



# **El nexo energía-agua en el contexto del cambio climático en los países en desarrollo:**

***Experiencias de América Latina, África Oriental y Austral***

Informe de Síntesis

por

Inna Platonova y Michele Leone

Programa sobre Cambio Climático y Agua

Proyecto No. 106298-002

7 de noviembre de 2012

Ottawa, Canadá

---

**Canada**



## Índice de Contenidos

RESUMEN EJECUTIVO .....	4
INTRODUCCIÓN .....	7
ASPECTOS METODOLÓGICOS .....	8
EL NEXO ENERGÍA-AGUA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA, ÁFRICA ORIENTAL Y AUSTRAL .....	10
Antecedentes .....	10
Oportunidades y desafíos .....	11
Cuestiones técnicas .....	20
Factores físicos .....	20
Capacidad de mantenimiento y servicio .....	21
Aspectos financieros .....	21
Participación comunitaria .....	22
Aspectos sociales y culturales .....	22
Entorno institucional .....	22
Otros factores .....	23
FORMULACIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN .....	24
IMPLICACIONES EN MATERIA DE POLÍTICAS	
ANEXO 1 .....	30
REFERENCIAS .....	31

## RESUMEN EJECUTIVO

El acceso a los recursos energéticos y el acceso a los recursos hídricos están interconectados y ambos temas son cruciales para el fortalecimiento de la capacidad de adaptación al cambio climático. A pesar de la creciente investigación sobre la relación entre cambio climático y recursos hídricos por un lado, y la relación entre disponibilidad de agua y energía renovable para el desarrollo, por otro lado, no se ha hecho lo suficiente para integrar la investigación en cambio climático, agua y energía a nivel local en el contexto de los países en desarrollo. El Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo lanzó un proyecto en el 2010, “Energía y Agua Limpias: Una Evaluación de Servicios para la Adaptación Local al Cambio Climático”, con el fin de determinar los factores que propiciaban o impedían el uso de tecnologías descentralizadas de energía renovable en el suministro de agua para ayudar a que las comunidades se adaptaran mejor a la variabilidad y cambio climáticos y para facilitar un acceso equitativo a estos servicios y a la vez garantizar su solidez, dada la situación de creciente incertidumbre. Cuatro equipos de investigación se involucraron en este proyecto: la Fundación Bariloche (Argentina), la Clean Energy Incubator de la Universidad de Texas en Austin (Estados Unidos), el Energy Research Centre de la Universidad de Ciudad del Cabo (Sudáfrica), la Energy, Environment and Development Network for Africa (AFREPREN/FWD) (Kenia), que produjo informes de evaluación en profundidad tanto en América Latina como en África Austral y África Oriental.

Los estudios completos y los documentos relativos a este tema pueden accederse aquí:

[Informe África Austral](#)

[Barreras a la integración del nexo agua-energía en políticas y práctica en África Austral y futuras oportunidades de investigación](#)

[Nexo agua-energía en el contexto de cambio climático en la región sur de África](#)

[Nexo agua-energía y cambio climático en África Austral: hacia un marco de modelación como herramienta en políticas y planificación](#)

[Informe México](#)

[Informe Argentina](#)

[Informe África Oriental](#)

Todos los equipos de investigación se centraron en el análisis y síntesis de los datos cualitativos y cuantitativos existentes sobre el tema y principalmente incluyeron la revisión de la literatura científica y documentos relativos a políticas. Asimismo, los equipos de investigación realizaron consultas con expertos en agua y energía. El equipo sudafricano también organizó un seminario y un taller focalizado en el nexo energía-agua en el contexto de cambio climático. Si bien les guiaba un mismo conjunto de objetivos de investigación, los distintos equipos adoptaron una variedad de marcos conceptuales y analíticos que reflejaban la naturaleza multidisciplinaria de la investigación realizada, la complejidad del fenómeno en estudio y la falta de marcos establecidos en común para afrontar las temáticas planteadas.

Todos los equipos de investigación tuvieron que hacer frente a la escasez de datos específicos y falta de experiencias documentadas en la región.

Aunque diferentes en términos de su geografía, clima, recursos naturales, demografía, aspectos sociales, económicos y políticos, las regiones estudiadas se ven enfrentadas a desafíos similares vinculados al nexo energía-agua-cambio climático y, en general, se caracterizan por la escasez de agua, falta de acceso a energía limpia y alta vulnerabilidad ante el cambio climático. Los estudios de caso demostraron que cuando las tecnologías de energía renovable se adoptan exitosamente para los servicios de agua, se observan impactos positivos. El desarrollo de fuentes energéticas a escala descentralizada tanto local como nacional, significa liberar recursos financieros para el desarrollo local y aumentar la seguridad energética nacional. Las tecnologías de energía renovable descentralizadas también pueden ayudar a atender temas como vulnerabilidad de las comunidades, seguridad alimentaria, salud, educación y oportunidades comerciales, y así mitigar la migración rural hacia las ciudades y prevenir el reasentamiento en áreas con riesgo climático. Una red de producción energética descentralizada resulta más resiliente ante la falla de un nodo/conexión local que resulte de un acontecimiento drástico debido al cambio climático. Existe evidencia con respecto a que es probable que el ciclo de agua vinculado a la producción local de energía se vea menos distorsionado.

Existe una serie de barreras que previenen la adopción de tecnologías de energía renovable para el suministro de agua. Los estudios de caso ponen énfasis en la importancia de asegurar la calidad y confiabilidad de la tecnología y tomar en cuenta las limitaciones técnicas, en particular, las relativas al aumento de la escasez de agua. Es necesario que las tecnologías sean asequibles y apropiadas, en términos sociales y culturales, para sus usuarios. Resulta crítico adoptar planes de financiamiento accesibles, por ejemplo a través de micro-créditos, particularmente en el caso de usuarios rurales pobres que son quienes más necesitan las tecnologías estudiadas. La adopción de las tecnologías depende absolutamente del fortalecimiento de la capacidad para un adecuado mantenimiento y servicio, de la mejora de la infraestructura básica en las zonas rurales, del involucramiento de los miembros de la comunidad en los proyectos, y de responder a las necesidades y preferencias locales. Asimismo, se necesita amplio apoyo institucional para la difusión de las tecnologías a través de políticas y coordinación inter-institucional y sectorial. Además de la provisión de tecnologías específicas, una estrategia de adaptación al clima debería incluir la diversificación de las fuentes de suministro de agua, aumento de las instalaciones de depósito de agua y medidas para racionalizar el uso de la misma.

Los informes enfatizan el hecho de que se necesita una investigación más profunda en el ámbito del nexo entre energía, agua y cambio climático en los países en desarrollo. La modelación y planificación en el nexo energía-agua es una de las áreas de investigación donde se requiere la integración de información geológica, geofísica e hidrológica actualmente fragmentada, así como desarrollo adicional y aplicación de modelos de sistema. Se recomienda desarrollar un marco analítico que reúna el conocimiento fragmentario sobre los factores que limitan o propician las opciones de energía renovable para los servicios de agua en las regiones sujetas a tensiones climáticas. También es importante examinar la forma en que estas opciones promueven un desarrollo inclusivo y reducen la vulnerabilidad. La cuestión del equilibrio óptimo entre mitigación y adaptación en el contexto del desarrollo sustentable sigue abierta. Se requiere más investigación acerca de formas innovadoras para combinar e implementar en forma

conjunta políticas sobre agua y energía que puedan reducir la vulnerabilidad ante condiciones climáticas cambiantes, implementar marcos reguladores y reglamentos de manera eficiente, establecer una coordinación efectiva entre las instituciones relevantes que actualmente operan in silos, y desarrollar procesos adecuados de presupuestación, puesta en marcha y evaluación en el área de agua, energía y cambio climático. Se recomienda una investigación orientada al problema, que sea inter- y multidisciplinaria, tanto primaria como secundaria, para poder abordar la complejidad de los temas en el ámbito de estudio. Para que la investigación resulte efectiva, deberán reconciliarse las diferencias de lenguaje entre los investigadores y los responsables de la elaboración de políticas; asimismo, deberá establecerse entre ellos una mejor y más permanente comunicación. Una forma de avanzar en este sentido podría ser la institución de centros de excelencia sobre transferencia de conocimiento directamente en los países que sufren estas tensiones, y la promoción de una comunicación cruzada entre las grandes iniciativas independientes vinculadas a un mejor acceso a la energía, al agua y adaptación, a nivel de donantes y gobierno.

