Primeras experiencias de sistemas picofotovoltaicos en el Perú

Evaluación del funcionamiento, la aceptación y los impactos de los sistemas picofotovoltaicos en la región San Martín

endev

Financiado por:

cooperación alemana
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

Ministerio holandés de Asuntos Exteriores

NORWEGIAN MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS

Australian Aid

UKaid
from the British people

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación COSUDE

Implementado por:

giz Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Aviso legal

Publicado por:
Deutsche Gesellschaft
für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Cooperación Alemana al Desarrollo-GIZ

Prolongación Arenales 801
Miraflores, Lima 18
Perú

Teléfono (511) 422-9067
giz-peru@giz.de

Contactos:
Proyecto Energía, Desarrollo y Vida-EnDev/GIZ
Dra. Ana Moreno Morales
Pasaje Bernardo Alcedo 150, Piso 4
San Isidro, Lima 27
T 0051 1 442 1999/0051 1 442 1997
F 0051 1 442 2010
E endev@giz.de
I http://www.endevperu.org

Autores:
Ángel Verástegui Gubler
Ana Isabel Moreno Morales
Víctor Cordero Torres

Equipo técnico
Rafael Rengifo del Castillo
Fernando López Pérez
Fernando Aspajo Hidalgo

Índice

1. Introducción 4
2. Informes técnicos 6
2.1 Evaluación comparada de los sistemas Sundaya Ulitium 2, Fosera PSHS 7000 y Phocos Pico Led Light System 8
3. Implementación de la evaluación en campo en la región San Martín 16
4. Evaluación en campo de los sistemas picofotovoltaicos 24
4.1 Objetivos y metodología del estudio 24
4.1.1 Modelo de evaluación 24
4.1.2 Grupo objetivo 25
4.1.3 Variables e indicadores 25
4.1.4 Selección y tamaño de la muestra 26
4.1.5 Procesamiento de datos 27
4.2 Resultados comparados de los sistemas picofotovoltaicos 28
4.2.1 Características generales de los hogares 28
A. Número de miembros de las familias 30
B. Actividades de los jefes de familia 31
4.2.2 Beneficios del uso de los sistemas picofotovoltaicos 33
A. Iluminación de la vivienda 34
B. Ahorro en el consumo de energía 47
C. Percepciones sobre los sistemas picofotovoltaicos 56
D. Impactos sociales 69
E. Impacto en el uso de teléfonos móviles 72
5. Conclusiones 74

1. Introducción

Durante 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 pobreza.[1] De esta manera, en los últimos siete años se incrementó el coeficiente de electrificación rural de 25,3% a 63,0%.

Sin embargo, aún quedan alrededor de 3 millones de peruanos sin acceso a la electricidad debido a la lejanía y dispersión de sus viviendas.[2] Ambos 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. Por ello, el Gobierno prioriza los proyectos de electrificación cuyos costos por hogar conectado no sobrepasen los límites establecidos, lo que deja fuera de sus planes a las poblaciones más inaccesibles y, por ende, más vulnerables.

A esta problemática se suma la reciente prohibición de vender querosene 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 adonde la electrificación rural no llegará ni en el mediano ni en el largo plazo, como es la selva amazónica. Naturalmente, la población de estas zonas alejadas deberá cambiar el querosene por combustibles líquidos —como el diésel—, y las emisiones nocivas de estos incrementarán la polución intradomiciliaria, que de por sí es elevada debido al uso de leña en fogones tradicionales para cocinar. Todo esto, sumado al intenso uso de linternas a pilas, que luego contaminan aguas y suelos, contraviene la política de promoción del uso eficiente de la energía que promueve el Perú.

En este contexto, el proyecto Energía, Desarrollo y Vida (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 que los sistemas picofotovoltaicos (SPFV) presentan 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, lo que permitirá evaluar su inclusión como alternativa tecnológica para las familias excluidas del Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER) y también para las que, estando consideradas en el mediano plazo, vienen sufriendo en la actualidad la polución intradomiciliaria generada por cocinar e iluminarse inadecuadamente.

[1] De 44,5% en el 2001 a 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).

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 reemplazo de mecheros de diésel.

a. 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 de recoger las impresiones del público meta sobre estas tecnologías, se realizó una evaluación en campo.

La intervención comprendió diversas etapas de análisis. En la sección 2 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 las secciones 3 y 4, se describirán los resultados de la evaluación en campo, en la que se examinó tanto la estabilidad técnica de los SPFV como las percepciones y la satisfacción de las poblaciones que los utilizaron durante un lapso de ocho meses.

2. Informes técnicos

a. Evaluación de lámparas led para SPFV

El objetivo de este estudio, realizado por el Laboratorio de Fotometría de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) en noviembre del 2010, fue evaluar 11 diferentes lámparas led para SPFV.

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

- Una lámpara D'Light/Nova (portátil)
- Una lámpara Phocos (portátil)
- Una lámpara Cosmos (portátil)
- Una lámpara Sundaya/Phaesun (fija)
- Una lámpara Fosera 4200 (fija)
- Una lámpara Fosera 7000 (fija)
- Una lámpara Suntransfer 2 (portátil)
- Una lámpara Suntransfer 10 (fija)
- Una lámpara Barefoot-Firefly 12 (tipo escritorio)
- Una lámpara Barefoot (fija)
- 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 a escritorio y otra, en realidad, era un sistema domiciliario que conectaba una batería con cuatro lámparas de intensidad regulable. Las ventajas o desventajas de estas funcionalidades diversas solo podrían ser precisadas en una evaluación en campo.

El principal objetivo del examen técnico desarrollado por la UNI eran comparar la calidad de las baterías y de las lámparas led.

b. Calidad de las baterías

La calidad de cada batería se midió en función de 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); esta energía depende de la capacidad de carga y de la tensión de la batería, que se mide en voltios (V). Esta capacidad de carga ha sido medida según el consumo de los circuitos y led de cada lámpara; la lámpara de mayor capacidad es la Suntransfer 10.

Una batería requiere mayor energía para cargarse que la que puede ofrecer al descargarse. A menor 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 fija (con 0,99).

La *profundidad de la descarga*, DOD (del inglés *depth of discharge*), indica hasta qué punto se utiliza la carga de la batería antes que la electrónica de la lámpara la desconecte de las led. Dependiendo de la química de la batería, las descargas muy profundas pueden dañarla en forma diferenciada, lo que reduce su vida útil,[3] sobre todo en las baterías de plomo ácido con relación a las baterías de Li-Ion o NiMh. De las baterías con plomo ácido analizadas, solo la batería de la lámpara D'Light/Nova cuenta con un DOD adecuado para el tipo de química que tiene, de 60%. El resto de las baterías tienen valores DOD demasiado altos y se puede prever que tendrán un tiempo de vida reducido, causado por una insuficiente protección 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 implica que no tendrán complicaciones con su vida útil.

Las variables descritas determinan el tiempo que puede permanecer encendida la lámpara cuando está prendido un solo foco, aun cuando las baterías forman parte de sistemas de dos a más focos. Las lámparas que más duran son la Suntransfer 10 (30,5 horas) y las Suntransfer 2 (15,5 h), pues sus baterías son de gran capacidad. Les siguen 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 el anexo 1).

c. Calidad de las lámparas led

La calidad de cada lámpara led se midió en función de su flujo luminoso, la constancia del flujo luminoso durante el tiempo que permanece, la eficacia de la lámpara y la máxima intensidad de iluminación que se puede obtener al borde de una mesa de un metro cuadrado iluminada con la lámpara.

Una lámpara provista de energía eléctrica emite un flujo radiante —o luminosidad—, pero solo una pequeña porción de este flujo es captada 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 en que la lámpara permanece encendida, 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 permaneció constante* durante todo el tiempo en que estuvieron encendidas fueron las Fosera 4200 y 7000, y la Barefoot fija.

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

Para emitir luminosidad, toda luminaria necesita consumir potencia eléctrica, que se mide en watts (W). Así, la *eficacia luminosa* de la lámpara es medida en función de la cantidad de flujo luminoso irradiado por cada watt consumido (se lee: lm/W). Nuevamente, las más eficaces son la lámpara Sundaya y la Fosera 7000 (ambas con 119 lm/W), seguidas por las Fosera 4200 (111 lm/W) y la Phocos (104 lm/W).

Finalmente, se calculó la *máxima iluminación* que cada lámpara podía brindar sobre una mesa de 1 m^2, midiendo los lux (lx = lm/m^2) al borde de la mesa, así como al punto central. Esto ayuda a conocer la distribución de la luz emitida por la luminaria, evaluando en qué medida 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.

d. Conclusiones

Dada la dinámica de investigación e innovación alrededor de las tecnologías PFV, se advierte que las mediciones de este estudio corresponden específicamente a las lámparas utilizadas en este y, por tanto, no necesariamente representan valores que se puedan asignar a los modelos de las respectivas lámparas. Hecha esta salvedad, 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.

2.1 Evaluación comparada de los sistemas Sundaya Ulitium 2, Fosera PSHS 7000 y Phocos Pico Led Light System

A partir de las conclusiones que se obtuvieron de la evaluación de lámparas led para SPFV 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 conformados por las marcas Sundaya, Fosera y Phocos a localidades rurales remotas de la región San Martín.

Las fotografías y especificaciones técnicas que se presentan a continuación 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 las imágenes 1, 2 y 3.

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 posterior al uso

de los sistemas Sundaya se realizó en noviembre del 2011, mientras que el de los sistemas Fosera y Phocos fue hecho en enero y febrero del 2012, respectivamente.

En cada exploración de laboratorio posterior al uso se testearon 10 lámparas y se realizaron las mismas mediciones, usando los mismos instrumentos y el mismo procedimiento que la primera vez, con las lámparas nuevas. No obstante, tratándose en esta ocasión de un grupo de lámparas y no solo de una, los resultados de las 10 se promediarían, para así poder compararlos 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 como máximo de 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)

Imagen 1. SPFV 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 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)

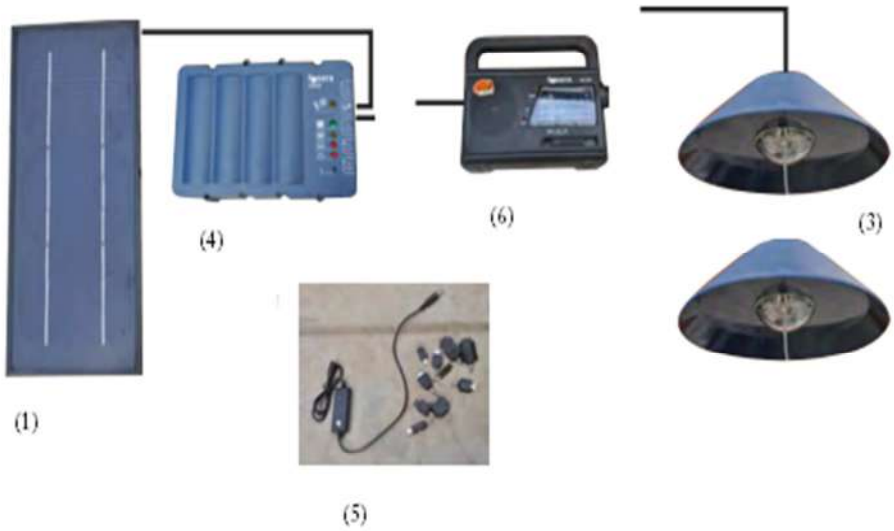


Imagen 2. SPFV Fosera PSHS 7000

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 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)

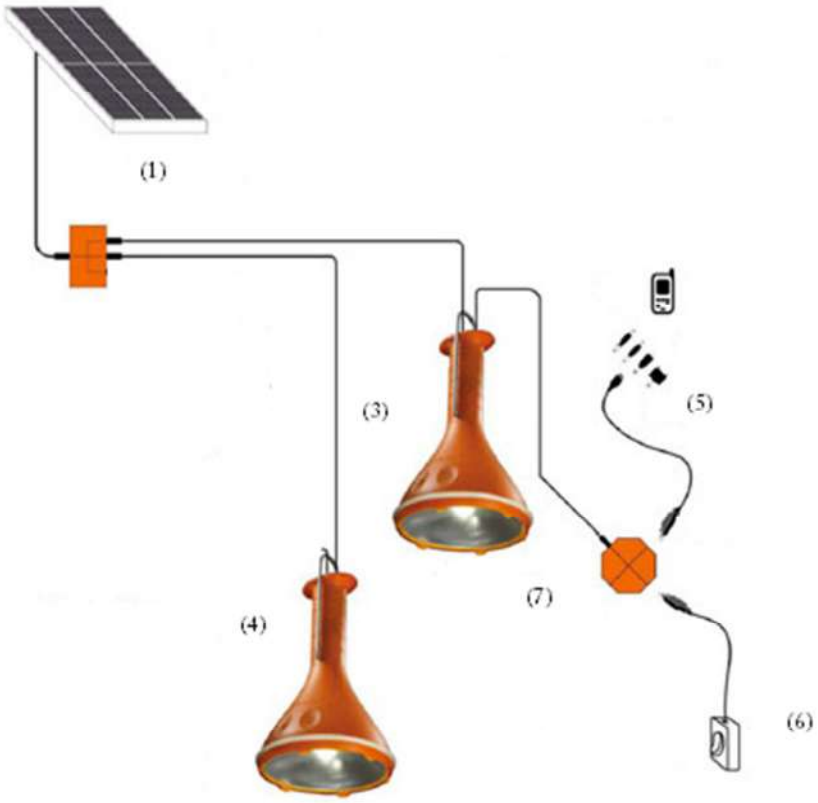


Imagen 3. SPFV Phocos-Pico Led Light System

a. 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 cuales 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 1 muestra los resultados de los tres sistemas.

Cuadro 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 disminución[4] mínima en la capacidad de carga de las baterías, a pesar de los ocho meses de uso. En las otras lámparas hubo una disminución un poco mayor, pero no realmente significativa; los valores obtenidos son comparables con los que resultaron de la batería nueva. Este resultado no quita que la lámpara Fosera sea la que más carga permite de las tres y que alimente a dos focos, mientras que las otras tienen una sola luminaria.

b. Calidad de las lámparas led

Para esta evaluación se contó con 10 lámparas led de la marca Sundaya, 10 de la marca Fosera y 9 de la marca Phocos, pues una de las enviadas no encendió desde el inició de las mediciones, aun 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 10 resultados obtenidos en la segunda medición es el que se utilizará para la comparación con el examen previo y entre los sistemas. El cuadro 2 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. 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)	211,0	122,4	128,7
	Eficacia (lm/w)	110,0	118,8	71,5
Post uso	Promedio flujo luminoso (lm)	197,0	91,0	106,0
	Promedio eficacia (lm/w)	102,2	103,0	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 presentaban promedios algo inferiores, mientras que el de Sundaya mantuvo una medida muy similar a la que obtuvo cuando era nuevo.

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

Cuadro 3. Comparación del flujo luminoso y la eficacia de las lámparas led usadas respecto de las lámparas led nuevas

	Sundaya	Fosera	Phocos
Tiempo de 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 se observa en el cuadro, el sistema Sundaya tiene un tiempo de encendido mucho mayor que las otras dos lámparas, el comportamiento de cada una es muy diferente, y estas podrían definir su funcionalidad en el campo. Durante las primeras 10,15 horas, las lámparas Sundaya disminuyen paulatinamente su intensidad, hasta llegar, en promedio, al 3,5% de su capacidad, en la que se pueden mantener por 95 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 24 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.

c. Observaciones

Durante el análisis de los sistemas, los responsables del Laboratorio de Fotometría de la UNI observaron en las lámparas algunos problemas que es importante tomar en

cuenta, dado que se pueden repetir en otros artefactos de esos modelos. A continuación, se describen brevemente los hallazgos más importantes.

- **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 cual haya que preocuparse, puesto que el sistema que opera las lámparas no permitirá que esto ocurra en un contexto normal.
  - Uno de los *chips* de 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 dañó es que la profundidad de la descarga superó el límite que dicha batería podía alcanzar.
  - Llaman la atención las grandes diferencias entre las potencias eléctricas que las lámparas de este grupo extraían de las baterías. Luego de algunas pruebas, se pudo concluir que esta dispersión al parecer 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 estas baterías, fue necesario realizar una nueva descarga y carga a través de un circuito diferente del suyo.
  - Una de las lámparas no funcionaba debido a una falla en su circuito electrónico, que no cargaba bien las baterías ni daba la corriente apropiada al led. Las baterías, sin embargo, estaban en buen estado.

d. 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 en los otros dos casos.

Todas las baterías evaluadas siguen teniendo capacidad de carga similar que las de una lámpara nueva, por lo cual se puede afirmar que siguen siendo razonablemente buenas. No obstante, mientras que 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 del 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 la necesidad de realizar un análisis más profundo respecto a la estabilidad técnica de la electrónica particular de cada SPFV. Si la degradación paulatina del flujo luminoso forma parte del diseño electrónico de cada SPFV, esta debería ser similar antes y después de su uso en campo.

3. Implementación de la evaluación en campo en la región San Martín

Como se mencionó anteriormente, la primera evaluación de las lámparas permitió escoger 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 las visitaría nuevamente con el fin de encuestarlas y medir el impacto que los sistemas habían tenido en sus hogares. En este capítulo describiremos las características de las comunidades elegidas y la manera en que se realizó la intervención en campo para asegurar el buen desenvolvimiento del proyecto antes de la etapa de medición.

a. 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 durante los próximos cinco años. La selección llevó al equipo a localidades ubicadas en distintos distritos y provincias.

Cuadro 4. Departamento, 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 gran diversidad ambiental, razón por la cual sus principales actividades económicas son la agricultura y la ganadería. En la actualidad, tiene una población de aproximadamente 800 000 habitantes y la tendencia es al crecimiento.

Imagen 4. Ubicación del departamento de San Martín en el mapa del Perú

Imagen 5. Provincias del departamento de San Martín

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

Cuadro 5. Características demográficas y socioeconómicas de las poblaciones de los distritos en los que se ubican las localidades seleccionadas

	Soritor	Lamas	Pachiza
Población total	25 978	13 339	4445
Población rural (%)	42	52	61
Población pobre (%)	51	54	38
Población sin electricidad (%)	52	59	74
Quintil de pobreza	2	1	1
Índice de desarrollo humano (%)	56	56	55

Fuente: INEI (2009). Elaboración propia.

La primera localidad seleccionada, Paitoja, se encuentra en el distrito de Soritor, ubicado en la provincia capital del departamento, Moyobamba. Paitoja es un centro poblado de colonos que se han asentado en el último punto accesible de una trocha carrozable.

Soritor cuenta con una población de más de 20 000 habitantes, cuyas dos quintas partes viven en el ámbito rural; el distrito se ubica en el segundo quintil de pobreza[5] a nivel nacional. Dos de cada tres habitantes son pobres y solo la mitad de las viviendas accede a la electricidad; entre quienes carecen de este servicio público se encuentran los habitantes de Paitoja.

