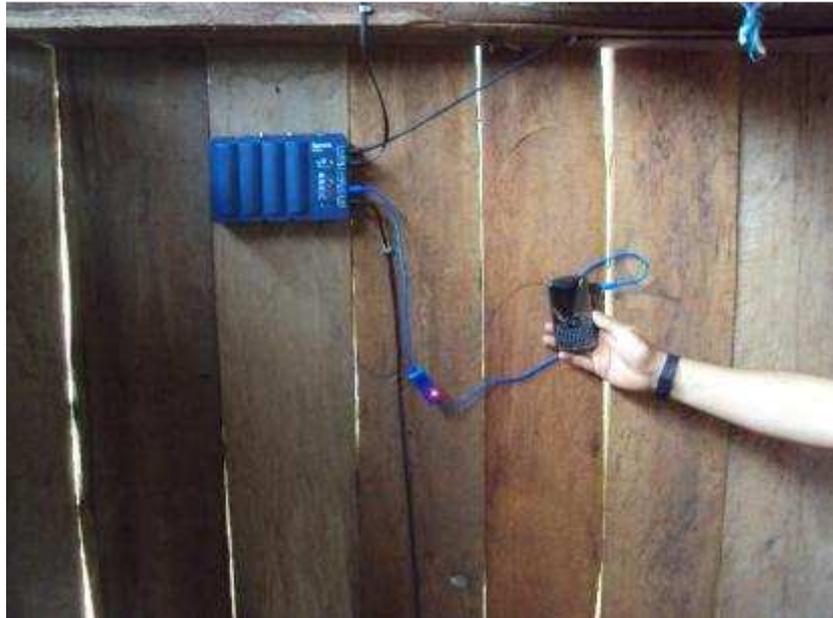
En Paitoja, la mayoría de los entrevistados (96%) tienen teléfonos compatibles con el cargador del sistema Fosera, pero no todos usan el panel solar para hacer sus recargas. De cada diez, cuatro (41%) utilizan un generador y tres (27%) utilizan la electricidad a la que pueden acceder en la ciudad.

En Marisol, los pocos usuarios de celular afirman que hay compatibilidad entre sus cargadores y el sistema Phocos.

Un dato interesante a rescatar es que en Yurilamas, la mayoría (60%) de entrevistados considera que no ha incrementado el uso de teléfonos móviles después de la instalación de los SPFV Sundaya, sin embargo, se puede evidenciar la plausibilidad de un mayor uso de los teléfonos móviles en el futuro a partir de testimonios como el siguiente:

“Mi hijo antes iba una vez a la semana a La Ventana para ver quién le había escrito o llamado, ahora va casi 3 veces, y ahí lo paran llamando, ya no para acá”.

Foto 4.10. Teléfono móvil cargando



Capítulo V: Conclusiones

La evaluación en campo en San Martín permite sostener algunas conclusiones respecto del uso de los Sistemas Pico Fotovoltaicos como solución inmediata la falta de acceso a servicios básicos de energía para iluminar en las zonas aisladas y dispersas del Perú.

En principio, las evaluaciones técnicas de los SPFV antes y después de su uso en campo reconocen que los equipos Sundaya Ulitium 2, Fosera PSHS 7000 y Phocos Pico LED Light System son ideales para un proyecto rural de este tipo. Sus baterías cargan de manera eficiente y su luminosidad es potente respecto de su uso de energía, incluso después de un tiempo de uso. No obstante, de las tres, la lámpara Sundaya Ulitium 2 obtuvo las mejores mediciones, aunque durante su uso en campo todas evidenciaron altos porcentajes de fallas que superan ampliamente los estándares mínimos de calidad.

La evaluación en campo nos ayuda a observar los impactos de las lámparas en el contexto rural. Un impacto a anotar, por ejemplo, es que los SPFV remplazaron casi por completo el uso de velas y mecheros dentro los hogares intervenidos. La buena iluminación y la menor contaminación son las nuevas ventajas que los entrevistados perciben. Sin embargo, para la iluminación exterior a la vivienda las lámparas no han podido remplazar a las linternas, su menor portabilidad complica su uso durante las caminatas y otras actividades al aire libre. Cabe decir que las lámparas Phocos son las más portables y si fueron utilizadas por algunos de los beneficiarios.

En cuanto al ahorro económico en fuentes de energía, los hogares intervenidos lograron ahorrar, en promedio, entre nueve y doce soles (tres a cuatro euros) por el menor consumo principalmente de diesel para mecheros y velas. Esto constituye aproximadamente 30% del dinero gastado mensualmente en fuentes de energía en estas comunidades que están por debajo de la línea de pobreza. El gasto en pilas para iluminar y escuchar radio no fue alterado significativamente y representa el principal gasto en fuentes de energía luego de la instalación de los SPFV.

Las personas que recibieron los SPFV son conscientes que ahora son capaces de realizar actividades en la noche que antes no se podían realizar, tal y como la lectura y los estudios. Durante la evaluación en campo, los hogares sintieron mayor comodidad ante la posibilidad de cocinar y limpiar el hogar, las dos actividades que más están realizando aprovechando las lámparas en la noche. Además, expresan ansias por mejorar su iluminación a través de más SPFV en su hogar por los que ofrecieron como precio máximo S/.775 en Yurilamas, que es el pueblo más pobre, y S/.408 en Marisol.

Por lo demás, hay consenso en que las molestias visuales y respiratorias causadas por la contaminación intradomiciliaria han disminuido y que, debido a la mayor iluminación, la posibilidad de que ocurran accidentes también.

El uso de teléfonos móviles para comunicarse no varió debido a que la señal es débil o no existe, pero se observó un mayor uso de otras aplicaciones multimedia sobre todo en la juventud, lo que implicaría un impacto positivo también respecto al acceso básico a la comunicación.

Podemos concluir, a pesar de la naturaleza referencial de los resultados en campo, debido al número de casos estudiados, que los SPFV cumplen satisfactoriamente su función de brindar acceso a una iluminación útil para el público meta, reemplazando a la vez alternativas tradicionales, nocivas y costosas de iluminación. Aunque sería óptimo encontrar modelos más portables para el uso fuera del hogar, la apropiación de los SPFV por parte de la población de Yurilamas, Paitoja y Marisol ha sido positiva.