**Palabras clave:** nexo agua-energía, adaptación al cambio climático, tecnologías de energía renovable, países en desarrollo

## INTRODUCCIÓN

La energía y los recursos hídricos están íntimamente ligados (Scott et al., 2011). Se necesita energía para extraer, tratar y purificar, distribuir, calentar y refrescar el agua, y para recoger y tratar el agua residual (Olsson, 2011). El agua es necesaria para producir electricidad, extraer combustibles fósiles y almacenar energía potencial que luego puede emplearse para hacer funcionar plantas de energía hidroeléctrica, enfriar turbinas, cultivar y procesar el maíz, la caña de azúcar y otra biomasa con el objetivo de hacer frente a la creciente demanda de biocombustibles (Searchinger et al., 2008; Voinov & Cardwell, 2009). Tanto el acceso al agua como a la energía son elementos clave del desarrollo sustentable y el alivio de la pobreza y no deberían ser tratados en forma aislada (Olsson, 2011). A medida que el mundo se ve enfrentado a los desafíos del cambio climático, la creciente demanda de agua y energía en el contexto de una mayor inseguridad energética y escasez de agua, las dimensiones interconectadas del nexo agua-energía llaman la atención a través de nueva investigación, políticas y debate público (Siddiqi & Anadon, 2011). Mientras que la investigación en cambio climático y agua (Bohannon, 2010; Mulitza et al., 2010; O'Reilly et al., 2003; Verburg et al., 2003), y la relación entre disponibilidad de agua y energía renovable para el desarrollo (Practical Action, 2012; UNDP/WHO, 2009; World Energy Council, 2010) van en aumento, los investigadores en instituciones de países en desarrollo no han hecho lo suficiente para integrar la investigación sobre cambio climático, agua y energía a nivel local, en particular.

Con el propósito de fomentar la investigación en este tópico urgente – y, no obstante, olvidado hasta hace muy poco - el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC) lanzó una convocatoria en el 2010 para estudios sobre el tema de “Energía Limpia y Agua: Una Evaluación de Servicios para la Adaptación Local al Cambio Climático”. Estos estudios se encaminaron a determinar el potencial y las barreras con respecto al uso de tecnologías descentralizadas de energía renovable en servicios de agua, para aumentar la resiliencia y capacidad de adaptación de las comunidades locales ante la variabilidad y cambio climáticos, y para permitir un acceso equitativo y solidez de estos servicios antes las crecientes condiciones de incertidumbre. La premisa de este proyecto es que el acceso a los recursos energéticos y el acceso a los recursos hídricos están interconectados y que ambos temas son fundamentales para el fortalecimiento de la capacidad de adaptación al cambio climático. Se reconoce ampliamente la necesidad de comprender la factibilidad socio-económica de la transición de fuentes de energía carbono-dependientes hacia tecnologías descentralizadas de energía renovable de bajo consumo de carbono y resilientes al clima. Resulta igualmente importante explorar la forma de alentar a los usuarios a apropiarse de la tecnología, ser productores y distribuidores de la misma, en un mundo descentralizado pero conectado en redes. Más aún, resulta crítico examinar la forma en que los servicios de suministro energético e hídrico, las reglamentaciones, inversiones y políticas pueden servir de apoyo en esta transición. La ventaja es que esto llevaría a servicios más confiables que mantendrían un equilibrio más estable con el ambiente y se ganaría la resiliencia y fortaleza ante el cambio externo que caracterizan a los sistemas saludables. Sin embargo, será crucial la manera en que se lleve a cabo esta transición tanto a nivel de políticas como a nivel cultural; de lo contrario, un mayor acceso a la energía – motivado por una combinación de oportunidades económicas, desarrollo equitativo, y los requerimientos para la mitigación del cambio climático – podría tener consecuencias no intencionales como por ejemplo una mayor presión

sobre los servicios ecosistémicos, la biodiversidad y los propios recursos hídricos; y un creciente número de actores con acceso a esos recursos y con conflicto de intereses.

Para atender estos temas urgentes, cuatro equipos de investigación se involucraron en este proyecto y produjeron informes de evaluación en profundidad basados en la literatura disponible y en estudios de caso en América Latina, África Austral y África Oriental:

- **Fundación Bariloche**, en Argentina, se centró en una evaluación de opciones de energía alternativa para la agricultura en regiones donde hay mayor escasez de agua al norte de Patagonia, con estudios de caso tomados de Catamarca, Neuquén y La Rioja.
- **La Incubadora de Energía Limpia de la Universidad de Texas en Austin**, Estados Unidos, brindó una evaluación de los servicios de agua y energía en México, con estudios de caso de la Ciudad de México, sur de México (regiones de Oaxaca y Chiapas) y la Cuenca del Río Sonora en Baja California, al norte de México.
- **El Centro de Investigación en Energía de la Universidad de Ciudad del Cabo**, Sudáfrica, evaluó temáticas institucionales y vinculadas a políticas que inducen al éxito o al fracaso en la adopción de tecnologías de energía limpia para un mejor suministro de agua en la zona sur de África, basándose en estudios de caso de Botsuana, Namibia, Sudáfrica, Lesoto y Mozambique.
- **La Red de Energía, Ambiente y Desarrollo para África (AFREPREN/FWD)** con base en Nairobi, Kenia, investigó el uso de las tecnologías de energía renovable para el bombeo de agua para uso agrícola y doméstico, y el papel de las políticas para aumentar la seguridad hídrica a nivel de las comunidades en el gran Cuerno de África, con un enfoque en Kenia y Tanzania.

Sobre la base de estos cuatro estudios (AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et al, 2011; King et al., 2011; Prasad et al., 2012); el presente artículo pretende destacar las similitudes y diferencias en las formas en que se combinan los servicios de energía limpia y agua en diferentes regiones del mundo en desarrollo.

El informe de síntesis comienza con una breve reseña de los métodos utilizados por los autores de los informes, seguido de una breve descripción del contexto de las regiones estudiadas y la justificación de haber elegido los casos específicos, con un enfoque en factores físicos, aspectos socio-económicos, opciones tecnológicas y respuestas en materia de políticas. Luego presenta el análisis de oportunidades y desafíos en la difusión de tecnologías relevantes y aplicación de los instrumentos de políticas que se destacaron en los estudios. Por último, discute las implicaciones y prioridades de la investigación futura y la respuesta en materia de políticas.

## ASPECTOS METODOLÓGICOS<sup>1</sup>

Todos los equipos de investigación se centraron en el análisis y síntesis de los datos cualitativos y cuantitativos existentes sobre el tema y principalmente incluyeron la consulta de la literatura científica y documentos relativos a políticas. Asimismo, el equipo de investigación de Sudáfrica realizó una consulta con 22 expertos en agua y energía y también organizó un seminario y un taller sobre el nexo energía-agua

---

<sup>1</sup> Basado en AFREPREN/FWD (2012), Bravo et al. (2011), King et al. (2011) y Prasad et al. (2012).

en el contexto del cambio climático. La lista de expertos consultados durante la preparación del informe completo aparece en el Anexo 1. En todos los estudios figuran consultas escritas con los expertos del ámbito de la elaboración de políticas.

En Argentina, se contactaron y respondieron los siguientes institutos: el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, el Instituto Nacional de Agua, la Secretaría de Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable, el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Argentino de Investigaciones de las Zonas Áridas, el Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales y el Instituto Argentino de Recursos Hídricos.

En México, se hicieron consultas con: la Asociación Nacional para la Energía Solar, la Comisión Reguladora de Energía (en temas de eficiencia, uso y reglamentación), la Comisión Nacional de Agua, la Comisión Ambiental Metropolitana, la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Por último, el equipo de África Oriental recibió comentarios de la Autoridad Reguladora de Energía (Kenia), la Comisión Reguladora de Energía (Tanzania), la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos de Energía y Agua (Uganda), la Autoridad de Electrificación Rural de Kenia y de la Junta Reguladora de Servicios de Agua en Kenia.

Aunque se guiaron por el mismo conjunto de objetivos de investigación, los equipos adoptaron una variedad de marcos conceptuales y analíticos que reflejaron la naturaleza multidisciplinaria de la investigación realizada, la complejidad del fenómeno estudiado y la falta de marcos establecidos de común acuerdo para enfrentar los problemas planteados.