Yurilamas, la segunda localidad seleccionada, se ubica en Lamas, el distrito capital de la provincia que también se llama Lamas. Yurilamas es una comunidad nativa que se ubica a ocho horas a pie desde la última vía carrozable, lo que la hace más recóndita que Paitoja. El distrito de Lamas tiene una población más pequeña que el de Soritor. Una mayor proporción de sus habitantes —más de la mitad, el 52%— residen en el ámbito rural y, como generalmente sucede en este caso, se trata de población pobre (54%). Lamas se ubica en el primer quintil de pobreza y tiene una porción un poco más elevada de población sin electricidad (59%).

Finalmente, la última localidad seleccionada para realizar la evaluación en campo es Marisol, una comunidad de colonos ubicada en el distrito de Pachiza, provincia de Mariscal Cáceres. Para llegar a Marisol, es necesario navegar por río durante tres horas, partiendo de un puerto ubicado en la periferia de la ciudad de Juanjuí. Pachiza es un distrito más pequeño y con menor población que Soritor y Lamas: tiene menos de 5000 habitantes y es el más rural de los tres (61% de población rural). Al igual que Lamas, se ubica en el primer quintil de pobreza. En Pachiza, tres de cada cuatro pobladores no cuentan con electricidad en sus viviendas; por su falta de accesibilidad, la localidad de Marisol no está beneficiada con este servicio público.

[5] Las poblaciones fueron divididas en cinco grupos; en el quinto quintil se encuentran las poblaciones más ricas y en el primero, las más pobres (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (FONCODES), *Mapa de pobreza 2006*).

A partir de este repaso de las características poblacionales y territoriales tanto de las localidades donde se realizó el estudio como de los distritos en donde están ubicadas, se puede apreciar que a pesar del criterio común por el cual fueron elegidas —que todas carecerían de electrificación en los próximos cinco años—, las tres presentan diferencias referidas no solo a la densidad poblacional y el nivel de pobreza y ruralidad, sino también a su lejanía y dispersión. Estos dos últimos rasgos conllevan a que el Estado y los comerciantes tengan distinta capacidad de acceder a cada localidad, lo que por último se traduce en que las respectivas poblaciones hayan adquirido 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 obtener 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 que tienen un mejor acceso se encontró mayor presencia de motores de generación eléctrica, que ofrecen una considerable potencia, pero también consumen bastante combustible, por lo que los SPFV serían muy bien recibidos, puesto que presentan un gran potencial de ahorro.

Los SPFV fueron cedidos por ocho meses a cada una de las familias participantes en el estudio. La condición que se les pidió a cambio fue que permitieran observar cómo se desempeñaban los sistemas en sus hogares y respondieran una encuesta en la que se exploraría cómo los habían usado, cuán útiles les habían sido y si estaban dispuestas a seguir utilizándolos. Las cantidades y tipo de SPFV distribuido en las comunidades se pueden apreciar en el cuadro 6.

Cuadro 6. Número y marca de SPFV entregado en cada comunidad intervenida

Región	Comunidad	N.º de SPFV	Modelo
San Martín	Yurilamas	55	Sundaya
	Paitoja	35	Fosera
	Marisol	24	Phocos
	Total	114 SPFV	

b. Reuniones iniciales de información y sensibilización de las comunidades

Previamente a implementar la evaluación en campo, fue necesario convocar a las familias, autoridades y líderes de las localidades —en aquellas que los había— para informarles acerca del proyecto y expresarles el interés del proyecto en su participación.

En dichas reuniones se expusieron los objetivos y los resultados que se querían alcanzar con el estudio y se les señaló que, si participaban, se les cederían

temporalmente los sistemas para que los probaran, pero que la Dirección Regional de Energía y Minas (DREM) de San Martín quedaría como propietaria de ellos. En la medida en que se desconocía el funcionamiento en campo de las tecnologías por estudiarse, se decidió no pedir dinero a los usuarios a cambio del servicio; sin embargo, ellos asumieron el costo de aspectos adicionales al sistema, como soportes de panel o el apoyo a la instalación. La DREM piensa implementar un modelo de gestión adecuado para estos sistemas, luego de probar su versatilidad técnica y la satisfacción del usuario.

Después de brindar la información a los usuarios, se buscó motivarlos a que participen; y a quienes decidieron hacerlo, se procuró comprometerlos con el fin de que permitieran adecuar sus viviendas para la instalación de los sistemas. Finalmente, se averiguó quiénes eran los líderes comunales y se tomó contacto con ellos para asegurar la futura instalación de los SPFV y la supervisión durante el tiempo que durara la evaluación en campo.

Foto 1. Reunión inicial con la población de Yurilamas

c. 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; además, compartió costos para la compra de algunos SPFV.

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

Foto 2. Distribución de SPFV Sundaya Ulitium 2

d. 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 con 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 consistió en comunicar constantemente estos mensajes, a fin de asegurar el buen uso y mantenimiento de los sistemas, así como solucionar localmente desperfectos simples. Luego de la capacitación, tanto el equipo DREM-GIZ como los líderes comunales instalaron juntos los sistemas en las viviendas.

Con el fin de que se parecieran a la infraestructura de luz convencional, los SPFV se instalaron fijando los paneles solares al techo (en Paitoja y Marisol) o a un poste (Yurilamas). Asimismo, los cables que conectaban los paneles a las lámparas se fijaron en la pared. Las fotos 3 y 4 muestran momentos de la instalación interna y externa del sistema durante la capacitación.

Foto 3. Capacitación a líderes comunales, instalación externa

Foto 4. Capacitación a líderes comunales, instalación interna

e. Levantamiento de información

Con el fin de extraer lecciones para el futuro y recoger el punto de vista de los participantes acerca de la evaluación que se llevó a cabo durante ocho meses, el Proyecto EnDev finalizó su intervención en campo aplicando una encuesta a los beneficiarios.

El propósito de la encuesta, que será explicada en detalle en el siguiente capítulo, fue conocer el impacto alcanzado y el grado de satisfacción con los SPFV. Para ello, se registraron las percepciones, los reportes orales, las preferencias, los patrones de gasto, las experiencias de uso, entre otros datos de los que se da cuenta en este texto.

Foto 5. Miembro del equipo del Proyecto EnDev realizando encuestas

4. Evaluación en campo de los sistemas picofotovoltaicos

4.1 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 SPFV escogidos —Sundaya, Fosera y Phocos— en los hogares de las tres comunidades elegidas en el departamento de San Martín: Yurilamas, Paitoja y Marisol.

Para ello, se indagó respecto de los gastos diferenciados, las percepciones respecto al uso de las tecnologías, y los cambios en las actividades —o la realización de nuevas actividades— antes y después de que las viviendas contaran con energía para iluminar.

4.1.1 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, las innovaciones fueron percibidas, la técnica convencional en las investigaciones consiste en realizar mediciones antes y después de la intervención estudiada.

Por eso se realizó una primera medición en Yurilamas, con un instrumento desarrollado por GIZ que se basa en otro utilizado en África. Sin embargo, debido a que el instrumento no fue correctamente adaptado al contexto local —los participantes no entendieron bien las preguntas y, probablemente, estas no lograron aprehender el verdadero sentir de esta comunidad—, muchos datos se perdieron y los resultados presentaron incongruencias, lo que anulaba la posibilidad de que las conclusiones pudieran ser comparadas en el futuro.

Este inconveniente obligó a tomar medidas correctivas en el estudio aplicado luego de la intervención, puesto que ya se habían instalado los sistemas en las viviendas. Así, para la evaluación posterior a la prueba de los sistemas, era necesario aplicar una técnica pensada en las características de los habitantes de las comunidades, que evitara confusiones y permitiera comparar cómo se sentían ellos antes y después de la intervención, única forma de evaluar el impacto.

Se optó, entonces, por realizar una investigación cuantitativa que recogería la información mediante encuestas[6] personales, cara a cara. Los miembros del equipo investigador tendrían la facultad de asistir a los participantes en el llenado de la encuesta, lo que aseguraría que los datos perdidos y las incongruencias se redujeran al mínimo.

[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, Pontificia Universidad Católica del Perú, 2010.

Para que este método cumpla su propósito de 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 con 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 coherentes acerca del beneficio obtenido por el uso de las tecnologías facilitadas. Esta técnica de armado del cuestionario forma parte de los modelos semiformalizados de investigación.[7]

La forma de encuesta seleccionada fue, como ya se ha señalado, la encuesta personal o cara a cara (dirigida), debido a que el público objetivo presentaba características que ameritaban la dirección y asistencia en la aplicación.

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

4.1.2 Grupo objetivo

El grupo objetivo estuvo constituido por las familias de las tres comunidades que utilizan los tres modelos de SPFV. Por ello, este informe se ha organizado en función de las referidas comunidades intervenidas cronológicamente como se indica a continuación.

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

4.1.3 Variables e indicadores

La investigación busca medir, principalmente, cinco variables y comparar las percepciones respecto a estas antes y después de la instalación de los SPFV:

- 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.
- Cómo ha cambiado el gasto en energía.
- Si se percibe un impacto en la comunidad luego de la intervención.

[7] Los semiformalizados responden a un enfoque cualitativo de generación de evidencias que trata de describir y explicar tendencias seculares. Se incluyen en este tipo de evaluación las series de tiempo, el diseño después con grupo de comparación, el diseño después sin grupo de comparación y la evaluación de calidad según usuarios. Fernando Salamanca, *Formulación y evaluación de programas sociales*. Apuntes de clases. Santiago de Chile, 2004.

- Si existe un mayor uso del teléfono móvil (dado que los sistemas permiten la recarga de teléfonos móviles).
- Pedirles que estimen cuánto hubieran pagado por un SPFV antes de la intervención y cuánto están dispuestos a pagar ahora.

Cuadro 7. Variables e indicadores medidos en la investigación cuantitativa

Sin SPFV	Con SPFV
Preferencias, ventajas y desventajas respecto a 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 nocturnas impedidas por falta de iluminación.	Actividades cotidianas posibilitadas desde la instalación de los SPFV.
Percepción propia sobre el impacto social.	Percepción propia sobre el impacto social.
Uso de teléfono móvil.	Uso de teléfono móvil.
Estimación de la 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 surgían nuevas preguntas que permitirían precisar mejor estas variables. Por esta razón, 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 sí se aplicaron dichas preguntas, a fin de obtener un dato referencial respecto del tema en cuestión.

4.1.4 Selección y tamaño de la muestra

Tratándose de una evaluación en campo, la cantidad de beneficiarios no fue suficiente como para seleccionar muestras probabilísticas. Solo había entre 24 y 55 hogares participantes en cada comunidad, y seleccionar a un grupo de estos al azar hubiera resultado muy complicado, puesto que debido a sus ocupaciones, los beneficiarios no necesariamente iban a estar presentes en el momento de aplicación de la encuesta, y debido al complicado acceso a estas comunidades, iba a ser imposible regresar a obtener los datos faltantes.

Por esta razón, se seleccionó a los entrevistados por contacto. Sin embargo, no por ello la encuesta deja de ser representativa, dado que quienes respondieron cubren porciones importantes de la población de cada comunidad, lo que permite dar cuenta del beneficio que tiene el uso de las tecnologías en ellas. El tamaño de las muestras por comunidad se puede apreciar en el cuadro 8.

Cuadro 8. Dimensión de las muestras por comunidad intervenida

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

Es importante resaltar que aun cuando los universos de cada comunidad son pequeños, las muestras de menos de 30 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 solo podrán ser leídas como una referencia. Únicamente se podrán tomar como resultados sólidos los totales sumados para las tres comunidades (68).

5.1.5 Procesamiento de los datos

El procesamiento de los datos se hizo siguiendo pautas establecidas:

- Digitado de la base de datos
- Codificación de categorías 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 sistematizo 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 Microsof Office.

4.2 Resultados comparados de los sistemas picofotovoltaicos

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 las localidades, se realizará un análisis comparado de la funcionalidad de las tres lámparas. Para este análisis es también importante considerar los resultados de los informes técnicos posteriores al uso presentados en el capítulo 2 de este informe, pues el desempeño de los equipos en los experimentos ahí descritos nos dará una idea del estado real de estos equipos, independientemente de la subjetividad que envuelve las opiniones de los participantes.

4.2.1 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, su sexo y las actividades económicas a las que se dedican. No obstante, es importante hacer un repaso previo de la situación en la que se encontraba en ese momento cada localidad.

La accesibilidad a las tres comunidades es complicada. Yurilamas es una comunidad nativa. En el momento en que se estableció, nadie pensó en cómo accederían a la urbe sus habitantes, y debido a esta falta de planificación, para llegar a la localidad es necesario caminar ocho horas.

En Paitoja, una comunidad de colonos, la situación es un poco mejor: se encuentra en el último punto de acceso de una trocha carrozable, la cual, sin embargo puede verse interrumpida por la crecida de un río que carece de puente. A pesar de ello, cuenta con mayor acceso a mercados y a otras ciudades, lo que incrementa las oportunidades que tienen sus habitantes de obtener ingresos.

Finalmente, para llegar a Marisol hay que trasladarse de Juanjuí al puerto Huicungo, a 30 minutos de la ciudad, y tomar un bote que recorre el río Huayabamba aproximadamente durante tres horas. Por fortuna, existe un buen número de botes, lo que permite un comercio fluido; lo malo es que el viaje es costoso, pues los pasajes son caros. El hecho de que la zona cuente con un teléfono satelital también facilita la comunicación.

Foto 6. Distintas vías de acceso para llegar a las comunidades evaluadas

Arriba a la izquierda: El equipo EnDeV camino a Yurilamas.
Abajo a la izquierda: Vía carrozable inundada en el camino a Paitoja.
Izquierda: Botes zarpando desde el puerto Huicungo, camino a Marisol.

Los distintos niveles de accesibilidad afectan la conservación de la cultura de cada uno de estos pueblos. Un claro ejemplo de este fenómeno se refleja en los materiales de sus viviendas. En Yurilamas, el más remoto de los tres pueblos, las paredes de las casas son de madera; y los techos, de palma. En Paitoja las paredes también son de madera, lo que 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 7. Materiales de las viviendas en Yurilamas y Paitoja

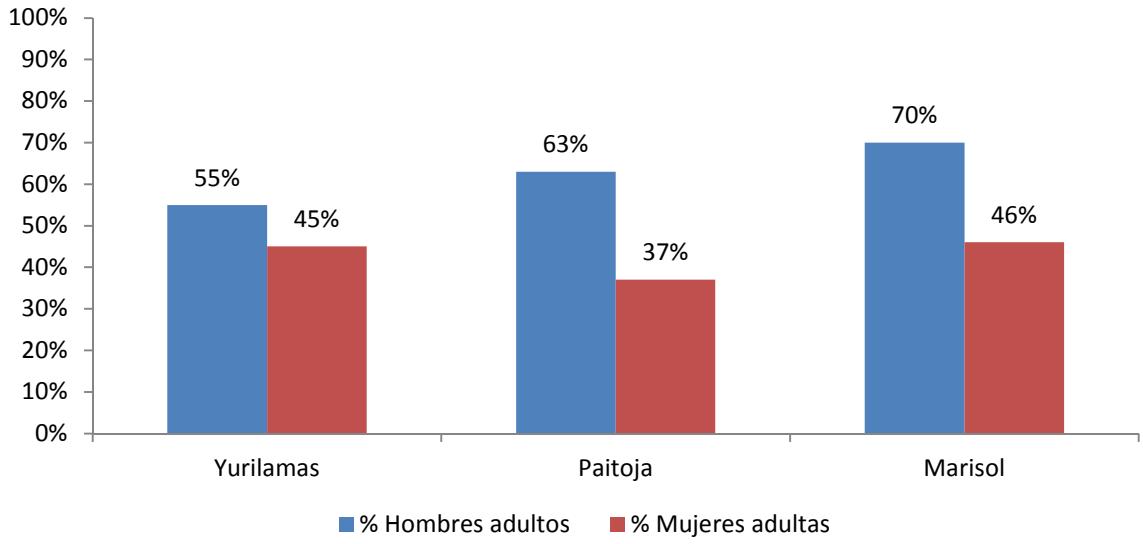
Izquierda: Viviendas de madera y techos de palma en Yurilamas.
Derecha: Viviendas de madera y techos de calamina en Paitoja.

A. Número de miembros de las familias

En las tres comunidades en las que se evaluaron los SPFV, las familias no son muy extensas, y esto se infiere del número de miembros adultos en el hogar.[8] Tanto en Yurilamas como en Paitoja, las entrevistas se realizaron en hogares en los que había como máximo dos miembros adultos, y en Marisol se encontraron como máximo tres.

En todas las localidades, de cada tres adultos entrevistados, por lo general dos eran hombres; y una, mujer. La proporción de varones era más alta en Marisol (70%), luego en Paitoja (63%) y finalmente en Yurilamas (55%). En estas comunidades, la proporción entre ambos sexos difiere del contexto nacional, en el que un poco más de la mitad de la población adulta está constituida por mujeres. Esta diferencia podría explicarse por la ausencia temporal de algunas de las mujeres, que durante la época escolar viajan junto con sus hijos para acompañarlos en las ciudades donde ellos reciben educación.

Gráfico 1. Porcentaje de adultos hombres y mujeres por localidad

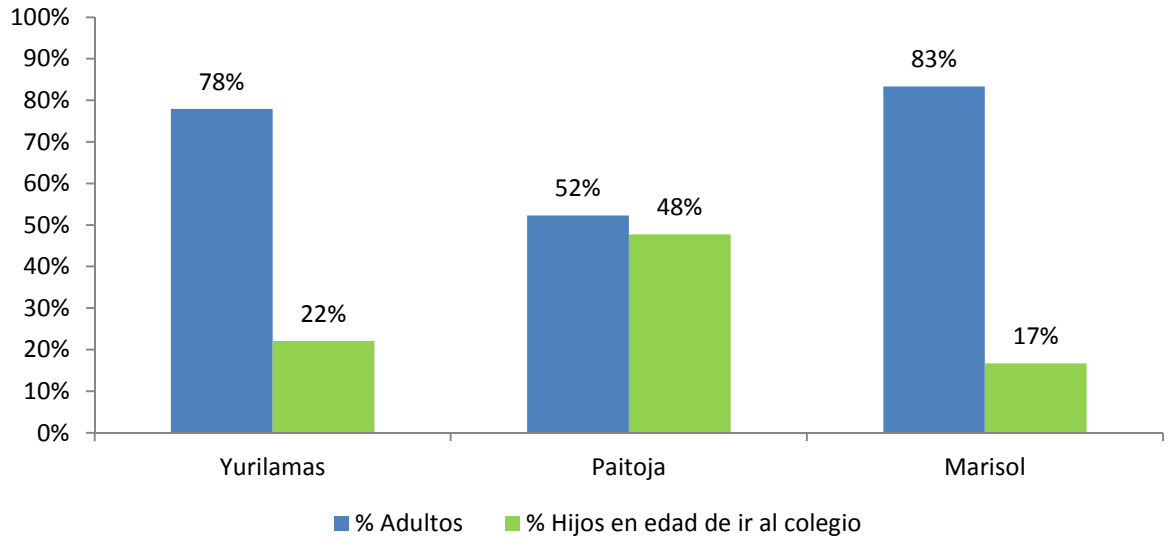


El número de niños en edad escolar también es bajo con respecto al promedio, puesto que la mayoría de las familias de la muestra no tienen más de dos hijos. En Yurilamas, la mayoría de familias consultadas tiene solo un hijo; en Paitoja, la mayoría tiene dos; y en Marisol, el estándar oscila entre uno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

[8] Se entiende por *hogar* el conjunto de personas, sean o no parientes, que comparten las comidas principales y atienden en común otras necesidades vitales. Esta definición fue la utilizada por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) para la Encuesta Nacional de Hogares del 2010.