Es así que el estudio de Argentina adoptó un concepto “nicho” basado en Nadal et al. (2006) para evaluar las tecnologías relevantes en términos de las necesidades requeridas, los recursos disponibles, la situación local y otros factores. Los investigadores realizaron un análisis de las barreras que se interponen al uso de energía renovable para el suministro de agua en zonas áridas y semi-áridas, clasificando los problemas según las siguientes categorías: económico-financieras, socio-culturales, tecnológicas, institucionales, regulatorias/legales, ambientales y transversales. Cada problema fue luego discutido en términos de su definición, manifestación del problema, causas, actores involucrados y objetivos. La investigación de África Austral aplicó el marco de Painuly (2001) para analizar las barreras que impiden la diseminación de las tecnologías de energía renovable, empleando las siguientes categorías: falla de mercado, distorsión de mercado, económico-financiera, institucional, técnica, social, cultural y conductual, entre otras. El equipo de Kenia adoptó un marco orientado a políticas que se focalizaba principalmente en la comparación de políticas a nivel nacional entre países de África Oriental. El equipo mexicano procedió con un enfoque basado en un estudio de caso que puede resumirse en una matriz donde – para cada opción de tecnología con energía renovable – se evaluaron las intervenciones en materia de políticas de financiamiento, fijación adecuada de precios para los servicios de agua y energía, mandatos y reglamentaciones, subsidios y facilitación de involucramiento de la comunidad, en función de su efectividad a la hora de alcanzar objetivos específicos como: gestión del carbono, calidad de agua, seguridad energética y seguridad hídrica.

Todos los equipos de investigación se vieron enfrentados a la escasez de datos específicos y la falta de experiencia documentada en la región. Por ejemplo, el estudio de África Oriental indica que existen datos limitados acerca del impacto de la diseminación de tecnologías con energía renovable para los servicios hídricos en la región, en particular, en el contexto del cambio climático. La información disponible se basa en evidencia anecdótica proveniente de unos pocos proyectos piloto. El equipo de investigación de Argentina también se vio limitado por la falta de datos sobre costos típicos, esfuerzos de implementación, y barreras, así como por la dificultad para acceder a datos específicos, por ejemplo, información SIG. El equipo de África Austral enfatizó como problema metodológico una falta de marco analítico para sistematizar las conclusiones de los estudios de caso.

Se desprende de los informes la importancia de mantener una perspectiva tanto estadística como histórica con respecto al panorama de proyectos - pasados y en curso - sobre energía renovable y agua. La perspectiva estadística permitiría determinar la recurrencia en las condiciones durante el éxito o fracaso de un gran número de proyectos individuales, a la vez que la perspectiva histórica permitiría determinar cómo llegaron a establecerse dichas condiciones y cómo podrían o no repetirse eventualmente.

## **EL NEXO ENERGÍA-AGUA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN AMÉRICA LATINA, ÁFRICA ORIENTAL Y AUSTRAL**

### **Antecedentes**

Si bien son diferentes en términos de su geografía, clima, recursos naturales, demografía, aspectos sociales, económicos y políticos, las regiones estudiadas comparten desafíos similares relativos al nexo energía-agua-cambio climático y, en general, podrían caracterizarse por la escasez de agua, falta de acceso a energía limpia y alta vulnerabilidad ante el cambio climático.

Por ejemplo, en el caso de México, más de 11 millones de personas (aproximadamente un 10% de la población) carece de acceso al suministro de agua y 22 millones (cerca del 20%) no cuenta con acceso a saneamiento. Las reservas de agua se van agotando cada vez más y se contaminan por procesos de lixiviación y disolución de minerales y productos químicos en volúmenes de agua decrecientes. A la vez que el país ocupa el séptimo lugar entre los mayores productores de petróleo, cuenta con 3 millones de personas que no están conectadas a la red eléctrica (King et al., 2011). En África Oriental, cerca del 50% de la población rural carece de acceso a mejores servicios hídricos. En Tanzania, por ejemplo, solamente el 7,4% de la población cuenta con servicio de agua corriente. Los niveles de electrificación en la región también son bajos. Por ejemplo, en Uganda solo el 9% de la población tiene acceso a la electricidad (AFREPREN/FWD, 2012). En el sur de África, el sector energético está en crecimiento, impulsado por plantas generadoras de energía basada en carbón, ubicadas principalmente en Sudáfrica, Zimbabue y Botsuana. Sin embargo, el 45% de los habitantes de Botsuana carece de acceso a la electricidad. Otros países estudiados enfrentan situaciones aún más graves en el suministro de agua y energía. A saber, en Mozambique, el 42% de la población cuenta con acceso a una fuente de agua potable y solo el 12% de la población tiene acceso a la red eléctrica (Prasad et al., 2012).

Estas regiones están expuestas a crecientes tensiones debido al cambio climático (aumento de la temperatura en general y pronóstico de reducción de lluvias, excluyendo algunas zonas de México y África

Oriental), situación a la que se suman los factores antropogénicos (por ejemplo, cambios en el uso de la tierra, mayor presión por aumento de la población). En Argentina, las provincias estudiadas tienen grandes extensiones de zonas secas que se verán particularmente afectadas por la reducción de las precipitaciones de nieve en los Andes, una mayor evapotranspiración y mayores requerimientos de agua para la generación hidroeléctrica y las actividades agropecuarias en gran escala. Es probable que los episodios esporádicos de sequía se transformen en recurrentes (Bravo et al., 2011). En México, la escasez de agua física afecta a casi todo el país. La actual sequía se considera la más severa en los registros climáticos de esa nación. Como resultado del cambio climático, se espera que los países del este y sur de África experimenten temperaturas en aumento y mayor variabilidad de lluvias, lo cual conduce a sequías, inundaciones y olas de calor más severas. Como las economías de esta región dependen de la agricultura de secano, el cambio climático invariablemente impactará la seguridad alimentaria. Estos efectos ya se han sentido en África Oriental, donde las frecuentes sequías han redundado en la escasez de alimentos y episodios de hambruna devastadores (AFREPREN/FWD, 2012). En el 2011, las peores sequías experimentadas desde 1995 han causado una crisis alimentaria severa a lo largo de Somalia, Yibuti, Etiopía y Kenia (OCHA, 2011).

### **Oportunidades y desafíos**

En el contexto de una creciente variabilidad climática, las tecnologías en base a energía renovable pueden resultar útiles a la hora de brindar mejores servicios hídricos, particularmente a través del calentamiento solar del agua, bombeo a pequeña escala y purificación y tratamiento de agua en áreas que se encuentran fuera de la red eléctrica.

A partir de tales premisas, los equipos de investigación examinaron los casos – entre otros – del uso de energía renovable para el acceso al agua en las comunidades que están en riesgo climático o estrés hídrico en varias regiones de América Latina y África Oriental y Austral (Tabla 1). Los investigadores se centraron en la identificación de factores que propician o desafían la promoción de estas tecnologías, los impactos socio-económicos y ambientales asociados y el papel de las políticas para apoyar la adopción de estas soluciones.

Tabla 1: Lista de estudios de caso sobre tecnologías que emplean energía renovable para los servicios de agua en América Latina y África Oriental y Austral

País	Casos estudiados	Conclusiones principales
Argentina	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bombeo fotovoltaico en pozos profundos en Catamarca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las regiones secas en estos estudios son particularmente vulnerables a la variabilidad climática que exacerbará los actuales problemas de disponibilidad de agua.</li> <li>Los sistemas de bombeo de agua basados en energía renovable pueden ser una alternativa más barata y mucho más confiable que los sistemas convencionales. No obstante, algunos sistemas con energía renovable (por ejemplo el bombeo fotovoltaico) también podrían representar limitaciones debido a una menor disponibilidad de agua subterránea a causa de la salinización, contaminación o depresión del nivel de agua relacionada o no al cambio climático. Más aún, los sistemas aislados de bombeo de agua basados en energía renovable, a diferencia de los sistemas a diesel, parecen requerir soporte técnico a más largo plazo y mayor desarrollo de capacidad de las comunidades locales.</li> <li>Tanto los sistemas renovables como convencionales se ven recargados por crecientes costos y desafíos técnicos para resolver los problemas de disponibilidad de agua. Los sistemas de bombeo con energía renovable, en particular la tecnología fotovoltaica, requieren inversión de alto costo.</li> <li>Cuando los respectivos recursos están disponibles, las opciones preferidas en cuanto a energía renovable son las provenientes de agua, viento y sol. La hidroenergía generalmente se excluye en zonas secas. El bombeo fotovoltaico podría ser más adecuado para unidades productivas rurales muy pequeñas, mientras que los sistemas híbridos o diesel son mejor opción para unidades productivas de mediana a gran escala.</li> <li>El marco institucional para el suministro y gestión del agua es muy fragmentado y la coordinación entre instituciones y sectores es muy débil.</li> <li>Una estrategia adecuada de adaptación al cambio climático requerirá la diversificación de fuentes de suministro de agua, aumento de las instalaciones para almacenamiento del agua, implementación de un uso eficiente y racional del agua.</li> <li>Disponibilidad de información, organización y compromiso de la comunidad, desarrollo de capacidad para las nuevas tecnologías y apoyo del ordenamiento territorial son clave para una implementación adecuada de estrategias de adaptación.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bombeo con turbinas eólicas de baja potencia en Neuquén</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbinas de alta potencia para riego, conectadas a la red en La Rioja</li> </ul>	

<p><b>México</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calentamiento solar del agua en Ciudad de México</li> <li>• Distribución de cosecha de agua de lluvia en Ciudad de México</li> <li>• Desalinización con energía solar en Sonora y Baja California</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuando se instrumentan en forma apropiada, la distribución de agua de lluvia recolectada y calentamiento solar del agua son tecnologías efectivas relevantes al nexo energía-agua, que reducen el uso de recursos basados en combustible fósil.</li> <li>• La confiabilidad técnica, el apoyo técnico al alcance, la sensibilización, la educación pública y los subsidios de los costos iniciales, mejoran las tasas de penetración de la tecnología.</li> <li>• Un financiamiento accesible, como la emisión de préstamos con tasas de interés razonables, resulta esencial para la adopción de tecnología.</li> <li>• Algunos instrumentos en materia de políticas, como los mandatos o la fijación correcta de precios para agua y energía, sirven de apoyo a un funcionamiento sustentable de los sistemas de agua y energía.</li> <li>• Las tecnologías de información y comunicación (TICs) pueden ser un medio efectivo de educación y permiten la recolección y distribución de datos importantes sobre recursos naturales.</li> </ul>
<p><b>Kenia/ Tanzania</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas a pedal</li> <li>• Bombas de viento</li> <li>• Bombas de ariete</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Las tecnologías de energía renovable pueden jugar un papel importante en la atención de desafíos vinculados a servicios hídricos en la región. Empleadas para el riego, estas tecnologías pueden resultar útiles para mejorar la seguridad alimentaria entre los pobres.</li> <li>• Comparadas con otras tecnologías para el bombeo de agua con energía renovable, las bombas a pedal están ampliamente difundidas. Esto se debe principalmente al bajo costo de las mismas; así, los usuarios de bajos ingresos pueden comprar los sistemas con sus ahorros o beneficios jubilatorios. No obstante, la vida útil de estas bombas a pedal es de seis años, mientras que para las bombas de ariete la vida útil es 40 años y las bombas de viento, 20 años.</li> <li>• Hay apoyo limitado por parte de los gobiernos para la promoción de la difusión de bombas a pedal, de viento y de ariete.</li> <li>• No hay un apoyo claro de las políticas para la difusión de tecnologías de energía renovable para servicios hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. Las políticas y estrategias existentes a nivel nacional principalmente van dirigidas a tecnologías de gran escala y proyectos nacionales de electrificación.</li> </ul>

<p><b>Namibia</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistemas solares fuera de la red para extracción de aguas subterráneas</li> <li>• Calentadores solares de agua y bombeo solar de agua</li> <li>• Sistema de suministro energético híbrido solar-diesel en Gobabeb y Tsumkwe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La región enfrenta una limitación crítica de recursos en términos de agua y energía. Las tecnologías de energía renovable para servicios hídricos podrían atender estas limitaciones en las zonas más vulnerables.</li> <li>• La introducción de estas tecnologías enfrenta numerosas barreras, tales como el alto costo de capital y falta de acceso a un financiamiento razonable. El apoyo de donantes externos crea dependencia y, por lo tanto, afecta la sustentabilidad de toda iniciativa.</li> <li>• Las barreras técnicas incluyen la falta de personal capacitado y la falta de emprendedores en el ámbito de la energía renovable.</li> <li>• Políticas gubernamentales inciertas, falta de apoyo de las políticas a las tecnologías de energía renovable, falta de capacidad institucional y de fe en las tecnologías por parte del gobierno, dificultan la difusión de estas tecnologías.</li> <li>• La falta de infraestructura, como por ejemplo, caminos, conexiones a la red, comunicaciones, etc., constituye un serio problema en las áreas más remotas.</li> <li>• La participación activa de la comunidad así como el liderazgo del gobierno local resultan fundamentales para el logro de un exitoso despliegue de tecnologías. Otros factores de éxito incluyen: buena planificación, gestión y educación.</li> </ul>
<p><b>Botsuana</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energía solar para extracción de agua subterránea en Ngamiland</li> </ul>	
<p><b>Mozambique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bombas de agua solares en Nampula y Zambezia</li> <li>• Bombas de agua solares en Maputo y Guro</li> </ul>	
<p><b>Sudáfrica</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Políticas y planificación en materia de agua y energía</li> </ul>	
<p><b>Lesoto</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estrategia de adaptación al clima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El país logró un éxito extraordinario con iniciativas a gran escala para el suministro de agua; sin embargo, los beneficios se distribuyeron en forma desigual. Sigue siendo problemático el tema del uso y derechos de la tierra.</li> </ul>

- Se recomiendan las siguientes medidas para aumentar la resiliencia al estrés vinculado al agua: estudio intensivo del terreno para la retención de agua de tormentas; tecnología para el suministro de agua y saneamiento; adopción general de tecnología de energía renovable; y educación ambiental.

Fuente: AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et al., 2011; King et al., 2011; Prasad et al., 2012

Los estudios de caso de alguna manera demuestran que cuando las tecnologías de energía renovable se adoptan en forma exitosa para los servicios de agua, se pueden observar impactos positivos:

- La energía se produce localmente, donde es consumida, y los usuarios son a la vez productores y propietarios de la tecnología. Esto tiene el potencial de aumentar la equidad y seguridad energética de una comunidad, y facilitar la difusión a través de un mayor sentido de propiedad. Dependiendo de energía importada constituye un peso económico enorme para los países en desarrollo y tiene implicaciones sobre su estabilidad económica y política; un peso similar es el de la producción de energía hacia afuera, que beneficia a las economías vecinas en crecimiento. El desarrollo de fuentes de energía tanto a escala local como nacional – si bien descentralizada – promete liberar recursos financieros para el desarrollo local y aumentar la seguridad energética nacional.
- Abordando la vulnerabilidad de la comunidad, su seguridad alimentaria, salud, educación y oportunidades comerciales, las tecnologías descentralizadas de energía renovable pueden ayudar a mitigar la migración rural-urbana y prevenir el reasentamiento en áreas en riesgo climático.
- Una red de producción de energía descentralizada es más resiliente ante la falla de nodos/conexiones locales ocasionada por acontecimientos drásticos vinculados al cambio climático.
- Existen indicaciones en cuanto a que es probable que el ciclo de agua vinculado a la producción de energía local se vea menos distorsionado.
- La mayor toma de conciencia de las comunidades marginadas en cuanto a sus derechos con respecto a los activos de producción, puede orientar las reformas en materia de políticas.
- Las tecnologías descentralizadas pueden ser administradas por las mismas redes sociales en que se apoyan las comunidades en su esfuerzo de adaptación a la variabilidad y cambio climáticos.

Así, los estudios de caso de África Oriental demuestran un aumento de la seguridad alimentaria y mejora en los modos de subsistencia entre los productores rurales pobres que emplean bombas a pedal (AFREPREN/FWD, 2012). En el sur de África, el estudio de caso con bombas de agua fotovoltaicas en la provincia de Maputo en Mozambique, muestra una mayor seguridad en el suministro de agua y una mayor resiliencia al cambio climático entre los beneficiarios (Prasad et al., 2012). El estudio de Argentina informa que desde los años ochenta la experiencia con el uso de sistemas de energía renovable para acceder al agua ha sido limitada con resultados variables. Sin embargo, el acceso a los servicios hídricos en los proyectos relacionados ha mejorado en general (Bravo et al., 2011). El informe de México indica que combinar sistemas de energía renovable y agua puede ser adecuado tanto en entornos urbanos como rurales, por ejemplo, con una serie de estrategias que aseguren co-beneficios tales como reducción de tarifas energéticas a través del calentamiento solar del agua y, al mismo tiempo, aumento de la disponibilidad de agua y reducción del riesgo de inundación a través de un sistema de cosecha difusa de agua de lluvia, conectado a los calentadores solares en las zonas urbanas (King et al., 2011).

Aún así, existen ciertas barreras que impiden la adopción tecnológica. Los investigadores que participan en los cuatro estudios plantean problemas similares relacionados con el despliegue de tecnologías de energía renovable para el suministro de agua, mientras destacan factores específicos de su contexto (Tabla 2). Si bien en cada informe que utilizan marcos analíticos diferentes, los factores identificados pueden agruparse en las siguientes categorías:

- Cuestiones técnicas;
- Factores físicos;
- Capacidad de mantenimiento y servicio;
- Aspectos financieros;
- Participación comunitaria;
- Aspectos sociales y culturales;
- Entorno institucional;
- Otros factores.