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 constituyen solo la quinta parte de la población contabilizada, 22%; y en Marisol son aún menos, 17%.

Gráfico 2. Porcentaje de adultos y niños por localidad



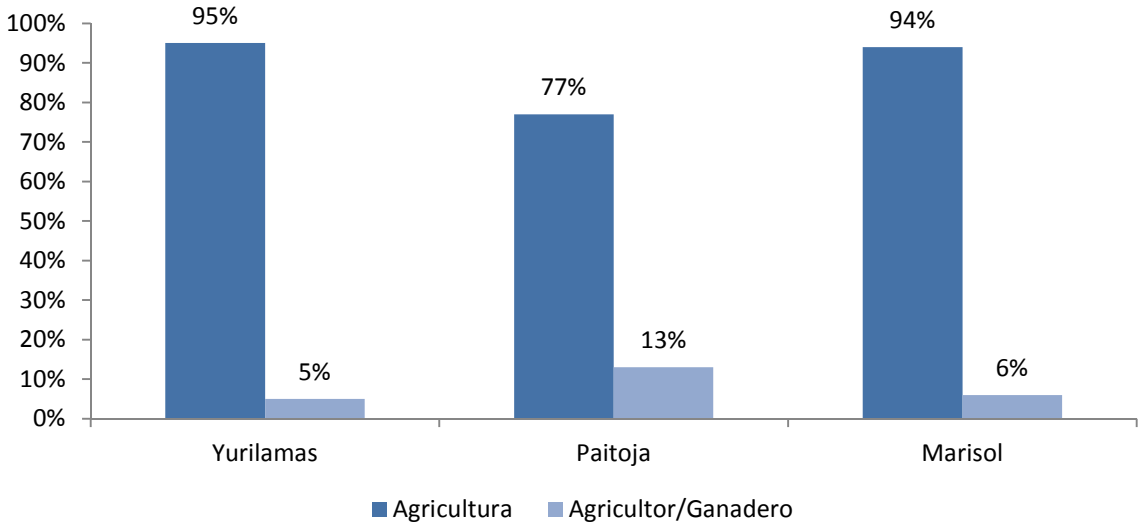
B. Actividades de los jefes de familia

La principal actividad económica en las localidades es la agricultura. Prácticamente todos los miembros de las comunidades la practican y la enorme mayoría no cuenta con otra forma de complementar sus ingresos.

En Paitoja, dos de cada cinco entrevistados (23%) tienen otra ocupación además de la agricultura. De ellos, la mitad (13% del total) se dedica también a la ganadería, y el resto (10%) realiza otras actividades productivas. En las otras dos comunidades existe aún menos diversidad de labores: solo 1 de cada 10 agricultores también cría 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 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, en las tres comunidades escogidas se cumple la condición de venta de productos en los mercados cercanos, lo que genera ingresos monetarios.

Así, en Yurilamas, 9 de cada 10 (90%) participantes venden parte de sus productos agrícolas o ganaderos —principalmente café, cacao y frijol, que germina una vez al año—, y en Marisol la proporción es similar (88%). En Paitoja, la situación es aún más avanzada: el 17% 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 cuenta con bodegas, ferreterías e incluso restaurantes, lo que evidencia la conexión entre el mundo rural 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 lleguen a las familias en diferentes momentos —por la naturaleza estacionaria 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 8. Actividades que generan ingresos extra en los hogares

Izquierda: Yurilamas: frejol, que germina una vez al año.
Derecha: Paitoja: comercio.

4.2.2 Beneficios del uso de los sistemas picofotovoltaicos

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

- *Iluminación de la vivienda:* Se analiza cómo ha afectado la implementación del SPFV directamente en la iluminación.

- *Gastos y ahorro en el consumo de energía:* Se explora cuánto se ahorra en el gasto monetario en energía luego de implementarse el SPFV.

- *Percepciones alrededor del SPFV en la vida cotidiana:* Se muestra una comparación entre la situación vivencial «sin el SPFV» y otra «con el SPFV» desde que este se hizo presente en sus vidas.

- *Impacto social:* Se analizan las percepciones de los beneficiaros con respecto a la mejora en salud, seguridad y educación como consecuencia del uso del SPFV.

- *Uso de teléfono móvil:* Se indaga si el sistema ha permitido que los beneficiarios amplíen el uso de teléfono móvil, dado que la tecnología facilitada permite que este dispositivo pueda cargarse.

A. Iluminación de la vivienda

En este bloque se estudiará el impacto de los SPFV en el uso de dispositivos de iluminación *dentro del hogar*, para lo cual se compararán las ventajas y desventajas de los dispositivos tradicionales de iluminación con las de los distintos sistemas instalados (Sundaya en Yurilamas, Fosera en Paitoja y Phocos en Marisol).

En el gráfico 4 se observa que la fuente de iluminación más frecuente en las viviendas, antes de la instalación de los SPFV, eran las linternas: 95% en Yurilamas, 90% en Paitoja y 100% en Marisol. La portabilidad de estos instrumentos determina que sean muy prácticos tanto para su uso interno como externo, pese al importante gasto en energía que producen y al daño medioambiental que generan las pilas.

Como era previsible, la instalación de los SPFV no varió significativamente la tenencia de linternas, puesto que resulta más complejo utilizar los nuevos sistemas en la parte externa de la vivienda. La alta proporción de familias que cuenta con linternas se mantuvo exactamente igual en Yurilamas y Marisol, y solo bajo un poco en Paitoja (pasó de 90% a 83%).

El gráfico 4 también muestra que los mecheros y las velas se utilizaban con frecuencia en las tres comunidades evaluadas. Los mecheros eran, después de las linternas, las fuentes de luz más utilizadas por los beneficiarios de Yurilamas (85% los usaban) y Paitoja (83%), mientras que las velas eran más comunes en Marisol (83%).

Los SPFV fueron más exitosos en reemplazar 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 continúan 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. 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 sí decreció precipitadamente (de 83% a 6%), lo que evidencia que el SPFV logró una sustitución efectiva dentro del hogar.

El gráfico 4 no llega a mostrar 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. Artefactos de iluminación usados antes y después de la instalación de los SPFV
Respuesta múltiple (el porcentaje suma más de 100%)

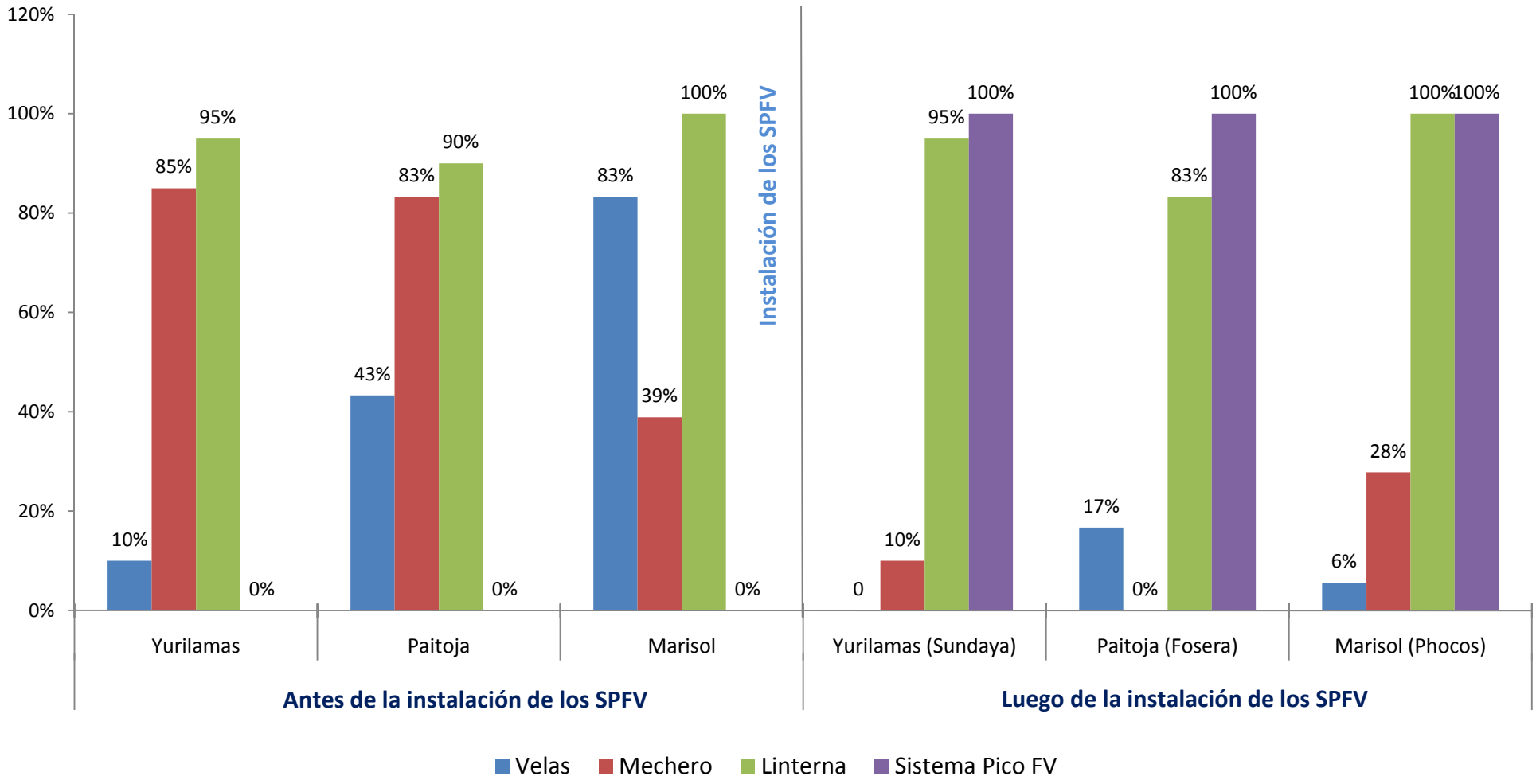
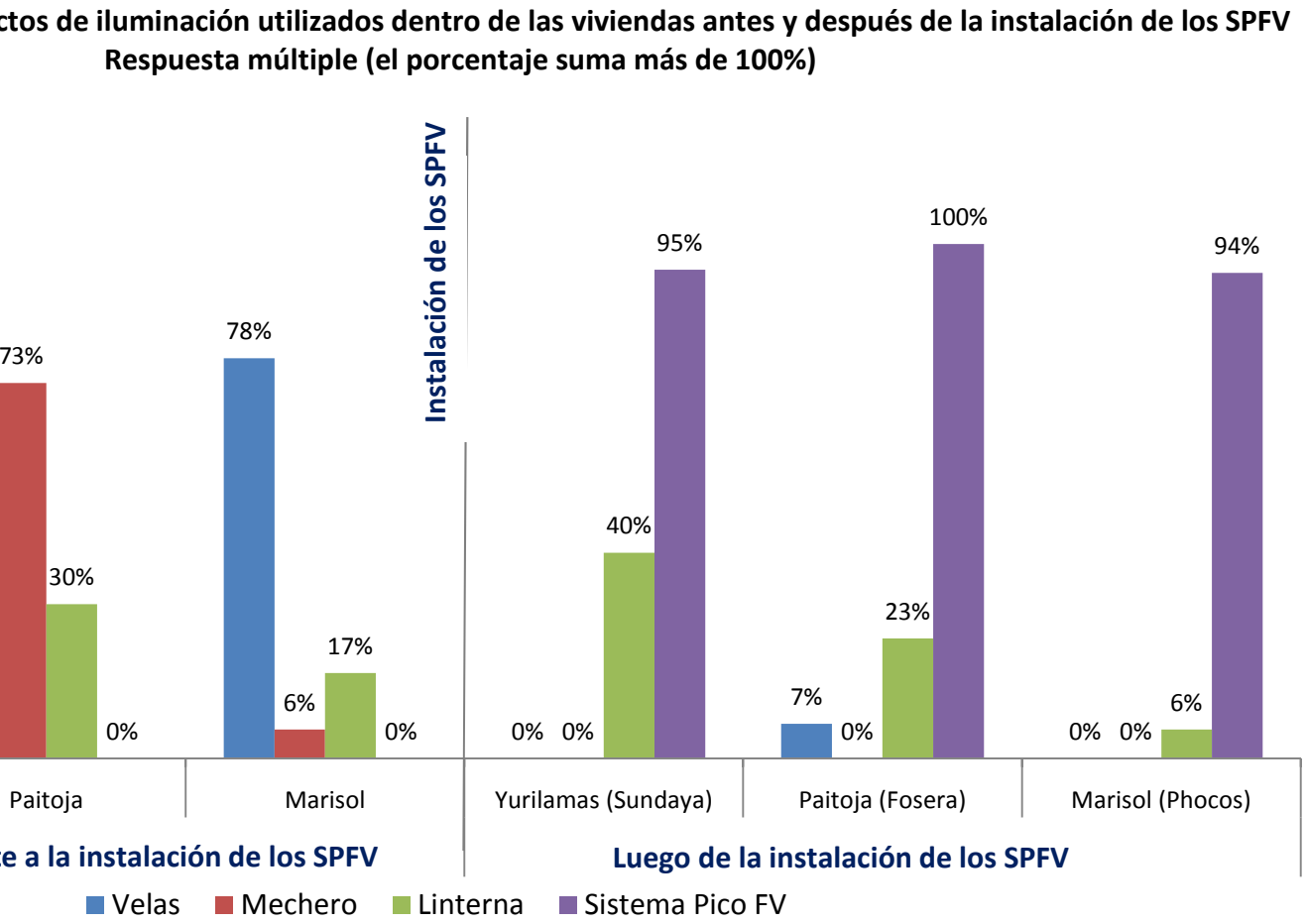


Foto 9. Artefactos de iluminación tradicionales

Izquierda: Iluminación doméstica tradicional con mechero a base de petróleo.
Derecha: Uso de linternas en el exterior del hogar.

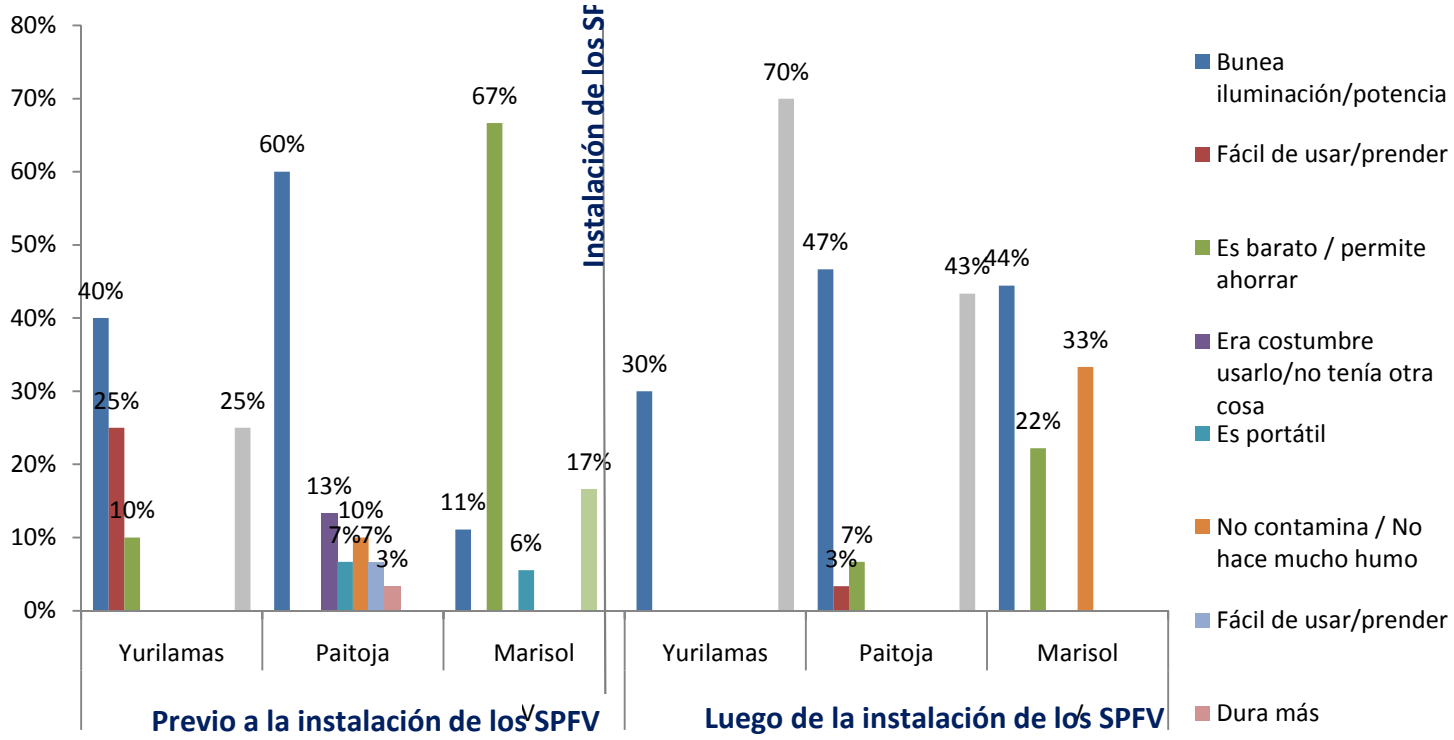
Para descubrir la información que el gráfico 4 mantiene oculta y comprender con mayor profundidad cómo y en qué ámbitos se produjeron las sustituciones en discusión, se preguntó a los participantes por sus principales dispositivos de iluminación —es decir, los que utilizaban con mayor frecuencia para iluminar el interior y/o el exterior del hogar— en el pasado y en la actualidad. Aun cuando la respuesta sigue siendo múltiple, al preguntar por los artefactos principales se esclarecen las respuestas obtenidas.

El gráfico 5 muestra los dispositivos de iluminación usados con mayor frecuencia dentro de la vivienda antes y después de la instalación de los SPFV. 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 que eran 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 familias utilizaban estos medios en el interior de sus viviendas y ahora no los utiliza nadie.


ctos de iluminación utilizados dentro de las viviendas antes y después de la instalación de los SPFV
Respuesta múltiple (el porcentaje suma más de 100%)
Instalación de los SPFV
73%
30%
0%
78%
6%
17%
0%
0%
0%
40%
95%
7%
0%
23%
100%
0%
0%
6%
94%
Paitoja
Marisol
Yurilamas (Sundaya)
Paitoja (Fosera)
Marisol (Phocos)
te a la instalación de los SPFV
Luego de la instalación de los SPFV
Velas
Mechero
Linterna
Sistema Pico FV

En el gráfico 6, se observa cómo cambió la apreciación de los pobladores desde que percibieron las ventajas de utilizar SPFV dentro del hogar. Para apreciar esta información, se debe recordar que en Yurilamas y Paitoja se utilizaban mecheros, y en Marisol, velas, y ambos artefactos fueron desplazados por los SPFV. Además, hay que tener en cuenta que un alto porcentaje de entrevistados no respondió esta pregunta (barras de color gris).