La tabla revela que no existe una importancia jerárquica clara en los factores destacados. Sin embargo, las barreras financieras y la falta de apoyo de las políticas se encuentran presentes de manera abrumadora en la medida que inciden en otros factores de la cadena de causalidad.

Resulta interesante ver que el estudio de África Oriental no coloca a las limitaciones culturales y sociales entre los factores importantes y solo le da un peso relativo a la falta de involucramiento de la comunidad, en contradicción parcial con la evidencia anecdótica proveniente de un gran número de proyectos de desarrollo en la región. Esto se debe en parte al hecho de que cuando los programas de desarrollo tecnológico reciben el apoyo de políticas que favorecen la disseminación del conocimiento y de contribuciones financieras que hacen posible el acceso a la tecnología, y existen asociaciones de apoyo entre actores públicos y no estatales para el fortalecimiento de capacidades, se pueden superar las barreras culturales con una muestra de ejemplos piloto exitosos.

En este sentido, las barreras culturales suelen no ser vistas como las principales causas de la falta de disseminación de tecnología, sino como reacciones a programas mal diseñados, a falta de información o limitaciones financieras.

Tabla 2. Principales problemas de difusión tecnológica en las regiones estudiadas

Principales problemas identificados	México	Argentina			África Oriental			África Austral		
		Neuquén	Catamarca	La Rioja	Kenia	Tanzania	Uganda	Namibia	Botsuana	Mozambique
Instalaciones inadecuadas y de mala calidad	++	+	++	–	+	++	+	++	+	+++
Limitaciones debidas a factores físicos	+	+++	+++	+++	++	+	+	+	n/a	++
Falta de capacidad de mantenimiento y reparación	+++	+	+++	–	++	++	+++	+++	+++	+++
Barreras financieras	+++	++	++	+++	++	+++	+++	+++	+++	+++
Falta de involucramiento comunitario	+++	+	+++	–	+	++	++	+++	+++	+++
Limitaciones culturales y sociales	+++	++	+++	+	+	+	+	+++	+	++
Falta de apoyo de políticas	+++	++	+++	+	+++	++	+++	+++	+++	+

+++ Importancia alta  
 ++ Importancia media  
 + Importancia baja

– No importante

n/a No disponible (no se menciona)

Fuente: Basado en consultas con los equipos de investigación

### ***Cuestiones técnicas***

La mala calidad de los sistemas y las instalaciones inadecuadas pueden llegar a impedir en forma significativa la adopción de las tecnologías estudiadas. Los cuatro equipos de investigación ponen énfasis en este factor como una barrera a una más amplia adopción de las tecnologías pertinentes. El estudio de caso sobre calentadores solares de agua en Ciudad de México es un ejemplo de ello (King et al., 2011). El despliegue inicial de los calentadores solares de agua fue infructuoso principalmente debido a la falta de estándares operativos y falta de experticia técnica que dieron lugar a instalaciones defectuosas y ausencia de servicios de reparación (Mallett, 2007). Recién a partir del momento en que la Comisión Mexicana de Energía lanzó su Programa para Promover el Calentamiento Solar del Agua (PROCALSOL) en el 2007, que aseguraba instalaciones de alta calidad mediante programas de capacitación y certificación y estándares estrictos de calidad, el nivel de aceptación mejoró de manera significativa. Este ejemplo muestra cómo las políticas y los programas públicos adecuados pueden superar las barreras tecnológicas y de conocimiento en algunos casos (King et al., 2011). El estudio de caso sobre pequeñas turbinas eólicas en Neuquén, Argentina, señala que la calidad de las turbinas de diferentes marcas no es uniforme y que los servicios técnicos post-venta son limitados (Bravo et al., 2011). Los estudios en África Austral también enfatizan la mala calidad de los sistemas, la falta de control de calidad y los estándares inadecuados como barreras técnicas apremiantes (Prasad et al., 2012). Del mismo modo, el informe de África Oriental indica que debido a la falta de estándares, la calidad no siempre es uniforme entre sistemas similares (AFREPREN/FWD, 2012).

### ***Factores físicos***

Los sistemas de energía renovable pueden presentar algunas limitaciones debido a factores físicos vinculados a la variabilidad climática. Por ejemplo, los investigadores del estudio en Argentina señalan que los sistemas de bombeo fotovoltaico no resultan adecuados para alta carga hidráulica y para demandas variables de agua (Bravo et al., 2011). Ya sea que se vinculen o no al cambio climático, la salinización, contaminación o baja del nivel de agua subterránea, es probable que afecte la disponibilidad de agua para los sistemas de suministro de agua, tanto renovables como no renovables. Las opciones tecnológicas, por lo general, quedan determinadas por lo que un número limitado de proveedores comerciales pueda ofrecer, independientemente del estudio de los factores físicos locales (Bravo et al., 2011). Aún cuando haya disponibilidad de una amplia gama de opciones, la elección va acompañada de un alto grado de incertidumbre debido a la falta de conocimiento con respecto al ciclo hidrológico local y con respecto al alcance, profundidad y naturaleza de los recursos hídricos subterráneos. En el caso de las bombas a pedal comercialmente disponibles hoy día en África Oriental, la tecnología funciona mejor en las áreas con niveles someros de agua subterránea, puesto que solo llega al agua en una profundidad de siete metros. Las sequías prolongadas pueden conducir a una caída en las tablas de agua subterránea, lo cual afecta directamente el desempeño de esta tecnología. Los costos de mantenimiento y sustitución pueden, por lo tanto, ser mucho más elevados de lo estimado inicialmente. Los investigadores subrayan que, si bien las tecnologías de energía renovable para servicios de agua son una importante opción de adaptación, el diseño de las tecnologías deberá tener en cuenta la creciente frecuencia y duración de las sequías (AFREPREN/FWD, 2012). En base a la lectura de los informes y otra literatura sobre el tema, si bien se han realizado esfuerzos sistemáticos para comprender la sustentabilidad económica y financiera

de la adopción de soluciones tecnológicas independientes, los estudios sobre la solidez de tales soluciones ante las condiciones ambientales variables, se han limitado a documentos técnicos y no se han encaminado aún a las intervenciones prácticas en materia de desarrollo y adaptación.

### ***Capacidad de mantenimiento y servicio***

Para mejorar la adopción de sistemas de energía renovable para el abastecimiento de agua, se debe fortalecer la capacidad de operación, mantenimiento y servicio de estas tecnologías. Como se ha destacado en el estudio de África Austral, las comunidades rurales carecen de personal capacitado para mantener y reparar los sistemas y terminan dependiendo de técnicos que viajan desde áreas urbanas distantes, lo cual demora la provisión de los servicios y aumenta los costos (Prasad et al., 2012). Una forma de remediar esta situación es generar capacidad tecnológica a nivel de la comunidad para que ella se haga cargo del mantenimiento y reparaciones, tal como se demuestra en el estudio de caso relativo a las bombas de agua fotovoltaicas en Maputo, Mozambique. La creación y capacitación de asociaciones artesanales en el proyecto del distrito Guro, en Mozambique, constituye un buen ejemplo para asegurar el desarrollo de las destrezas locales necesarias para el mantenimiento y reparación (UNICEF, 2010). El estudio de África Oriental también enfatiza que en comparación con los centros urbanos, las comunidades rurales tienen una carencia importante en cuanto a destrezas de instalación y mantenimiento. El mantenimiento de sistemas diseminados de pequeña escala, por ejemplo: bombas de agua eólicas, resulta especialmente problemático y se recomienda que se instalen varias en conjunto para poder así mejorar los servicios de mantenimiento. Del mismo modo, los casos de Argentina señalan una falta de capacidad a nivel del usuario y del instalador. El problema se ve agravado por la baja densidad de población y baja capacidad de remuneración. Los investigadores indican que existe más conocimiento local sobre mantenimiento de sistemas convencionales y, en comparación con estas tecnologías, los tiempos que insume el mantenimiento de sistemas de energía renovable son mucho más largos. Adicionalmente, indican que a la larga los sistemas aislados de bombeo de agua basados en energía renovable requieren más apoyo técnico y fortalecimiento de las capacidades a nivel de la comunidad que los sistemas diesel (Bravo et al., 2011). En el caso de los calentadores solares de agua en Ciudad de México, la promoción de programas de capacitación resultó fundamental para mejorar las tasas de difusión de la tecnología (King et al., 2011).

### ***Aspectos financieros***

Persisten las barreras financieras relacionadas con los altos costos iniciales de los sistemas de energía renovable así como la falta de financiamiento para los usuarios rurales pobres, que son quienes más necesitan esta tecnología. En los casos de bombeo fotovoltaico y bombeo eólico de pequeña escala en Argentina, el costo de la tecnología varía de muy bajo a medio. Es particularmente bajo para el bombeo fotovoltaico de agua y los pequeños productores rurales suelen no poder pagar estos sistemas. En estos proyectos debería involucrarse una institución financiera o un donante (Bravo et al., 2011). En África Oriental, una de las razones que explica la mayor diseminación de bombas a pedal, comparado con sistemas de bombeo basados en energía renovable, es su costo relativamente bajo (AFREPREN/FWD, 2012). Los productores pueden comprar bombas con sus ahorros personales o beneficios jubilatorios. Los investigadores también destacan una creciente dependencia de los bancos locales y las instituciones de

micro-financiamiento. El estudio de África Oriental menciona que debido a los esfuerzos de descentralización, especialmente en Kenia, los gobiernos locales pueden contribuir al financiamiento de tecnologías hídras basadas en energía renovable. En el caso de África Austral, el financiamiento por parte del gobierno es limitado para el caso de proyectos hídras basados en energía renovable y son los donantes externos quienes proveen financiamiento, situación que podría conducir a una dependencia y falta de sustentabilidad en el largo plazo. Como forma de recuperar los costos, algunos proyectos han comenzado a adoptar un sistema en el cual la comunidad ofrece contribuciones financieras para el mantenimiento (Prasad et al., 2012).

### ***Participación comunitaria***

La participación de la comunidad es otro factor del despliegue tecnológico que algunos equipos de investigadores resaltan. Por ejemplo, la investigación de África del Sur muestra que los proyectos exitosos son aquellos que cuentan con una comunidad activamente involucrada en su diseño y que muestran una clara ventaja económica que puede lograrse a través de inversiones razonables a nivel de la comunidad (Prasad et al., 2012). Según el informe de África Oriental muchos proyectos para bombeo de agua basados en energía renovable en países en desarrollo siguen fracasando porque no se toman en cuenta las necesidades y preferencias de las comunidades objetivo. En el caso de la tecnología que beneficia a una comunidad entera, por ejemplo con los sistemas eólicos de bombeo, será necesario crear una organización de base comunitaria para asegurar la gestión del sistema según los requerimientos comunitarios (AFREPREN/FWD, 2012). El estudio de Argentina señala la exclusión de los pobres de las zonas rurales a lo largo de todo el proceso decisorio como una de las barreras esenciales para el uso de energías renovables para el suministro de agua en zonas áridas y semi-áridas (Bravo et al., 2011).

### ***Aspectos sociales y culturales***

La aceptación cultural y social de las tecnologías en estudio es de suma importancia. Entre otros factores, una información y educación adecuadas acerca de los beneficios de la tecnología son medidas importantes para aumentar los niveles de aceptación por parte de los usuarios. El estudio de caso sobre calentadores solares de agua en Ciudad de México es un buen ejemplo (Mallett, 2007). La población local en general no percibió los beneficios ambientales y careció de información confiable acerca de la tecnología. Compró sistemas más baratos de calidad inferior lo cual hizo que se generara una mala reputación de la tecnología, independientemente de la calidad de las instalaciones individuales. Las campañas de sensibilización pública que ponían énfasis en una amplia gama de beneficios del sistema, más otras medidas que se discutieron anteriormente, permitieron incrementar los niveles de utilización de la tecnología (King et al., 2011). Ejemplos de África Austral, como el proyecto en Maputo, Mozambique, muestran cómo la falta de sensibilización y aceptación se plantea como un obstáculo significativo a la adopción de la tecnología (*Action Group for Renewable Energies and Sustainable Development*, 2007).

### ***Entorno institucional***

Los investigadores que se focalizaron en las regiones de África Oriental y Austral concluyen en que, si bien hay algunas señales de cambio, no existe un claro apoyo del ámbito de las políticas para el despliegue de tecnologías basadas en energía renovable para los servicios hídras (AFREPREN/FWD,

2012, Prasad et al., 2012). Las políticas existentes por lo general apuntan a tecnologías de energía convencional de gran escala. Los casos de África Austral en Botsuana, Namibia y Mozambique también ponen énfasis en que otra barrera es la falta de apoyo desde los ámbitos de políticas y de gobierno así como la falta de capacidad por parte del gobierno. Los estudios de caso destacan la importancia de tener liderazgo de los gobiernos locales en los proyectos. En Argentina, el marco institucional para la provisión y gestión de agua está muy fragmentado y su coordinación inter-institucional y sectorial es muy débil (Bravo et al., 2011). Asimismo, soporta el peso de que la gobernanza del agua es de naturaleza provincial, donde múltiples actores provinciales entran en conflicto por sus diferentes responsabilidades en las temáticas vinculadas al agua. El ejemplo de los calentadores solares de agua de Ciudad de México muestra cómo el programa PROCALSOL al proveer – entre otras medidas – el apoyo necesario en materia de políticas, por ejemplo, mediante un subsidio a los costos iniciales de compra, creó condiciones favorables para la difusión de la tecnología (King et al., 2011).

### **Otros factores**

Además de los temas planteados anteriormente, existen otros factores que también se presentan en algunos de los informes. La investigación de África Oriental hace hincapié en el papel de la mujer en la difusión de las tecnologías estudiadas. Por ejemplo, en el caso de las bombas a pedal, cerca del 70% de los usuarios de la tecnología son mujeres (Karekezi et al., 2005). Se destaca también que frecuentemente son las mujeres quienes se benefician de las tecnologías en los servicios hídricos. Los investigadores recomendaron que la capacitación debería estar dirigida a las mujeres para desarrollar las destrezas necesarias en lo referente a mantenimiento y servicio (AFREPREN/FWD, 2012). Otro aspecto mencionado por el estudio de África Oriental es el creciente costo de los combustibles fósiles y el costo decreciente de las tecnologías para provisión de agua que usan energía renovable. Es probable que ambas tendencias tengan un impacto positivo en la promoción de estas últimas tecnologías. La falta de infraestructura básica, como caminos y comunicaciones, es un aspecto que se resalta como barrera importante en el informe de África Austral; en particular, para las áreas remotas (Prasad et al., 2012).

En suma, los informes subrayan las oportunidades asociadas con el uso de tecnologías de energía renovable para servicios hídricos en el contexto de adaptación al cambio climático, siempre y cuando se garantice la calidad y confiabilidad de la tecnología y se tomen en cuenta las limitaciones técnicas, en particular las relacionadas a la creciente escasez de agua vinculada o no al cambio climático. Este factor es de particular importancia puesto que el desempeño de las tecnologías de energía renovable como el viento, agua y sol, usualmente se prueba y evalúa bajo la hipótesis de condiciones climáticas estáticas y sin tomar en cuenta la disponibilidad del agua propiamente dicha y estudios hidrogeológicos en cada sitio de implementación de proyecto.

Las tecnologías deben tener un costo accesible y ser social y culturalmente adecuadas para los usuarios. Resulta esencial adoptar planes de financiamiento, por ejemplo a través del micro-crédito, especialmente en el caso de usuarios rurales pobres que son quienes más necesitan las tecnologías en estudio. Sin embargo, los mecanismos de financiamiento podrían derivar consecuencias no intencionadas si se diseñaran en forma superficial. Por ejemplo, podrían aumentar la deuda si no contaran con el apoyo de programas de fortalecimiento de capacidades para los usuarios que intentan generar ingresos a partir de los nuevos servicios adoptados. Más aún, podrían ser interpretados por los usuarios como incentivos

para incrementar el uso del agua – vista como un bien público – de forma no sustentable, a través de la difusión de un cierto tipo de control directo sobre el recurso a nivel del hogar. Por último, y particularmente en África, las instituciones que proveen micro-financiamiento en muchos casos están sustituyendo a los bancos en su papel de promotores financieros del crecimiento económico. Esto resulta positivo en algunos casos, en la medida que la población más pobre ve un mayor acceso a los planes de financiamiento, pero en el caso de la promoción de tecnologías de energía renovable esto ha favorecido una situación donde las actividades financiadas no van más allá del plan piloto apoyado por una ONG o un donante.

La adopción de las tecnologías es totalmente dependiente de la generación de una adecuada capacidad de mantenimiento y servicio, de la mejora de infraestructura básica en las zonas rurales, del involucramiento de los miembros de la comunidad en los proyectos y de responder a las necesidades y preferencias locales. Es necesario el amplio apoyo institucional para la diseminación de las tecnologías a través de políticas y coordinación inter-institucional y sectorial. Además de ofrecer tecnologías específicas, una estrategia de adaptación al clima debería incluir la diversificación de fuentes de suministro de agua, aumento de instalaciones de depósito de agua y medidas para racionalizar el uso del recurso.