Gráfico 6. Ventajas de los principales artefactos usados dentro de la casa antes y después de la instalación de los SPFV



Tomando en cuenta estas consideraciones, se ve que los mecheros eran apreciados por su buena iluminación tanto en Yurilamas (40%) como en Paitoja (60%). Luego de la llegada de los SPFV, cuya iluminación supera a la del mechero, casi todas las personas que respondieron a esta pregunta se refirieron a la luminosidad como el factor más positivo (a pesar de que las cifras son más bajas, el resultado es mayor si se toma en cuenta la cantidad de respuestas obtenidas, sin considerar a los entrevistados que no precisan una respuesta).

En Marisol, las velas son apreciadas por su precio económico (67%), pero la iluminación que arrojan es rescatada únicamente por el 11% de los entrevistados. Luego de la instalación de los SPFV, que son el principal artefacto que se usa dentro del hogar, estos son también valorados por económicos (22%), pero aún más 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, como se puede leer en los siguientes testimonios, que resaltan que lo que más gusta a la población de la tecnología es su potencia y luminosidad.

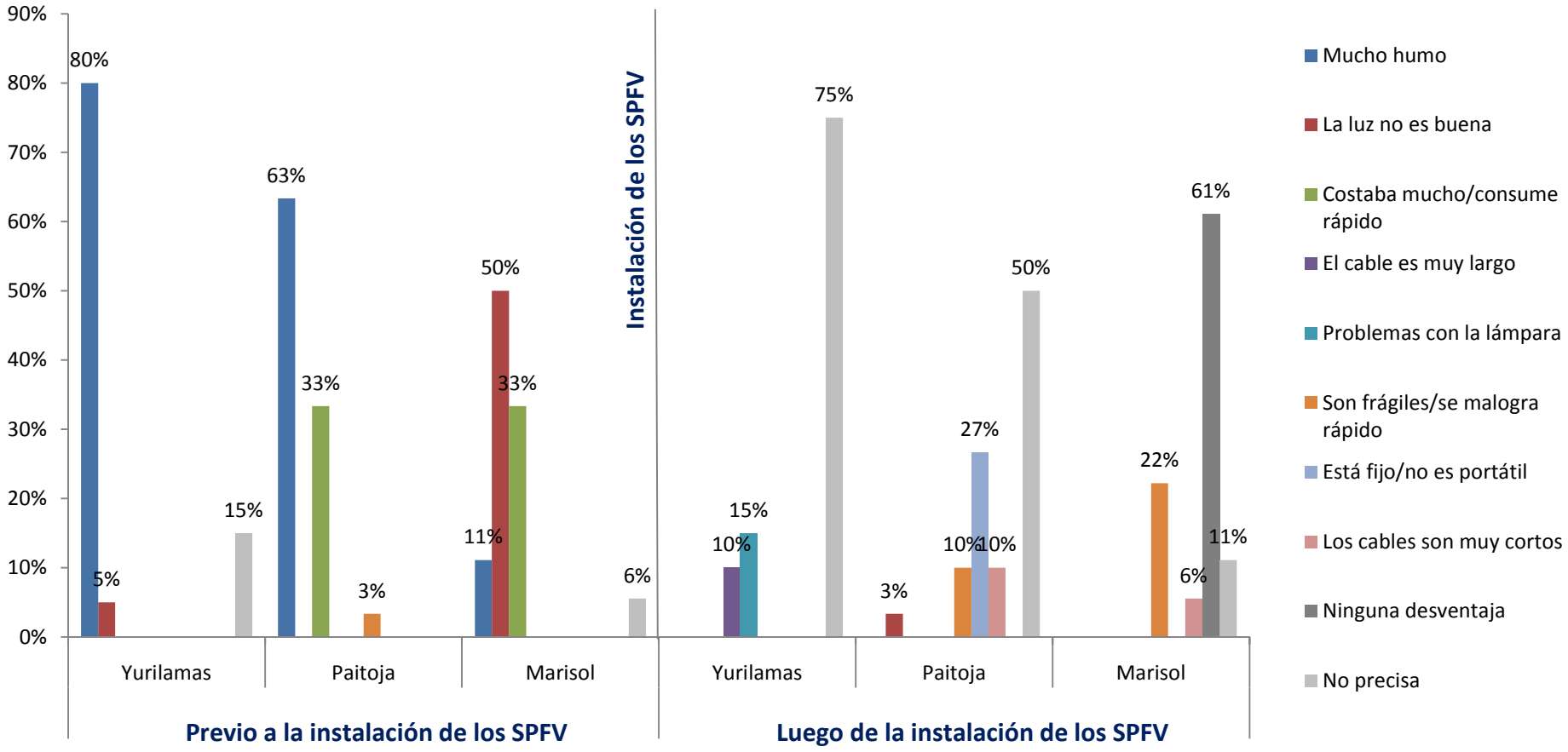
«Del mirador del cerro por la noche, se ve Yurilamas bonita con las luces.
Tiene luz como ciudad».

«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 tres meses, por lo que en los últimos meses ya se veía menos».

En el gráfico 7 se observan las desventajas de todos los artefactos. El principal problema de los mecheros, como lo señalan los pobladores de Yurilamas (80%) y Paitoja (63%), es el humo que producen e, indirectamente, los problemas de salud que este humo genera. Por su parte, los habitantes de Marisol consideran que la principal desventaja de las velas es su mala iluminación (50%). A los participantes de Paitoja y Marisol también les resulta molesto que los mecheros y las velas se consuman tan rápido.

Cuando se usa SPFV, todas estas desventajas desaparecen, aunque surgen otros inconvenientes —la falta de portabilidad y la fragilidad de los artefactos—, pero que tienen menor peso.

Gráfico 7. Desventajas de los principales artefactos usados dentro de la casa antes y después de la instalación de los SPFV

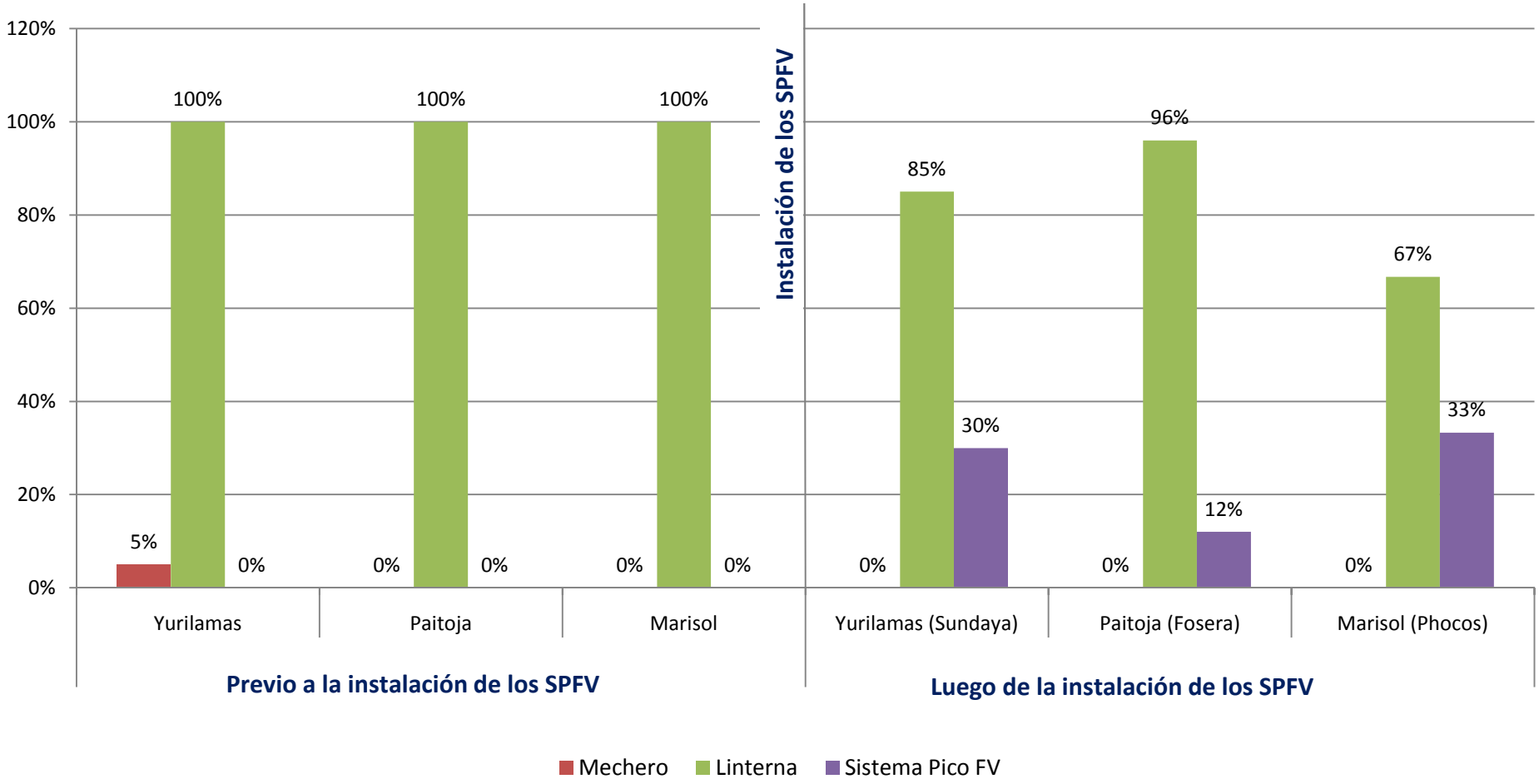


En el gráfico 8 se presenta el mismo ejercicio, pero para los dispositivos que iluminan los exteriores. Indefectiblemente, las linternas eran, y siguen siendo, el medio más utilizado. Sin embargo, a pesar de que, en general, los SPFV son percibidos como menos portátiles, se utilizan en algunas viviendas, reduciendo, pero no superando, el protagonismo de las linternas. En el pasado, las linternas eran el medio principal en el 100% de los hogares, pero ahora solo 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; en esta última localidad ha habido más sustituciones debido a 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 hace que sean difíciles de mover.

El siguiente testimonio da cuenta de la importancia de la portabilidad, calificada en segundo lugar, con 42%, entre las ventajas de los SPFV. Este factor es fundamental para todas las familias, cuenten o no con SPFV.

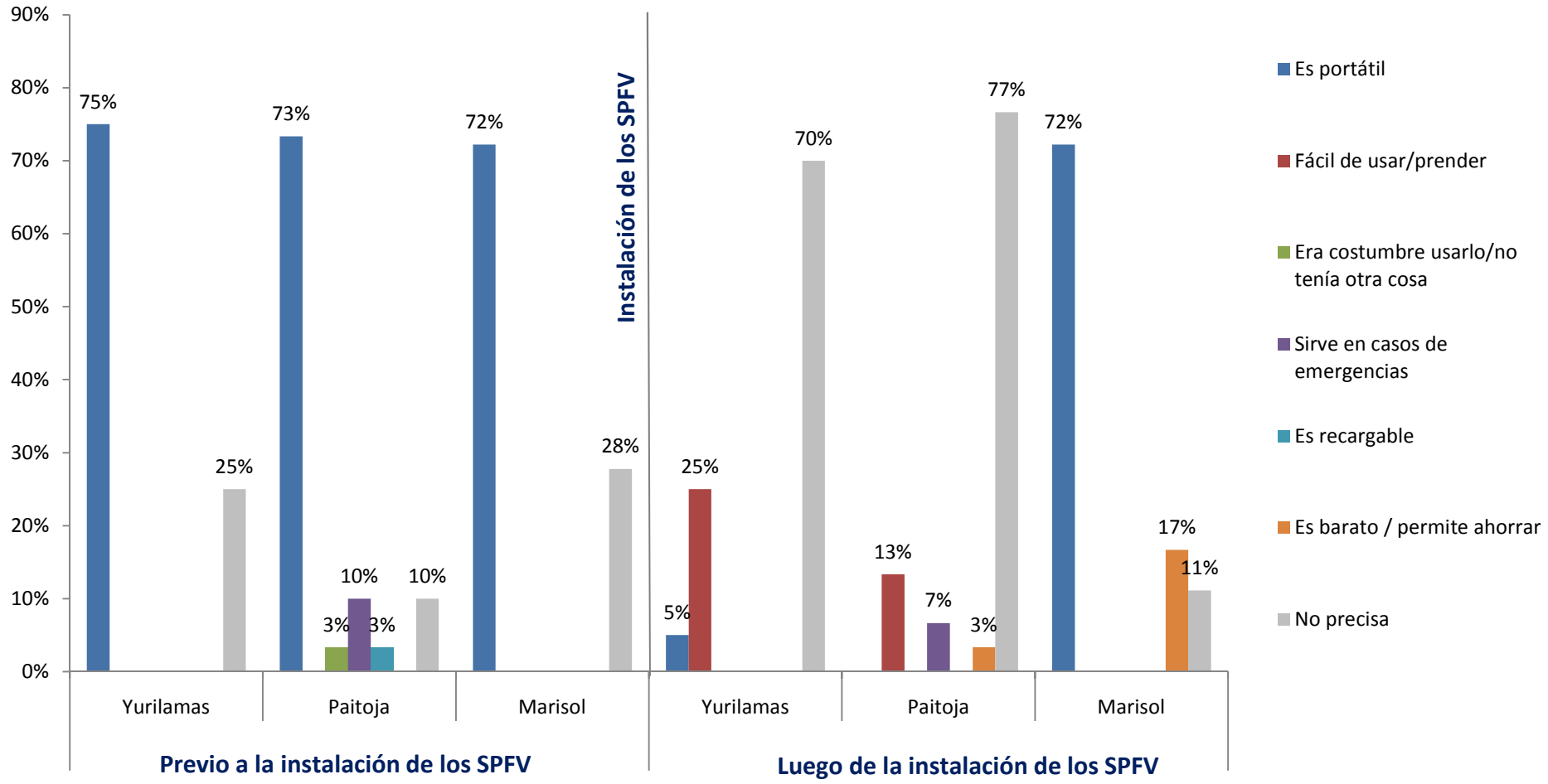
«Utilizo cada lámpara en dos lugares: una fija en mi casa y la otra en mi chacra, cuando tengo que traer café. Por una semana las baterías me alcanzan, no me ha faltado luz».

Gráfico 8. Principales artefactos de iluminación utilizados fuera de la casa, antes y después de la instalación de los SPFV
Respuesta múltiple (el porcentaje suma más de 100%)


120%
100%
80%
60%
40%
20%
0%
Instalación de los SPFV
100%
100%
100%
5%
0%
0%
0%
0%
0%
85%
30%
0%
96%
12%
0%
67%
33%
0%
Yurilamas
Paitoja
Marisol
Yurilamas (Sundaya)
Paitoja (Fosera)
Marisol (Phocos)
Previo a la instalación de los SPFV
Luego de la instalación de los SPFV
Mechero
Linterna
Sistema Pico FV

Como en las tres comunidades las linternas siguen siendo el principal artefacto utilizado fuera de la vivienda, incluso después de la instalación de los SPFV, muchos de los entrevistados no contestaron a la pregunta sobre ventajas y desventajas para esta etapa. Por esta razón, en el gráfico 9 se presentan altos porcentajes de la opción «No precisa».

Gráfico 9. Ventajas de los principales artefactos de iluminación usados fuera de la casa, antes y después de la instalación de los SPFV



En opinión de los habitantes de todas las comunidades estudiadas, la ventaja más importante de la linterna es su portabilidad, con más del 70% en las tres comunidades. La desventaja (gráfico 10) que encuentran los habitantes de Paitoja y Marisol es su fragilidad, pues se dañan rápidamente.

Gráfico 10. Desventajas de los principales artefactos de iluminación usados fuera de la casa antes y después de la instalación de los SPFV