## FORMULACIÓN DE LA AGENDA DE INVESTIGACIÓN

Los informes (AFREPREN/FWD, 2012; Bravo et al., 2011; King et al., 2011; Prasad et al., 2012) reformularon de manera más circunstancial las preguntas de investigación contenidas en la propuesta inicial del IDRC, priorizando en cada región un sub-conjunto de las mismas. Se podría concluir que dichas preguntas siguen abiertas y que, tal como lo destacan los informes, se necesita una investigación más sustancial en el ámbito del nexo energía-agua-cambio climático a nivel de los países en desarrollo en las siguientes áreas:

- **Modelación y planificación en el nexo energía-agua.** Dada la escasez de datos en esta área, se hace necesario integrar la información geológica, geofísica e hidrológica actualmente fragmentada. El conocimiento de los recursos hídricos subterráneos, requerimientos hídricos y usos debe ser mejorado. Adicionalmente, se recomienda seguir desarrollando y aplicar en forma sistemática modelos que puedan cuantificar los flujos de energía-agua y las huellas, combinando las actividades económicas humanas y los flujos ecosistémicos particularmente en agricultura, y determinar cómo esos flujos pueden alterarse debido a cambios en las condiciones climáticas. Para fomentar el uso de dichos modelos, se deben emprender esfuerzos para fortalecer las capacidades institucionales a nivel de escala de país. Las herramientas más comunes empleadas para el análisis de sistemas de energía incluyen, por ejemplo, los modelos MESSAGE, MARKAL y LEAP. Un modelo comúnmente usado para la planificación de sistemas hídricos es el sistema de Evaluación y Planificación de Agua (Water Evaluation and Planning system o WEAP en inglés), y para escasez de agua y planificación de seguridad alimentaria, el Modelo Global de Diálogo en Políticas (Global Policy Dialogue Model o PODIUM en inglés) es de gran aceptación. No obstante, estos y otros modelos, carecen de datos y componentes metodológicos necesarios para realizar una evaluación integrada de políticas, especialmente donde estas pudieran resultar más necesarias a nivel de contexto de políticas en un país en desarrollo. Por lo general, se focalizan en

un recurso e ignoran las interconexiones con otros recursos, tienen representaciones espaciales demasiado simplificadas, no constituyen modelos aplicados al apoyo en la toma de decisiones a corto plazo, o analizan escenarios que son poco prácticos por su largo plazo. Por último, no permiten ajustar sus parámetros como para estudiar el impacto del cambio climático en el desempeño de las tecnologías de energía para los servicios hídricos.

- ***Desarrollo de un marco para analizar estudios de casos numerosos pero desconectados.*** Como se indicó anteriormente, la documentación sobre proyectos en energía renovable para servicios hídricos es incompleta y/o limitada. Se recomienda desarrollar un marco analítico que reúna el conocimiento fragmentado que se encuentra disponible sobre este tema. El marco debería incluir el análisis y ranking de los factores que limitan o propician las opciones de energía renovable para los servicios hídricos en las regiones sujetas a tensiones climáticas. Es importante también examinar la forma en que estas opciones favorecen un desarrollo inclusivo y reducen la vulnerabilidad. La voluntad de pagar por los servicios de agua y aguas residuales, el papel de los factores sociales y culturales, la economía de integrar energía renovable a servicios hídricos, la complejidad técnica y el papel del micro-financiamiento se encuentran entre los factores que deben explorarse más profundamente. Cómo subir de escala los proyectos en esta área y asegurar su sustentabilidad sigue siendo una pregunta vigente y un camino importante para la investigación futura.
- ***Relación entre mitigación y adaptación para un desarrollo sustentable.*** Sigue vigente la pregunta sobre el equilibrio óptimo entre mitigación y adaptación en el contexto de desarrollo sustentable, en particular, cuando se usan los recursos naturales y ambientales de manera competitiva, o involucran cambios de conducta y decisiones socio-económicas competitivos. Los programas encaminados a atender la pobreza energética rara vez incluyen consideraciones sobre adaptación al cambio climático, y solamente apuntan a políticas energéticas. Una situación similar se produce con los programas de mejor acceso al agua que solo apuntan a políticas vinculadas al agua. Las acciones de adaptación consideran las tecnologías de energía como una herramienta estática y no como parte del propio proceso de adaptación. Se requiere investigación adicional para explorar las implicaciones y gestionar los impactos que tiene el mejor acceso a la energía sobre el uso sustentable del agua, y el impacto de la incertidumbre relativa a la disponibilidad de agua sobre la producción de energía.
- ***Armonización entre políticas de agua y energía.*** Se necesita más investigación sobre formas innovadoras para combinar e implementar conjuntamente políticas de agua y energía que puedan reducir la vulnerabilidad ante las condiciones climáticas cambiantes, para implementar marcos reguladores y reglamentaciones de manera eficiente, para establecer una coordinación efectiva entre las instituciones relevantes que actualmente operan en forma aislada, y desarrollar procesos adecuados de presupuestación, puesta en marcha y evaluación en el área de agua, energía y cambio climático. Es importante identificar conflictos presentes y/o potenciales entre las políticas y reglamentaciones sobre agua y energía, y las formas de mitigarlos.

- **Huella hídrica y energética.** La literatura casi concuerda en que el sistema mundial de producción de alimentos genera huellas ambientales considerables y que la situación tiende a volverse preocupante a medida que la población mundial crezca en un 50% hacia el año 2050. Se requieren inversiones hoy para amortiguar los impactos negativos de la producción alimentaria sobre el medioambiente. Las inversiones que aumenten la productividad de agua y mejoren la eficiencia del uso de energía en la producción de cultivos, constituyen dos caminos para reducir la huella ambiental. Sin embargo, las iniciativas que promueven la difusión de energía renovable a menudo olvidan monitorear la manera en que este mejor acceso a la energía redistribuye la adjudicación de agua e impacta los patrones de uso de la misma; estas mismas iniciativas tampoco pueden complementar el acceso a la energía con intervenciones que fomenten el ahorro de agua y la conservación de los servicios ecosistémicos. De esta forma, corren el riesgo de reproducir a nivel individual y comunitario la falta de armonización que se ve a nivel de las políticas, ya que las personas con un mejor acceso local al agua – a través de sistemas descentralizados de energía – renuncian a ahorrar agua o seguir las recomendaciones para su gestión, aumentando así la huella hídrica de sus actividades económicas y de producción de alimentos. En este contexto, aún no resulta claro si muchos proyectos que se focalizan en la reducción de la pobreza energética –cuando resultan exitosos – tienen el potencial de ofrecer soluciones de adaptación buenas o malas en el largo plazo, debido principalmente a una mayor huella hídrica que resulta de una más amplia adopción de la tecnología.

Lo que emerge de los estudios es la necesidad de trabajar en paralelo en una serie de escalas ‘anidadas’, incluyendo una escala de más tiempo que revele cómo co-evolucionan las estrategias de aprendizaje de la adaptación y reducción de pobreza, y cómo cambian las conductas individuales y colectivas. Este enfoque permitiría visitar opciones anteriores en forma regular y ajustarlas sin la suposición de que un mejor acceso a la energía – aún cuando sea renovable – constituye *per se* una estrategia general de adaptación. En general, se recomienda una investigación orientada al problema, inter- y multidisciplinaria, tanto primaria como secundaria, para enfrentar la complejidad de los temas en el ámbito estudiado. Para que la investigación sea efectiva, es necesario reconciliar las diferencias de lenguaje de los investigadores y formuladores de políticas; asimismo, deberá establecerse una comunicación mejor y más continua entre ellos. Un camino posible podría ser la creación de centros de excelencia sobre transferencia de conocimiento directamente en los países en situación de tensión, y la promoción de una comunicación cruzada entre grandes iniciativas aisladas sobre mejora de acceso a energía, agua y adaptación, a nivel de donantes y gobiernos.

## IMPLICACIONES EN MATERIA DE POLÍTICAS<sup>2</sup>

Muchos países están desarrollando medidas para reducir la vulnerabilidad al cambio climático, para promover el acceso a la energía y el uso de tecnologías de energía renovable, y mejorar los servicios hídricos. En los países menos desarrollados, los documentos estratégicos sobre reducción de pobreza incluyen consideraciones sobre energía y agua que, por lo general, no han sido preparados por las

---

<sup>2</sup> Según AFREPREN/FWD (2012), Bravo et al. (2011), King et al. (2011), and Prasad et al. (2012).

mismas personas que trabajan en estrategias de adaptación, como el Programa de Acción de Adaptación Nacional o los Planes Nacionales de Adaptación.