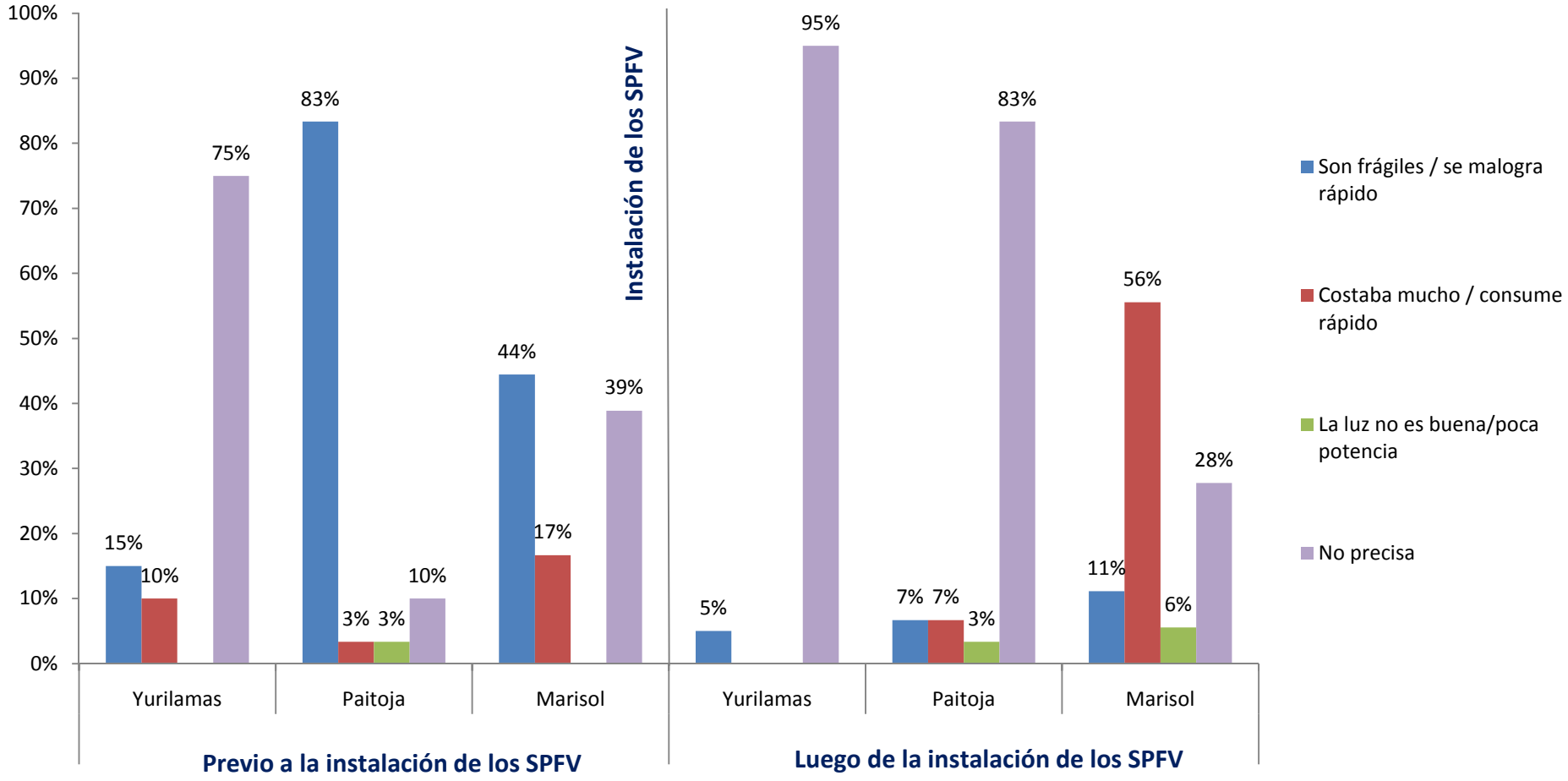


Foto 10. Instalación del SPFV

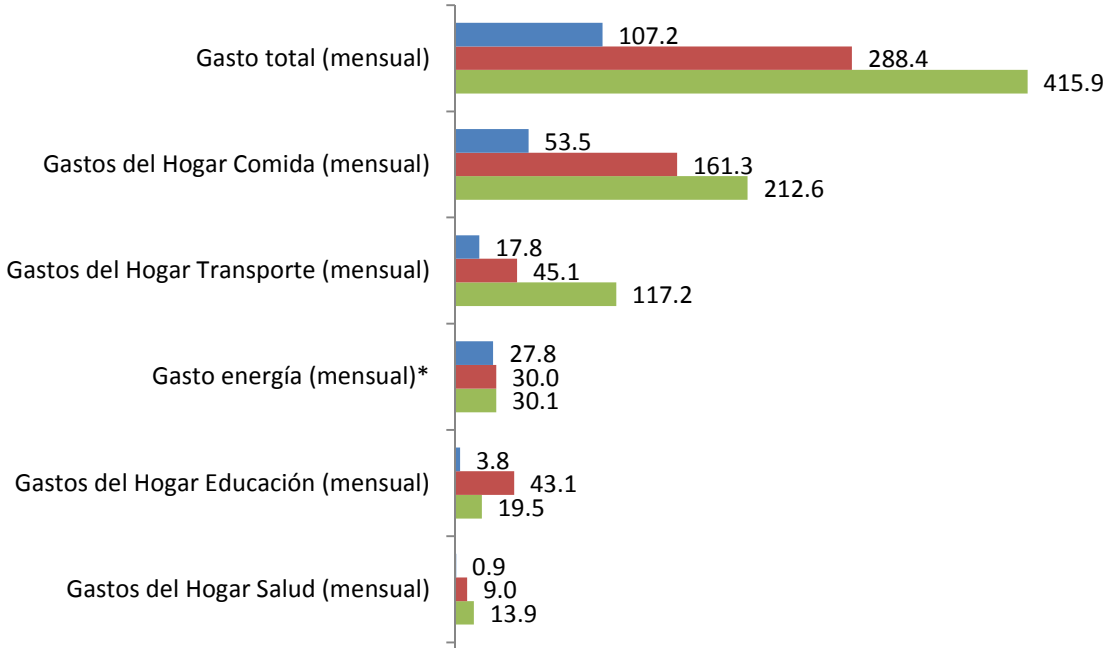
Arriba: Instalación del sistema Sundaya.
Abajo: Instalación del sistema Fosera.

B. 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, se calcularon numérica y porcentualmente los patrones de gastos familiares en las comunidades estudiadas; se indagó especialmente en el gasto en energía, comparando sus dimensiones antes y después de la instalación de los sistemas de iluminación solares. Así se puede brindar 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 este.

Para empezar con esta indagación, en el gráfico 11 se presentan los gastos familiares promedio de las familias de Yurilamas, Paitoja y Marisol en los distintos rubros en las que declaran realizar algún desembolso.

Gráfico 11. Gastos familiares mensuales promedio (en nuevos soles)



Considerando que se trata de familias que tienen por lo menos tres miembros, los gastos totales son muy bajos. Tomando los valores per cápita dispuestos por el INEI para el 2010,[9] por los cuales la línea de pobreza se sitúa en 142 nuevos soles (40 euros) al mes, el hogar promedio de las comunidades evaluadas se encuentra en una situación de *pobreza extrema.*

Pero a pesar de que todos los hogares se ubican por debajo de la línea de pobreza, existen diferencias entre comunidades: debido al mayor acceso de Marisol a ciudades y mercados, ahí se gasta casi el doble que en Paitoja, donde a su vez se gasta más del doble que en Yurilamas.

En el gráfico 12 se observan los porcentajes de los rubros de gasto en los hogares de los entrevistados. La mitad del gasto 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 ello, es interesante notar que en las tres comunidades el gasto en energía es similar (cerca de 30 nuevos soles, aproximadamente 8 euros). Para este rubro se están considerando los gastos en velas, pilas y petróleo tomando como referencia los montos de antes de que las familias contaran con el SPFV. A continuación se analizará en qué lugar del gasto familiar se ubica el gasto en energía, tomando en consideración las diferencias en los ingresos.

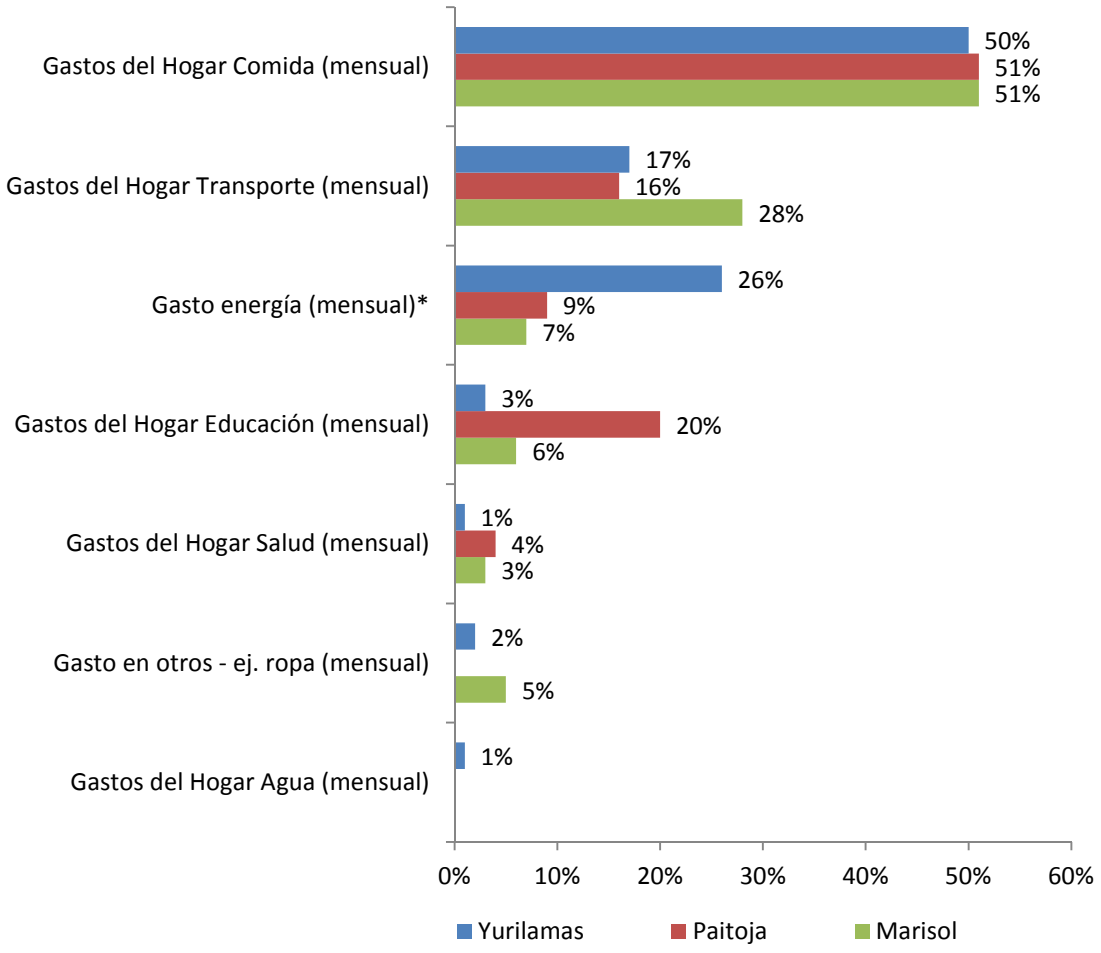
La situación en Yurilamas es crítica. Cada familia cuenta con un ingreso magro de 107 nuevos soles (30 euros) mensuales en promedio. Del resto de dinero del que puede disponer luego del fuerte gasto en alimentos, un cuarto se va en energía (26%) y menos de un quinto, en transporte (17%). Aparte de lo 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, representa un impacto positivo en la economía de los beneficiarios.

En Paitoja, el ingreso familiar promedio mensual es de 288 nuevos soles (80 euros) y el segundo rubro de mayor gasto, después de la comida, es la educación de los hijos, con 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 representa la décima parte del gasto (9%).

Debido al mayor ingreso total (416 nuevos soles, equivalentes a 115 euros), las familias de Marisol realizan gastos diversos. Su dependencia del río como vía de conexión con la ciudad las obliga a invertir en transporte un tercio de sus ingresos (28%); en educación gastan 6%; y en salud, 3%. El consumo de energía resulta, entonces, menos relevante que en los otros dos casos: ocupa el quinto lugar y representa la quinceava parte del total (7%).

[9] Tasa de cambio de febrero del 2012: 1 euro = 3,6 nuevos soles.

Gráfico 12. Distribución porcentual del gasto promedio familiar mensual



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

El gráfico 13 muestra el impacto en el consumo de cada fuente de energía (con diferente tipo de gasto) antes y después del uso de los SPFV.

La leña para cocinar es una fuente de energía popular en las tres comunidades, aunque su importancia es mayor en Yurilamas y Marisol, en la que es utilizada por el 100% de los hogares, mientras que en Paitoja la usa el 73%. Su uso no ha disminuido con la llegada de los SPFV, puesto que estos sistemas no generan energía útil para la cocina. Además, en la zona, obtener leña no implica un gasto, pues es recolectada.

En cuanto a las pilas para la radio, son muy utilizadas en Yurilamas (95%) y en Marisol (94%), mientras que en Paitoja este uso desciende al 70% de entrevistados. En las tres comunidades, por lo general las pilas terminan siendo arrojadas al medioambiente. En Yurilamas y Marisol, el alto uso de pilas posterior a la instalación de los SPFV podría explicarse porque los sistemas Sundaya y Phocos no brindan energía a las radios. Sin embargo, tampoco se puede inferir que, de brindarlo, disminuiría el uso de pilas, puesto que en Paitoja, a pesar de que el sistema Fosera permite enchufar la radio, el uso de pilas se ha elevado muy levemente (9%). Una hipótesis es que, a partir de la instalación del sistema de energía solar, la posibilidad de escuchar radio llevó a las familias a adquirir estos artefactos y que, para poder transportarlos fuera de las viviendas, se compran 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 observa que aproximadamente la cuarta parte de los entrevistados que utilizaban esta fuente de energía en el pasado ahora prescinden de ella.

La transición más importante es 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. En Marisol, una proporción parecida de participantes (83%) utilizaba velas, pero ahora estas han sido reemplazadas por completo por los SPFV.

Gráfico 13. Fuentes de energía utilizadas antes y después de la instalación de los SPFV

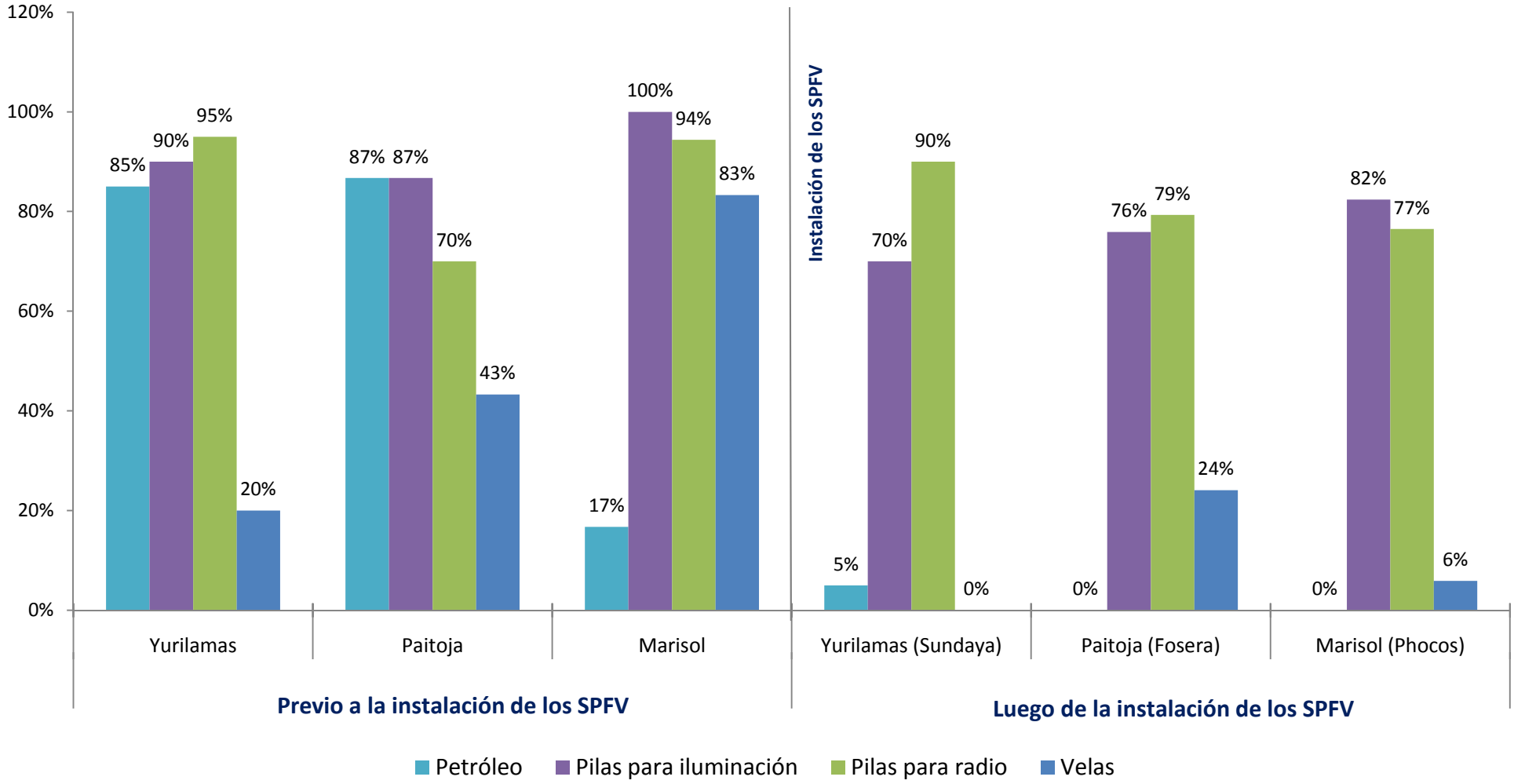


Foto 11. Fuentes de energía que utilizan los beneficiarios y su impacto en el medioambiente

Arriba. Lugar de venta de petróleo.
Abajo. Pilas arrojadas al medioambiente.

El siguiente paso 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 14. Se puede observar que los gastos mensuales en energía son menores cuando se cuenta con el SPFV, debido a que se dejan de usar por completo velas, petróleo y gasolina, que tienen un costo adicional.

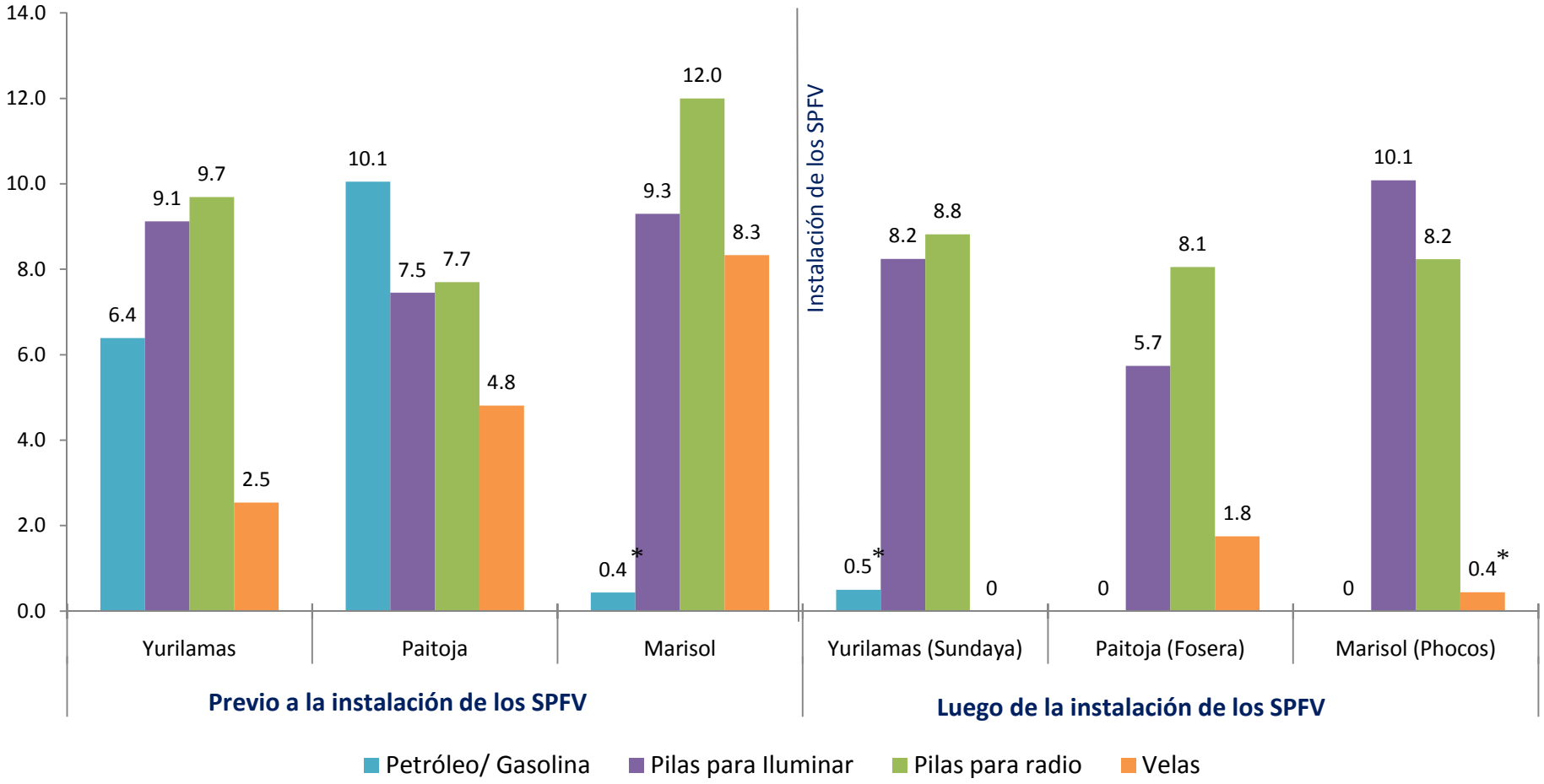
Como se dejó de utilizar casi completamente el petróleo, el gasto en este combustible prácticamente desapareció en Yurilamas —donde solo un entrevistado mantuvo su uso—, y fue sustituido totalmente en Paitoja y Marisol. Esta sustitución es la más impactante de las evidenciadas.

El gasto en pilas no bajó significativamente debido al continuo uso de linternas, e incluso subió un poco en el caso de Marisol, de 9,3 nuevos soles a 12,1 nuevos soles. Este aumento podría deberse al mayor tránsito nocturno existente en esta comunidad desde la instalación de la microrred para la turbina de río que está siendo implementada por el Proyecto EnDev. En Marisol existe iluminación pública desde hace poco tiempo, lo cual ha impulsado a los pobladores a transitar más por el pueblo y socializar hasta más tarde, con lo que se ha incrementado su demanda por pilas. En el caso de los pobladores receptores del sistema Phocos, esta situación se acentúa, pues como viven en el punto más alejado de la microrred, necesitan utilizar durante mayor tiempo las linternas tanto para ir al centro poblado como para volver a sus casas.

El gasto en velas se eliminó por completo en Yurilamas y, aunque en Marisol figura un promedio de 8 nuevos soles, este dato solo corresponde a una respuesta, por lo que, considerando a toda la comunidad, en promedio resulta en un gasto prácticamente nulo, 0,40 nuevo sol. 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, para las tres comunidades, el gasto mensual en pilas para radio ha disminuido solo levemente, debido a que la radio se usa principalmente en el campo. Al igual que las lámparas, los aparatos de radio no cuentan con una batería integrada, por lo que únicamente se pueden usar dentro de la vivienda. Si se sustituyeran las pilas por una batería integrada, el impacto económico podría incrementarse.

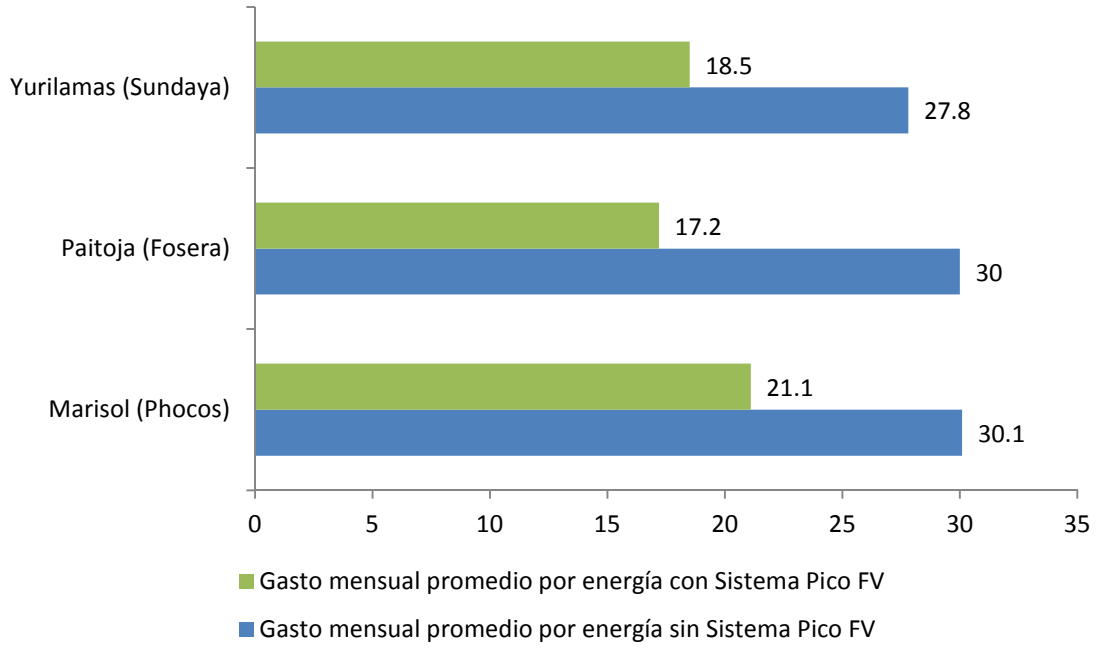
Gráfico 14. Gasto mensual promedio, en nuevos soles, en fuentes de energía antes y después de la instalación de los SPFV



*El promedio de gasto solo corresponde a una respuesta.

En el gráfico 15, se pueden 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, en Yurilamas se gastan 9,3 nuevos soles menos que antes; en Paitoja, 12,8; y en Marisol, 9,0. A pesar de que parecen montos ínfimos, cada comunidad está dejando de desembolsar 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 15. Gasto mensual familiar promedio, en nuevos soles, 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 consideran todos los casos, de tal manera que se ponderen y no haya ningún sobreestimado, como sucedería si solamente se sumaran los promedios simples de cada fuente de energía (sin ponderar según el número de casos). Entonces, se han sumado los gastos promedio 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 de algún hecho en una misma muestra. De esta manera, cuando el «P-Valor es menor o igual de 0,05 ($p \leq 0,05$)» se rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias; por lo tanto, existen diferencias estadísticamente válidas.

C. Percepciones sobre los SPFV

En este bloque se analizarán las percepciones de las familias sobre el SPFV y su impacto en las actividades cotidianas. Se evaluarán cuáles eran las posibilidades de mejora en la iluminación doméstica que se creía que había antes de la instalación y cuáles son las posibilidades que se conocen ahora. También se realizarán comparaciones concretas entre mecheros y SPFV, 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 sobre la base del 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 las 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 entre los distintos datos recogidos.

En Yurilamas, la pregunta se aplicó a través de una dinámica grupal. Las siguientes citas 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 10 veces más grandes y cuentan con pesadas baterías (aproximadamente de 20 kilogramos) y otros componentes ausentes en el *kit* Sundaya. Esto explica que la impresión inicial en esta comunidad fuera negativa, pero 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 reflejan los resultados es parecida a la que tuvieron los beneficiarios de Sundaya. La tercera parte de los entrevistados de Paitoja comentan que estuvieron contentos 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 en principio no se sintió convencida de los aparatos: «Dudé al inicio, pero luego me gustó». Una proporción parecida de usuarios se alegraron porque la nueva luz les hizo sentir como si estuvieran en una urbe: «Sentí que vivía en la ciudad».

Finalmente, en Marisol la respuesta fue más tajante y no hubo tantas dudas. Dos de cada cinco entrevistados 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 sintieron satisfechos 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, en horas de la noche, algunas actividades que antes eran impensables.

Al preguntarles a los entrevistados qué actividades pueden realizar los miembros de sus familias por la noche, ahora que cuentan con los SPFV, las principales menciones fueron la lectura y las tareas relacionadas con el estudio de los hijos. El número de personas que rescata la lectura como una actividad que se realiza ahora y no se podía realizar antes es particularmente alto: 85% del total en Yurilamas y 79% en Paitoja; y en Marisol, 44%.

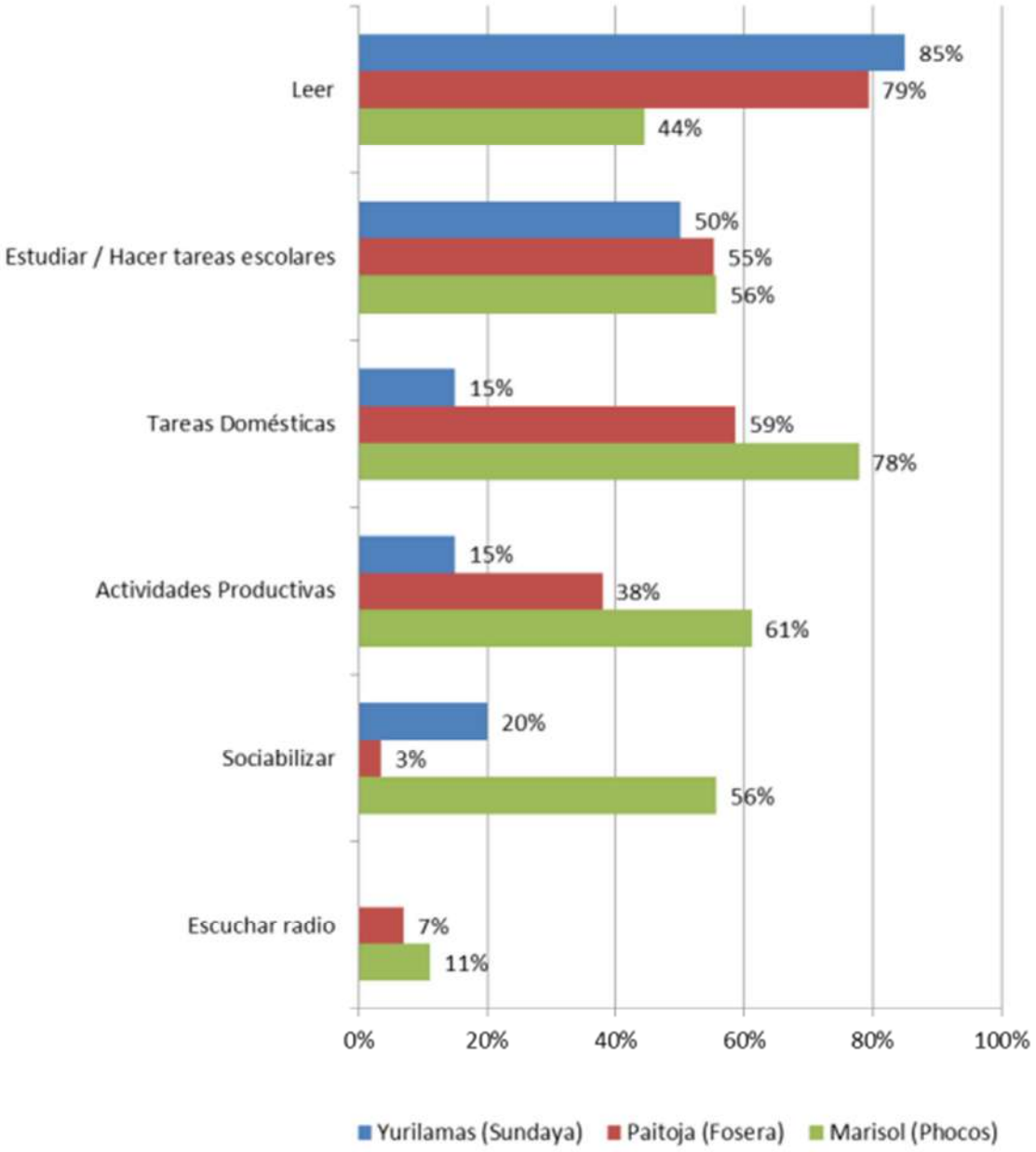
En cuanto a las actividades vinculadas al estudio de los hijos, aproximadamente la mitad de los entrevistados —50% en Yurilamas, 55% en Paitoja y 56% en Marisol— señalaron que ahora se pueden realizar también de noche.

En Marisol, tres de cada cuatro entrevistados (78%) destacaron que ahora pueden realizar tareas domésticas luego de la puesta del sol. Una buena proporción de los participantes de Paitoja (69%) también mencionaron estas diligencias, pero en Yurilamas la cifra fue menor: solo el 15%.

Las actividades productivas realizadas durante la noche mostraron un comportamiento estadístico parecido al de las tareas domésticas: Marisol fue la localidad donde más se las mencionó (61% de los entrevistados), luego Paitoja (38%) y finalmente Yurilamas (15%). Una suposición que podría explicar por qué los habitantes de Marisol utilizan con fines productivos, en mayor medida que los demás, el tiempo ganado en la noche sería que ellos tienen un nivel de ingresos más alto y un estilo de vida más ligado al comercio; sin embargo, esta hipótesis todavía no se ha comprobado.

Una actividad menos mencionada, pero que no por eso deja de ser importante, es la socialización. El 56% de los habitantes de Marisol mencionan que ahora que hay más luz durante la noche, tienen la posibilidad de reunirse con sus vecinos. En Yurilamas, la cifra alcanza el 20%; y en Paitoja, el 3%. Como los SPFV no cuestan más por dejarse encendidos —como sí ocurre con las linternas, a las que se les agotan las pilas—, las reuniones comunales nocturnas puede extenderse, y los vecinos pueden pasear por el pueblo, y visitar a familiares y amigos.

Gráfico 16. Actividades nocturnas que no se podían realizar en la oscuridad y sí son posibles gracias a la instalación del SPFV



La relación de actividades nocturnas que se pueden realizar con el SPFV da una idea de todas las posibilidades que encuentran los beneficiarios del programa, pero no permite saber realmente en qué se está invirtiendo el tiempo ganado. Para obtener este dato, se consultó a los participantes de Yurilamas y Paitoja cuáles eran las actividades específicas que las familias realizan con mayor frecuencia durante la noche (gráfico 17).

Al parecer, pese al elevado número de menciones referentes a la lectura y al estudio en la pregunta previa, los participantes de estas dos localidades aprovechan el tiempo ganado en la noche sobre todo para realizar actividades domésticas, más que para leer y estudiar.

Así, el 85% de los entrevistados en Yurilamas y el 63% en Paitoja mencionan que con frecuencia aprovechan las horas de la noche para cocinar. Y el 65% y el 67%, respectivamente, limpian sus hogares.

Tres de cada cuatro entrevistados en Yurilamas (60%) aprovechan el SPFV para escuchar la radio mientras se encargan de las tareas domésticas; en Paitoja la quinta parte (22%) de los entrevistados hace lo mismo.

Un testimonio que grafica el incremento de actividades que era imposible realizar con normalidad cuando no se contaba con una iluminación adecuada es el siguiente:

«Antes tenía que desgranar el choclo o frejol cuando tenía 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 17. Actividades nocturnas realizadas con mayor frecuencia gracias al SPFV
Respuesta múltiple (los datos suman más de 100%)

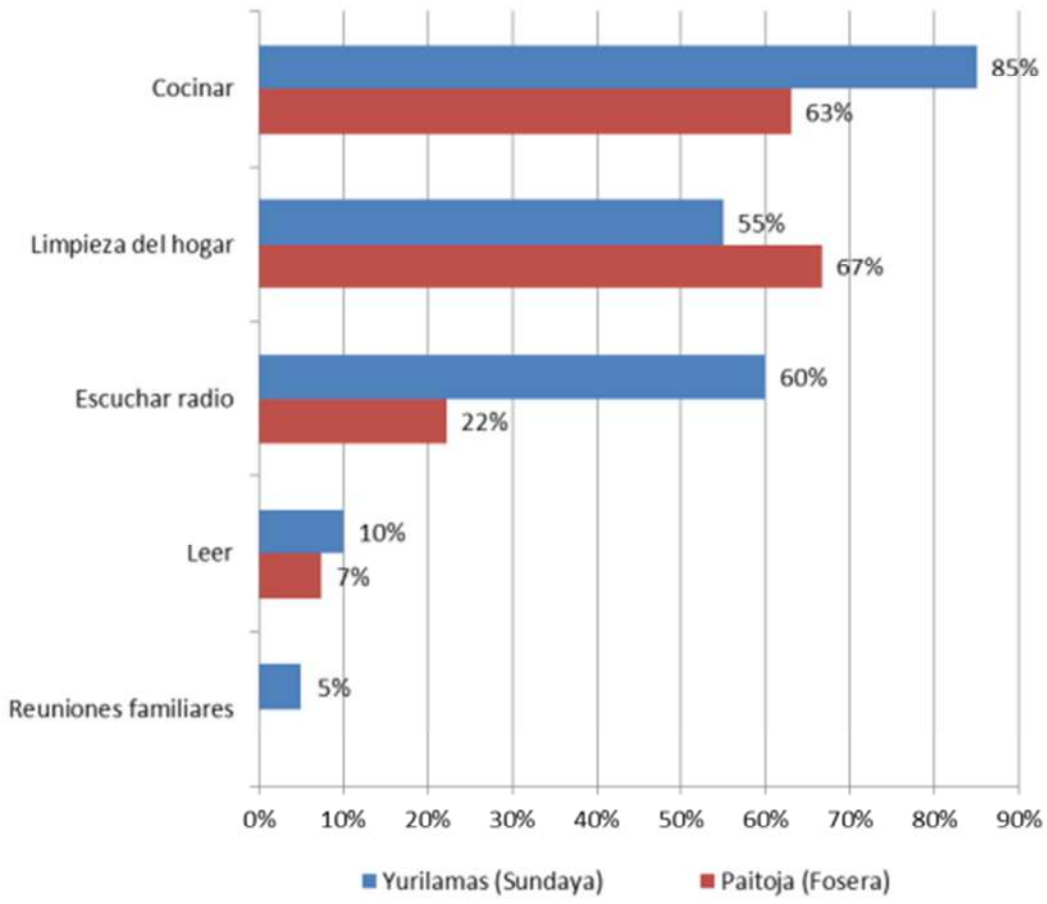
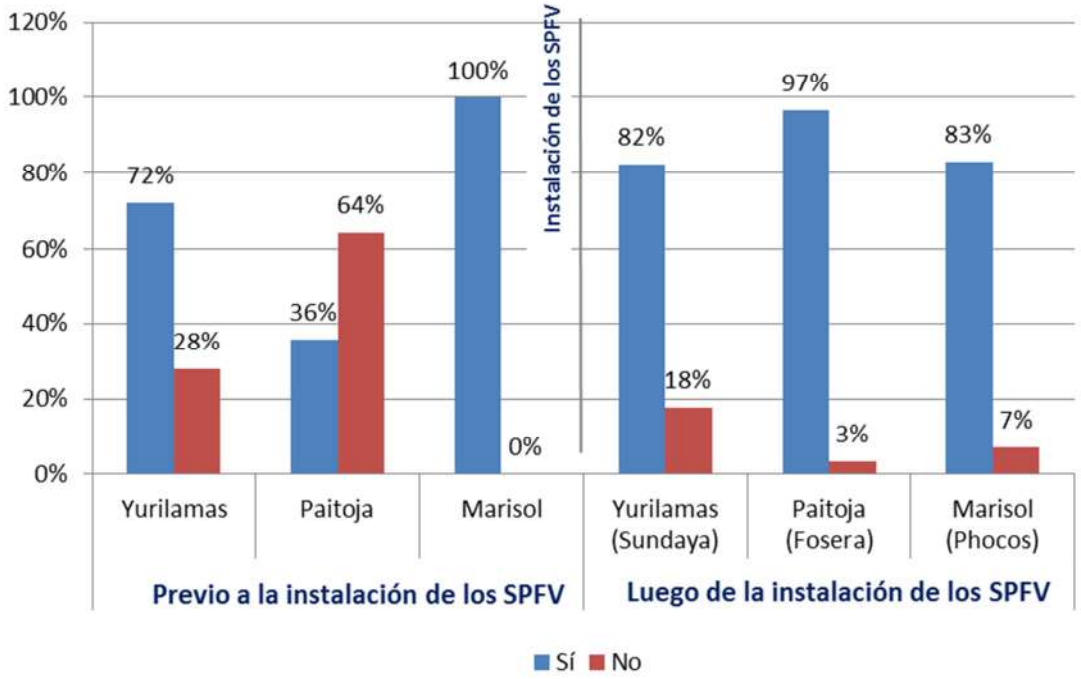


Foto 12. Actividades realizadas con ayuda de los SPFV

Arriba. Poblador escucha la radio.
Abajo. Los niños cuentan con luz para leer y realizar otras actividades.

Para conocer las necesidades insatisfechas respecto a la iluminación dentro del hogar, se consultó a los pobladores si consideraban que era necesario mejorar la luz de sus viviendas antes y después de la instalación de los SPFV. Los resultados mostrados en el gráfico 18 muestran que, a pesar de los beneficios reportados por la instalación del SPFV, la exigencia por una mejor iluminación se incrementó en Yurilamas y Paitoja. Este dato podría significar que los usuarios han tomado una mayor conciencia respecto de las posibilidades que tienen de mejorar su calidad de vida.

Gráfico 18. ¿Podría mejorar la luz de su vivienda?



Para indagar un poco más en este tema, se preguntó a los entrevistados en qué alternativas para mejorar la iluminación de las viviendas podrían pensar actualmente y en qué alternativas hubieran pensado antes de la instalación de los SPFV (gráfico 19).

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

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

La necesidad de 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 Phocos. Cabe

mencionar que los pobladores de Paitoja incrementaron la potencia adicionando una platina a las luminarias (foto 13), lo que es una muestra de 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 adquirir más luminarias se debe a que los sistemas actuales cuentan solo con dos, pero las viviendas tienen más de dos habitaciones. Sin embargo, la propia comunidad solucionó esta limitación incorporando a los focos ganchos artesanales, lo que permite colgarlos en cualquier lugar; o colocan la luminaria en una bolsa y fijan esta en el techo de la habitación que quieren iluminar. De esta manera, los pobladores han agregado a las lámparas una funcionalidad extra que no estaba incluida en el diseño de fábrica.

La noticia resulta positiva, puesto que demuestra una evidente satisfacción con el sistema instalado. El deseo de contar con más dispositivos que permitan una mejor iluminación es, pues, un efecto del beneficio experimentado como señalan los siguientes testimonios:

«Quiero un foquito más de esos, ¿dónde puedo comprarlo?».

«El foco debería tener un gancho para ser colgado,
por eso le he hecho yo mismo uno».

Cuando se preguntó a los usuarios de Paitoja y Marisol si requerían un punto adicional de luz, más del 95% respondieron afirmativamente y precisaron posibles precios que podrían pagar por el servicio.

Vale la pena mencionar que la portabilidad de las lámparas sigue siendo importante, aun cuando se esté hablando específicamente de mejoras en la iluminación. Luego de la instalación de los SPFV, los pobladores de Paitoja, en particular, mencionaron que preferirían 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 opiniones indica que incrementar el número de lámparas del SPFV sería la alternativa preferida. En las tres comunidades participantes, el aumento de los puntos de luz es la mejora predilecta posterior a la instalación de SPFV, independientemente de las preferencias anteriores.

Gráfico 19. Mejoras en la iluminación de las viviendas antes y después de la instalación de los SPFV
Respuesta múltiple (las opciones suman más del 100%)

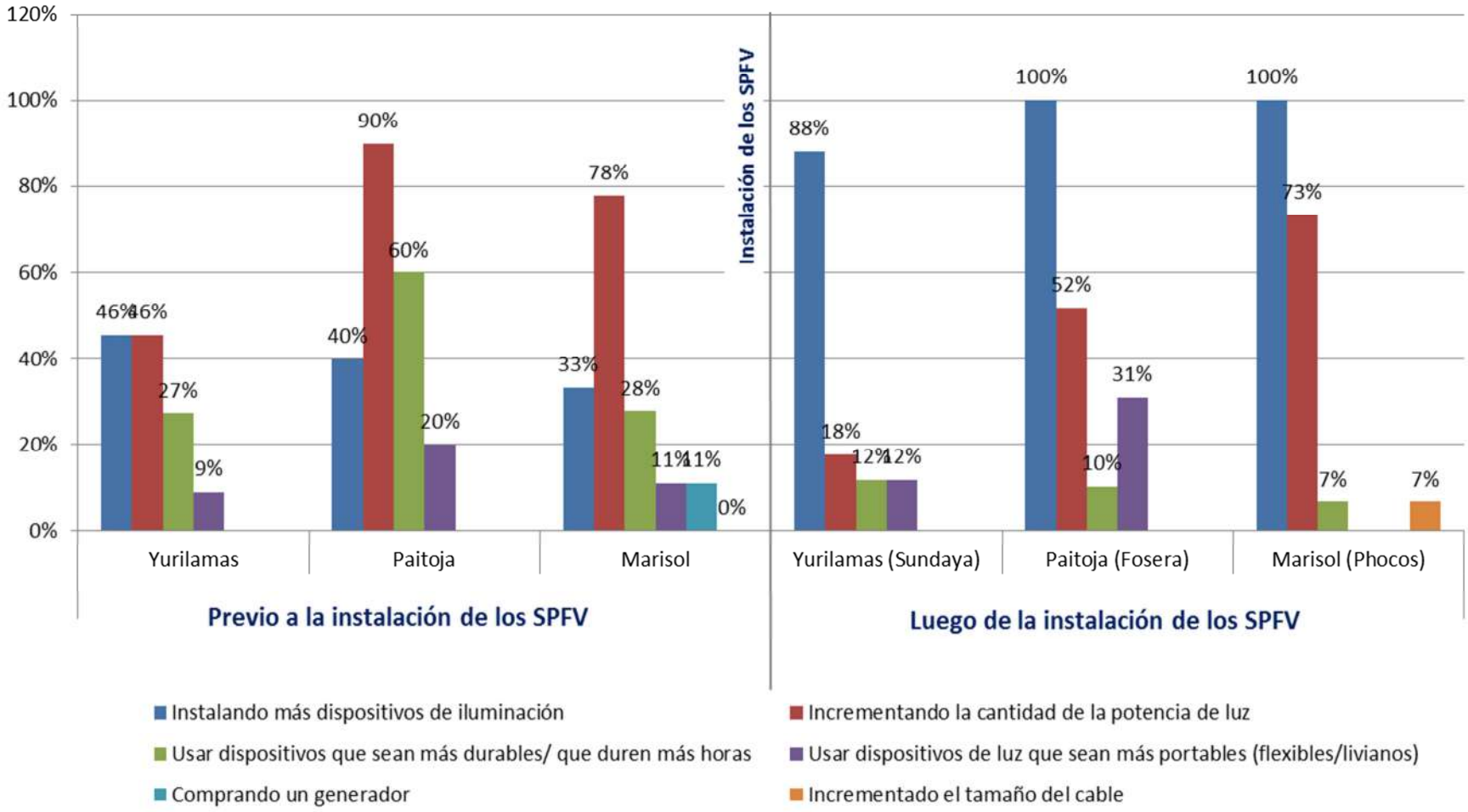


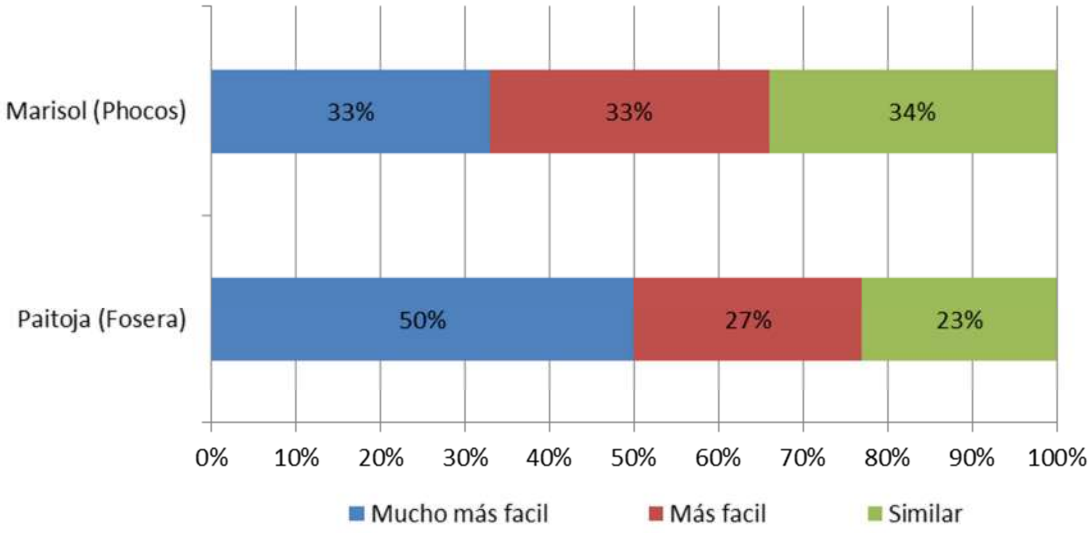
Foto 13. Creatividad local para integrar portabilidad al SPFV Sundaya

Foto 14. Vivienda en Paitoja con el sistema Fosera completo: luminaria, batería y radio

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

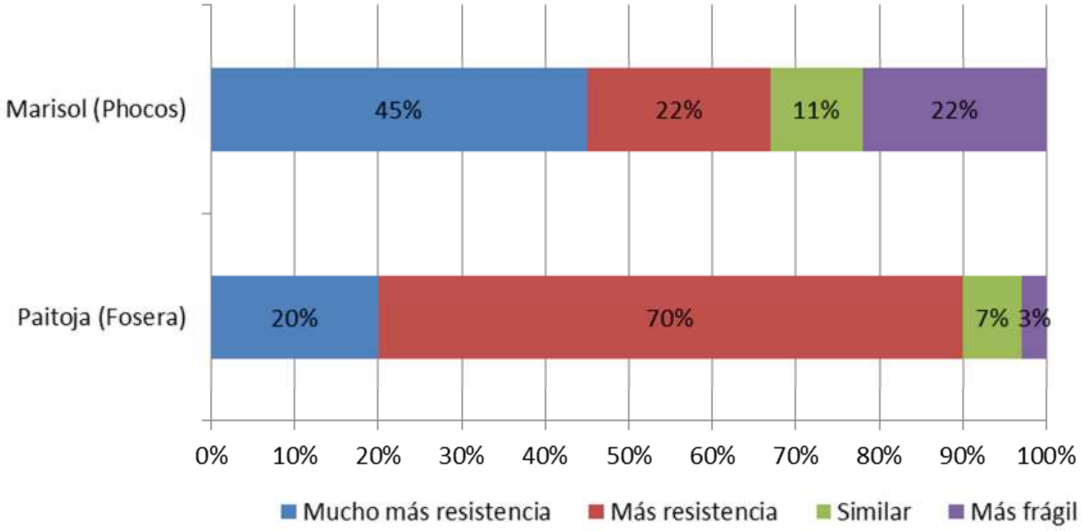
realizaron en Yurilamas, por lo que el sistema Sundaya no fue evaluado en este aspecto.

Gráfico 20. ¿Qué le parece el funcionamiento del SPFV si lo compara con el de una linterna a pilas?



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

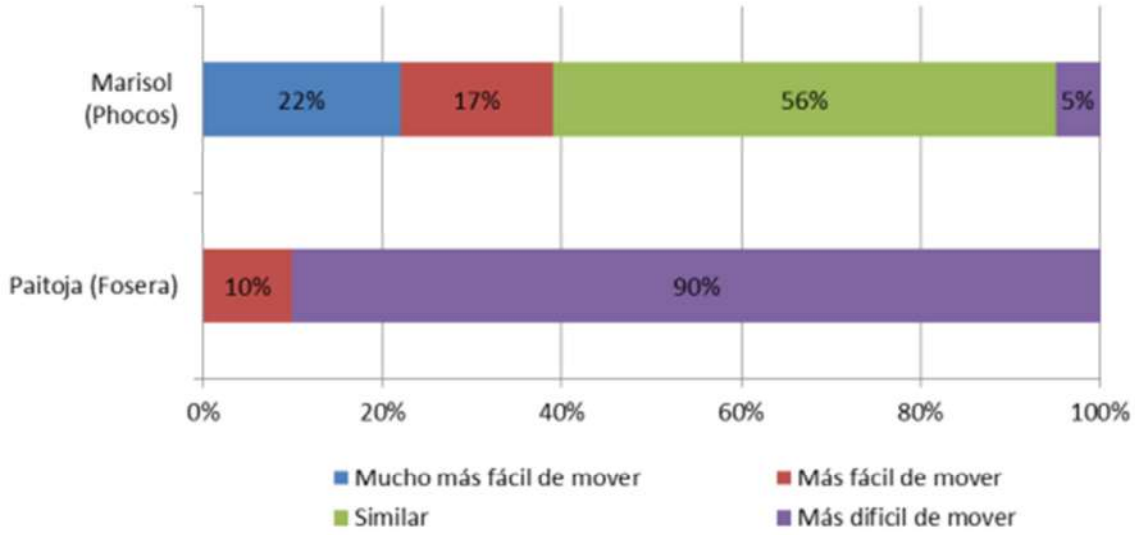
Gráfico 21. ¿Qué le parece la resistencia del SPFV si la compara con la de una linterna a pilas?



En Paitoja, casi la totalidad de entrevistados (90%) consideró que el SPFV Fosera es 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 22. ¿Qué le parece la portabilidad del SPFV si la compara con la de una linterna de pilas?



La portabilidad sí es una cualidad que se aprecia más en la linterna que en el 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, diseñado para ser portable, la evaluación resulta notablemente mejor, pues solo el 5% de los entrevistados encuentran que este sistema es más difícil de mover.

En cuanto al funcionamiento del sistema Sundaya, hasta el momento de cierre de este informe fueron reportadas 15 luminarias defectuosas. Tomando como base 110 luminarias entregadas en Yurilamas —2 por cada vivienda, en 55 hogares— esto representa un aproximado del 14% de fallas. Asimismo, la población reportó algunos desperfectos, entre ellos un daño causado por el ataque de un roedor:

«Prende la lámpara en promedio cinco 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 que se debe tomar en cuenta para el mantenimiento de los sistemas, pues la limpieza de los cables es esencial para su funcionamiento, ya que son cables no disponibles en el mercado. Además, los sistemas generalmente están instalados en las cocinas, donde pueden estar expuestos a la acción de los roedores.

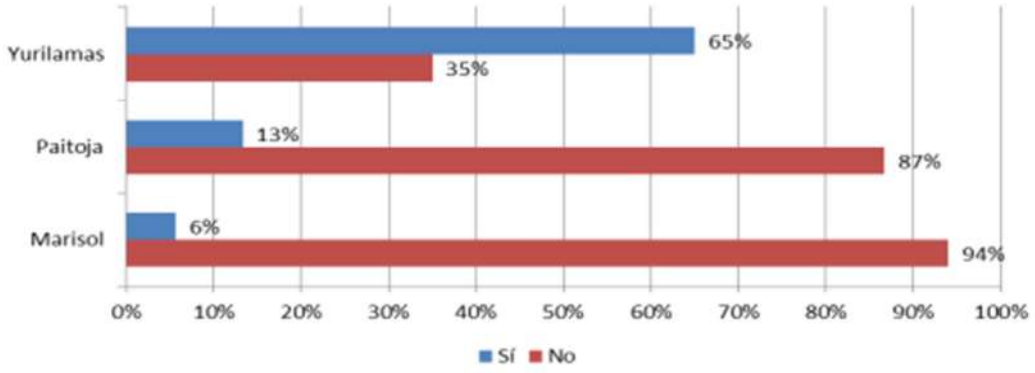
En cuanto al funcionamiento del sistema Fosera, se han reportado fallas en 3 luminarias y 14 baterías; este último dato representa el 40% de baterías instaladas con

fallas.[12] Las fallas en las luminarias no son tan negativas como en 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 del sistema Phocos en Marisol, se han reportado 8 casos de daños en luminarias que no han podido ser solucionados localmente. Esta cifra corresponde aproximadamente al 17% del total de luminarias instaladas en Marisol (48, 2 en cada una de las 24 viviendas). Gracias a que las luminarias tienen una batería independiente, los beneficiarios indicaron que pudieron identificar si la falla era de la batería o del foco led en sí. Algunas fallas se han solucionado solo con retirar la batería y volverla a colocar, con lo cual se ha demostrado que Phocos es el modelo de más fácil reparación. Como no se requiere extraer ningún tornillo para retirar la batería, los usuarios se muestran más audaces para abrir la luminaria.

Gráfico 23. ¿Alguna vez ha limpiado el panel solar?



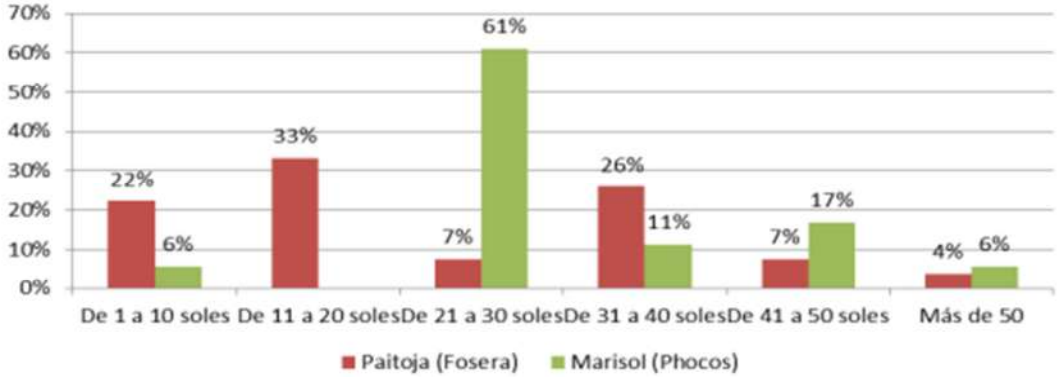
Para indagar por el grado de mantenimiento de los sistemas instalados, se preguntó si alguna vez se había limpiado el panel solar. En Yurilamas, donde el panel solar del sistema Sundaya está al alcance de los usuarios, dos de cada tres (65%) sí lo habían limpiado. En Paitoja y Marisol, por el contrario, muy pocos lo habían hecho (13% y 6%, respectivamente). El principal motivo por el cual los pobladores no limpian periódicamente los paneles solares del SPFV es que estos se instalan en los techos de las viviendas, y que resulta difícil y riesgoso subir. Otra razón es que a algunos usuarios no les han enseñado a limpiar el sistema.

Por otra parte, 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 (gráfico 24). En promedio, los pobladores de Paitoja (Fosera) podrían pagar 25,50 nuevos soles, mientras que en Marisol (Phocos), 34,70 nuevos soles.

Gráfico 24. ¿Cuánto pagaría por un punto adicional de luz?

[12] Cabe mencionar que al iniciar el estudio, Fosera reconoció que existían fallas en los sistemas ya instalados. Por eso, era de esperarse que se reportaran fallas, lo que crea un sesgo en los sistemas con fallas reportadas. Sin embargo, a pesar de estos inconvenientes, las percepciones del SPFV son positivas, como se ha podido observar anteriormente.

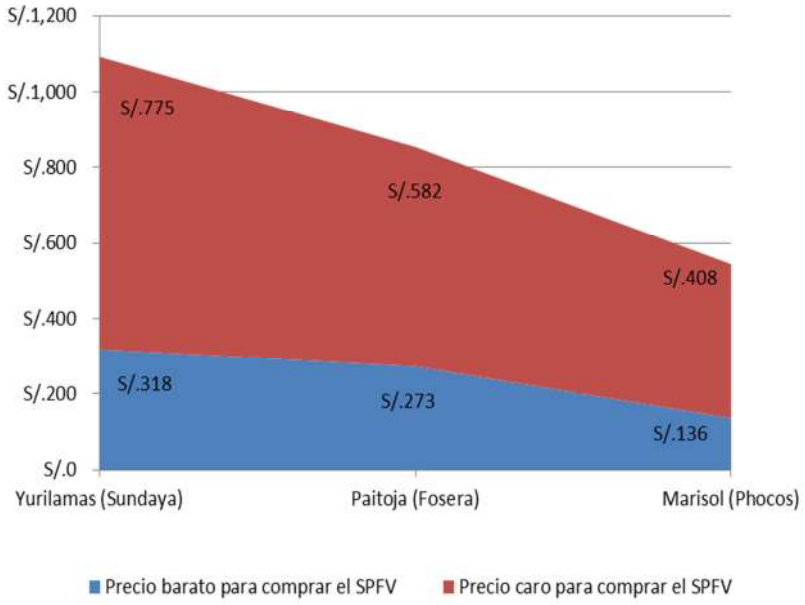
(en nuevos soles)



Finalmente, se les consultó a los beneficiarios sobre cuáles serían los montos que estarían dispuestos a pagar para adquirir un SPFV, y se les pidió que estimen un rango de precios máximo y mínimo (gráfico 25). Por un SPFV Sundaya, un precio barato y accesible para los beneficiarios sería 317,9 nuevos soles, mientras que un precio considerado caro fue 775,0 nuevos soles.[13] Por un SPFV Fosera, un precio barato y accesible sería 272,7 nuevos soles, mientras que un precio considerado caro, 581,7 nuevos soles. Finalmente, por un SPFV Phocos un precio barato y accesible sería 136,1 nuevos soles, y un precio considerado caro fue 408,3 nuevos soles.

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

Gráfico 25. Precio promedio que podrían pagar los pobladores por un SPFV



D. 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.

a. Salud

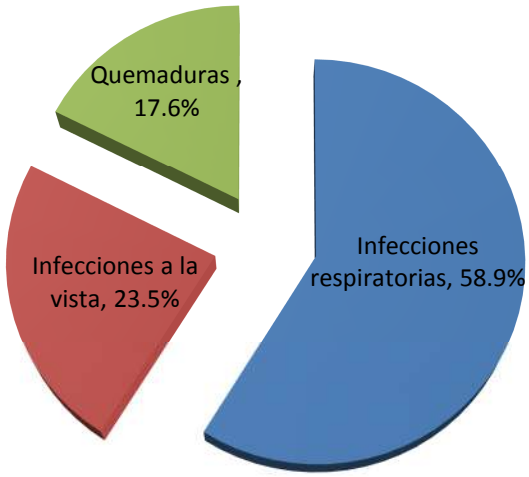
Los participantes de Yurilamas son bastante conscientes de los problemas de salud que puede generar el humo de los mecheros. A 6 de cada 10 (59%) les preocupa que el uso de estos dispositivos les cause infecciones respiratorias, y otros 2 (24%) creen que podría causarles infecciones a la vista. Solo 18% están más preocupados por las quemaduras, aun cuando en el pasado una de cada cinco familias (20%) sufrió este tipo de accidentes.

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 de que no liberen humo ni causen quemaduras, como los mecheros y las 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».

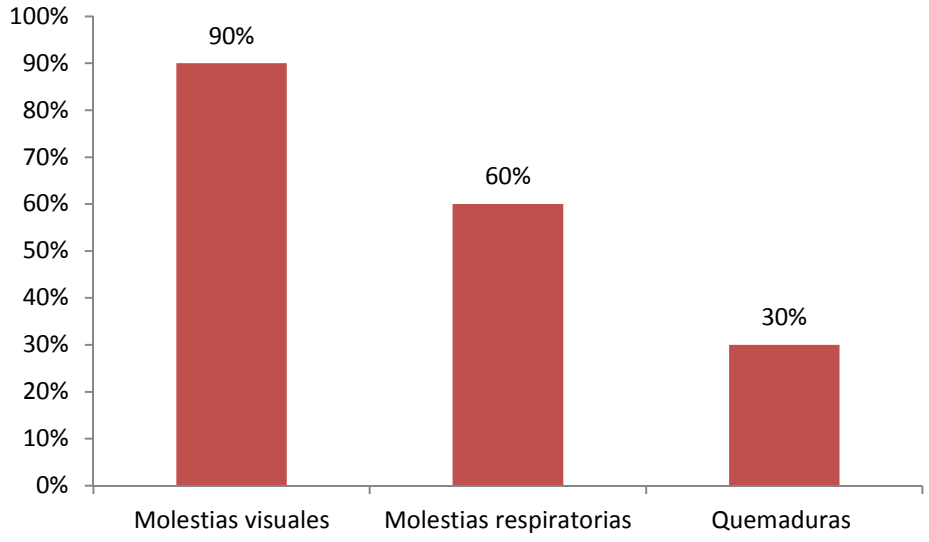
Gráfico 26. Riesgos para la salud generados por el uso de dispositivos tradicionales de iluminación en Yurilamas



En Paitoja, la temática se abordo de manera diferente: se preguntó directamente a los usuarios si habían percibido mejoras en la salud luego de la instalación de la nueva tecnología. Todos los entrevistados respondieron afirmativamente y además indicaron que el sistema Fosera ha cambiado sus condiciones de vida.

En Marisol también se preguntó si habían disminuido algunas molestias para la salud. La gran mayoría de los consultados reportó una mejora en las molestias visuales, y 6 de cada 10 también notaron lo mismo respecto de las molestias respiratorias. En general, el 72% relacionó la instalación del SPFV Phocos con la mejora en alguna afección de algún miembro de la familia.

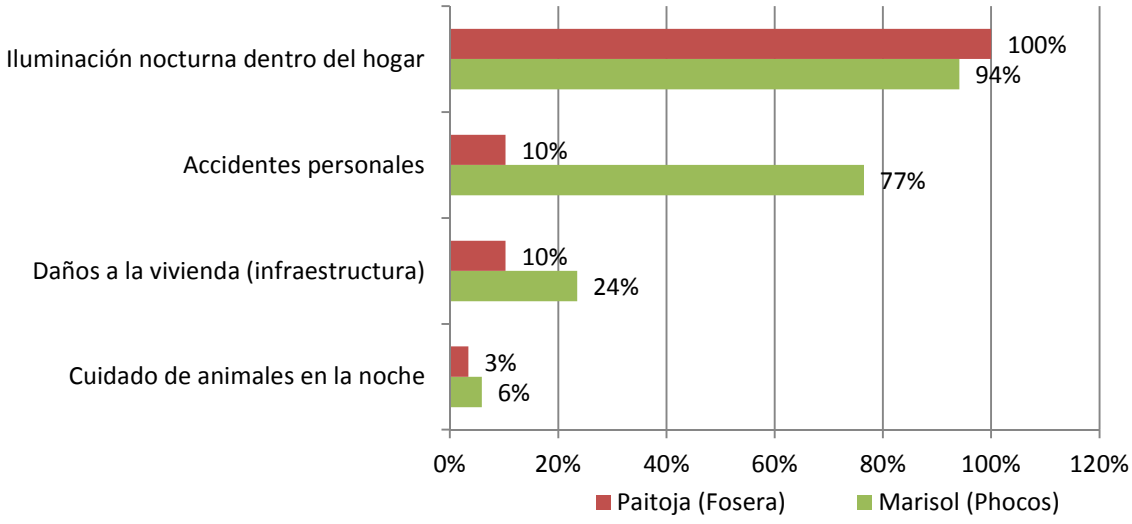
Gráfico 27. Molestias de salud que disminuyeron luego del uso del SPFV Phocos en Marisol
Respuesta múltiple (los resultados suman más de 100%)



b. Seguridad

Casi la totalidad de los entrevistados afirmaron que la seguridad de sus hogares había mejorado luego de la intervención. Para indagar en este aspecto social, se preguntó qué características del SPFV instalado tuvieron efectos en la seguridad del hogar. Prácticamente todos los entrevistados coincidieron en señalar que la iluminación nocturna evita los accidentes que solían ocurrir en ese rango horario por falta de visión. Los resultados completos para Marisol y Paitoja se observan en el gráfico 26.

Gráfico 28. ¿En qué aspectos ha mejorado la seguridad del hogar después de la instalación de los SPFV?



c. Condiciones de vida

Estos cambios en salud y seguridad se confirmaron con las posteriores declaraciones de los entrevistados respecto a sus condiciones de vida. En Yurilamas, todos afirmaron que el SPFV Sundaya les había cambiado la vida, pues mejoró, sobre todo, la salud en los hogares cuando acabó definitivamente con el olor a diésel quemado, que genera mareos y languidez. La gran mayoría (90%) también detectó una mejora en las condiciones de estudio de los niños y una buena parte (70%) mencionó el incremento de las actividades sociales.

La mayoría de los participantes de Paitoja (59%), que usaron el modelo Fosera, también comentaron que las condiciones de estudio han mejorado, pues los niños y jóvenes gozan de mayor comodidad para realizar sus tareas. Porcentajes similares de entrevistados mencionan mejoras en la higiene (52%) y en la salud (49%), probablemente porque la luz nocturna les permite dedicar mayor tiempo a las tareas de limpieza y el humo está menos presente en el ambiente intradomiciliario, como se observa en el siguiente testimonio:

«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 contribuyó, según la gran mayoría (89%), a mejorar la higiene; y según el 78%, a prevenir las quemaduras. La población de Marisol

acostumbra bañarse en el río al caer la noche. Tratándose de un sistema portable, que tiene una construcción robusta y cerrada, Phocos es más útil que las linternas convencionales para iluminar la ribera.

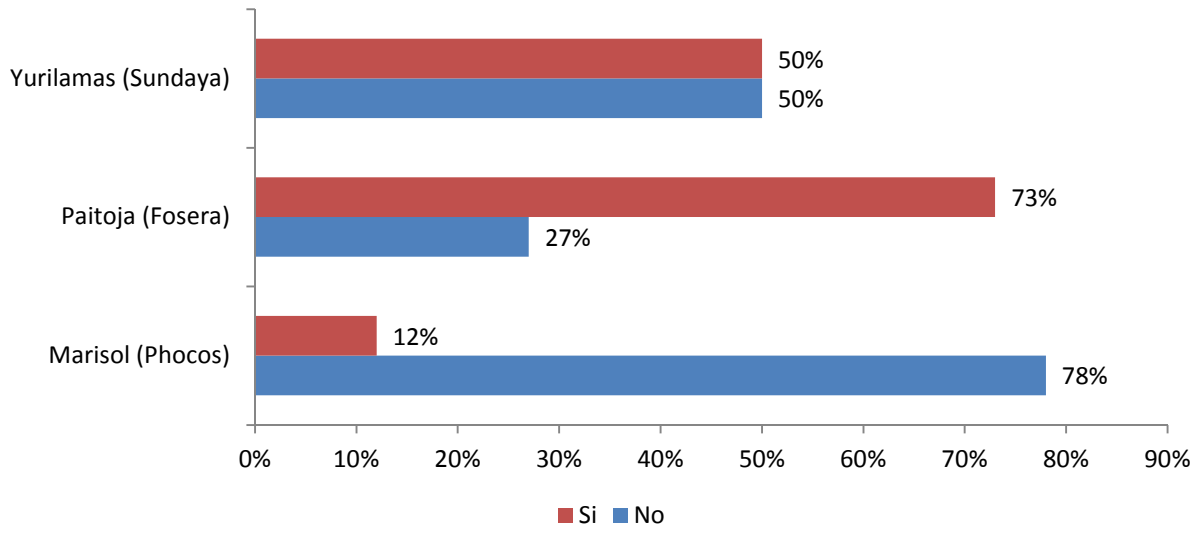
D. Impacto en el uso de teléfonos móviles

Las tecnologías instaladas en las viviendas facilitan la carga de las baterías de los teléfonos móviles. Inicialmente, no todos los SPFV contaban con conexiones para cargar el celular, pero al observar que gran número de pobladores usaban estos teléfonos, se agregaron los cargadores a los equipos incluso en localidades sin cobertura.

Por ejemplo, a pesar de que en Yurilamas no hay cobertura telefónica, la mitad de los usuarios (50%) cuentan con celulares debido a que, a dos horas de camino, existe un punto sobre una montaña —llamado La Ventana— desde el cual se accede a la señal móvil. El principal uso que le da la población adulta al teléfono celular es para comunicarse con amigos y familiares, por lo que la posibilidad de recargar estos aparatos en sus hogares no ha generado mayor cambio. Sin embargo, los más jóvenes —niños, adolescentes y padres recientes— sí utilizan los celulares incluso sin señal, sea como agenda o por sus funciones multimedia. Por tanto, para ellos sí es muy importante contar con la posibilidad de recargarlos, lo que muestra su gran sentido de la modernidad.

En Marisol, como en Yurilamas, tampoco hay señal, por lo que muy pocos (12%) tienen teléfonos; quienes los poseen los usan principalmente para escuchar música. En Paitoja, donde sí llega la señal, tres de cada cuatro personas cuentan con un teléfono celular (73%).

Gráfico 29. Presencia de teléfonos móviles en el hogar



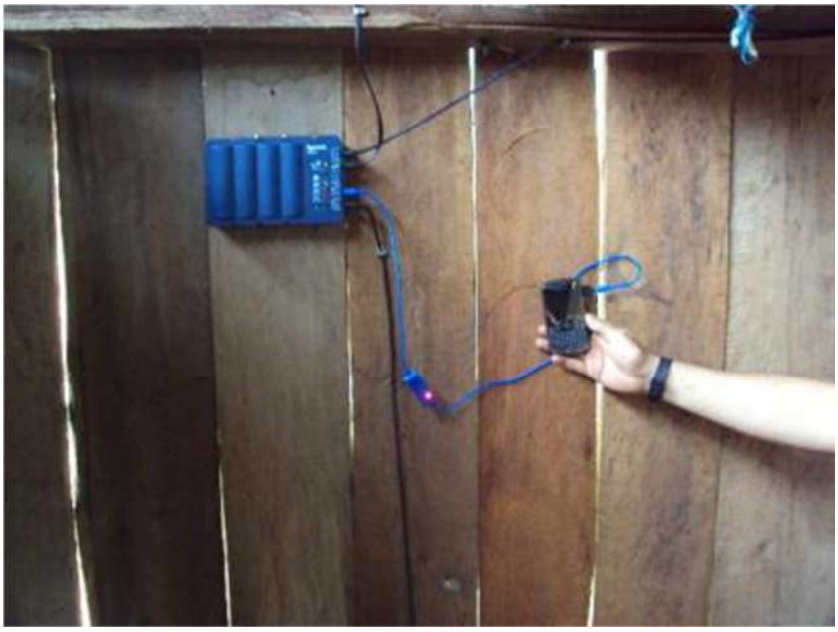
En Yurilamas, todos los consultados que tienen teléfono móvil mencionaron que cuentan con el cargador Sundaya; sin embargo solo la mitad de los celulares son de modelos y/o marcas compatibles con el cargador. Las marcas que no son compatibles son Motorola, Huawie, ZTE y otras a las que denominan «marcas 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 10 personas, 4 (41%) utilizan un generador y 3 (27%) usan la electricidad a la que acceden en la ciudad. En Marisol, los pocos usuarios de teléfono celular afirman que hay compatibilidad entre sus cargadores y el sistema Phocos.

Un dato interesante es que en Yurilamas, la mayoría (60%) de entrevistados considera que la instalación de los SPFV Sundaya no ha incrementado el uso de teléfonos móviles. Sin embargo, testimonios como el siguiente apuntan en la dirección contraria:

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

Foto 15. Teléfono móvil cargando



5. Conclusiones

La evaluación en campo en San Martín permite sostener algunas conclusiones respecto del uso de los SPFV como solución inmediata a la falta de acceso a servicios básicos de energía para iluminar 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 consumo 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 ayuda a observar el impacto de las lámparas en el contexto rural. Un impacto que se debe tener en cuenta, por ejemplo, es que los SPFV reemplazaron casi por completo el uso de velas y mecheros dentro de las viviendas intervenidas. La buena iluminación y la menor contaminación son las ventajas que los entrevistados perciben respecto al nuevo sistema. Sin embargo, para la iluminación exterior a la vivienda las lámparas no han podido reemplazar a las linternas; la menor portabilidad de las primeras complica su uso durante las caminatas y otras actividades al aire libre. Cabe decir que las lámparas Phocos son las más portables y sí fueron utilizadas en el exterior por algunos beneficiarios.

En cuanto al ahorro económico en fuentes de energía, los hogares intervenidos dejaron de gastar, en promedio, entre 9 y 12 nuevos soles (3 a 4 euros) al mes por el menor consumo principalmente de diésel para mecheros y de velas. Esta suma representa aproximadamente el 30% del dinero gastado mensualmente en fuentes de energía en estas comunidades, cuyos hogares están por debajo de la línea de pobreza. El gasto en pilas para iluminar y escuchar radio no se alteró significativamente, y representa el principal gasto en fuentes de energía luego de la instalación de los SPFV.

Las familias que recibieron los SPFV son conscientes de que ahora son capaces de realizar actividades nocturnas que antes eran impensables, como leer y estudiar. Durante la evaluación en campo, los miembros de estas familias señalaron que las dos actividades que realizaban con mayor frecuencia por las noches, aprovechando la iluminación de las lámparas, eran cocinar y limpiar la vivienda. Además, expresaron sus ansias por mejorar la iluminación actual mediante la adquisición de un mayor número de SPFV, por los que ofrecieron como precio máximo 775 nuevos soles en Yurilamas, que es el pueblo más pobre, y 408 nuevos soles 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 se ha reducido.

El uso de teléfonos móviles para comunicarse no varió debido a que la señal es débil o inexistente, pero se observó una mayor utilización de otras aplicaciones multimedia,

sobre todo entre la juventud, lo que también implicaría un impacto positivo respecto al acceso básico a la comunicación.

Podemos concluir señalando que a pesar de la naturaleza referencial de los resultados en campo —debido al número de casos estudiados—, los SPFV cumplen satisfactoriamente su función de brindar acceso a una iluminación útil para el público meta, reemplazando a alternativas tradicionales nocivas y costosas. Aunque sería óptimo encontrar modelos de lámparas 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.

Proyecto Energía, Desarrollo y Vida

Deutsche Gesellschaft für
internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Pasaje Bernardo Alcedo 150
Piso 4 - San Isidro/Lima 27
T 0051 1 442 1999/0051 1 442 1997
F 0051 1 442 2010
I http://www.endevperu.org