Como lo indican todos los informes, las políticas de agua y energía suelen no formularse de manera integrada ni a la escala adecuada. Las actuales estructuras institucionales en muchos países en desarrollo están establecidas de tal manera que se hace muy difícil la necesaria coordinación, integración y comunicación horizontal. Por ejemplo, en el caso de Argentina, el marco institucional de la gestión y suministro del agua involucra a múltiples actores a diferentes niveles cuyas responsabilidades y funciones se superponen o no están claramente definidas. Esto genera una fuente de conflictos entre diferentes jurisdicciones y también entre usuarios que compiten, por ejemplo, en el caso de riego y generación hidroeléctrica. Los investigadores destacan que no hay mecanismos instalados para mitigar estos desacuerdos. En Sudáfrica, el análisis de la planificación nacional en el país muestra que no existe la integración de planificación de agua y energía en ninguno de los niveles de gobierno. En el caso de África Oriental, los investigadores caracterizan la arquitectura de las políticas de los países estudiados como “silos impenetrables”, donde es muy limitada la coordinación y comunicación entre los ministerios a cargo del agua y aquellos a cargo de la energía.

Los siguientes aspectos surgen como críticos al formularse políticas sobre agua-energía, particularmente en el contexto de la agricultura:

- Subsidiar los costos de energía para la provisión de agua es, en muchos casos, un arma de doble filo puesto que los productores rurales tienen pocos incentivos para limitar el bombeo. Las nuevas políticas deben ir acompañadas de sensibilización acerca de las consecuencias potenciales y deberían abordar todos los términos del sistema de uso energía-agua: en lugar de autorizárseles a usar más energía, se debería permitir a los productores usar menos agua para lograr resultados de rendimiento equivalente o incluso mejor. Esto puede lograrse reduciendo la dependencia del riego con recursos de agua subterránea a través de una mejor comunicación y uso de la información sobre clima y con políticas que promuevan técnicas agrícolas eficientes. Algunas de estas técnicas (riego inteligente vinculado al clima, agricultura de conservación, monitoreo de sanidad vegetal, monitoreo de niveles de humedad del suelo y nutrientes) pueden mejorarse con el uso de sistemas descentralizados de energía de muy pequeña escala y, por lo tanto, esta es un área donde los subsidios pueden ser fundamentales, en lugar de la anteriormente mencionada que se refería al simple bombeo del agua.
- El subsidio de tecnologías descentralizadas de energía renovable para el bombeo de agua puede tener impactos de huella hídrica similares a los observados en el caso de los subsidios otorgados para el uso de electricidad en la red eléctrica. En principio, incluso podría promover una total desregulación del consumo de agua. Por otro lado, las políticas que acompañan la difusión tecnológica con ahorro de agua y medidas de eficiencia podrían promover el sentido de propiedad a través del cual las comunidades podrían regular el uso de los recursos en forma autónoma.
- Las políticas deberían diseñarse teniendo en cuenta la equidad social. Esto parecería ser una consideración trivial, sin embargo, es altamente relevante para este informe ya que los vínculos entre la fijación de precio de la energía y las huellas de energía y agua subterránea y la equidad social son cuestiones complejas y muy discutidas. Por un lado, el prorrateo de las tarifas de energía eléctrica que

incluyan costos marginales positivos por el bombeo podrían reducir la huella ambiental al promover un uso más eficiente del agua subterránea. Por otro lado, los niveles de tarifas para incidir en la demanda podrían reducir el bienestar social neto como resultado de: reducción de la demanda de electricidad y agua subterránea; los productores individuales serían capaces de generar superávits netos más bajos de sus cultivos; y una presión ascendente en el precio de los alimentos que impactaría los modos de vida y la seguridad alimentaria de millones de personas.

- La promoción de tecnologías descentralizadas de energía renovable no debería procurarse como una estrategia *per se*, sino siempre conjuntamente con planes que fomenten un uso más eficiente de los recursos hídricos y la reducción de la huella hídrica en la producción de alimentos.

En todos estos casos, los informes ponen énfasis en que los gobiernos deben volverse más sensibles a los temas relacionados al nexo energía-agua-cambio climático y que la investigación jugará un papel importante en este sentido. La voluntad política y un marco facilitador serán fundamentales para desarrollar las políticas y estrategias necesarias, asegurar el compromiso de las instituciones participantes y el esfuerzo colaborativo requerido para diseñar, poner en marcha y ofrecer un seguimiento de largo plazo de las estrategias y reglamentaciones adecuadas. Será conveniente discutir en profundidad los papeles y responsabilidades que deberán asumir los diferentes actores en la promoción de las intervenciones pertinentes. Asimismo, es importante explorar los tipos de asociaciones que se promueven en el ámbito energía-agua-cambio climático y determinar cuáles y por qué parecen ser más efectivas en la promoción de la formulación e implementación de políticas en este campo. La investigación también tiene carencias en cuanto a integrar extensos programas de reducción de la pobreza y medidas de adaptación y en cómo los resultados de la investigación sobre adaptación pueden incidir en la opción de estos programas y las inversiones correspondientes.

## CONCLUSIONES

En el contexto de una creciente escasez de agua, falta de acceso a energía limpia y vulnerabilidad ante el cambio climático en los países en desarrollo, los informes de evaluación en profundidad y los estudios de caso preparados por los equipos interdisciplinarios de investigación en América Latina, África Austral y África Oriental, ofrecen una clave importante para avanzar la investigación que pueda incidir en materia de políticas en el área emergente del nexo energía-agua-cambio climático en los países en desarrollo mediante 1) determinación de oportunidades, impactos y desafíos relativos al uso de tecnologías descentralizadas de energía renovable para servicios hídricos, de modo de ayudar a las comunidades a adaptarse a la variabilidad del clima y al cambio climático; 2) comprensión del papel del ámbito político-regulatorio en la promoción de estas soluciones; 3) identificación de áreas y preguntas clave para la investigación futura; y 4) discusión de las implicaciones en materia de políticas.

Se requiere investigación adicional para comprender mejor los factores de difusión de las tecnologías descentralizadas de energía renovable para servicios hídricos en el contexto del cambio climático y la relación entre estos factores. Se debe hacer mucho más en términos de la evaluación de los impactos de estas soluciones sobre las comunidades, en particular, en el sentido de incrementar la resiliencia comunitaria y su capacidad de adaptación a la variabilidad climática y cambio climático. Será necesario continuar el desarrollo de metodologías a través de la formulación de marcos analíticos en

común y la elaboración de fundamentos conceptuales. La investigación además deberá tomar en cuenta el papel de otros actores y asociaciones específicos en la promoción de cambios a nivel de políticas en esta área. En este campo se propicia un tipo de investigación longitudinal, orientada al problema, inter- y multidisciplinaria.

## ANEXO 1

### Lista de expertos consultados por el Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo, durante la preparación del informe

Arthur, Fatima	Electricidade De Mocambique E.P., Mozambique
Cuamba, Boaventura	Energy Physics Group, Eduardo Mondlane University, Mozambique
Hughes, Alison	Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica
Ngceba, Thembelani	Water Superintendent, Elundini Municipality, Eastern Cape, Sudáfrica
Gashi, Khaya	Gestor Municipal, Municipalidad de Elundini, Eastern Cape, Sudáfrica
Ginster, Martin	SASOL, Sudáfrica
Klinterberg, Patrik	Desert Research Foundation, Windhoek, Namibia
Letete, Thapelo	Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica
Moseki, Chris	Water Research Commission, Sudáfrica
Paulo, Julieta Felicidade	Rural Water Department, Mozambique
Reinecke, Josh	Estudiante Maestría, Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo
Rozani, Luyanda	Superintendente en Electricidad, Municipalidad de Elundini, Eastern Cape, Sudáfrica
Schulze, Roland	University of KwaZulu-Natal, Pietermaritzburg Campus, Sudáfrica
Schultz, Robert	Coordinador del Proyecto de EnergíaTsumkwe para Desert Research Foundation, Namibia
Scott, Kirsten	Universidad de Ciudad del Cabo, Unidad de Evaluación Ambiental
Sparks, Debbie	Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica
Stewart, Theo	Departamento de Estadísticas, Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica
Swatuk, Larry	School of Environment Enterprise and Development, Universidad de Waterloo
Trollip, Hilton	Ciudad del Cabo, Sudáfrica
van der Merwe, Steyn	Anterior gestor del Nelson Mandela Bay Municipal Renewable Energy Project
Ward, Sarah	Ciudad del Cabo, Sudáfrica
Winkler, Harald	Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo, Sudáfrica

## REFERENCIAS

Action Group for Renewable Energies and Sustainable Development. (2007). *Clean Energy and Water Project in Mozambique. Business Plan*. Citado en Prasad, G., Boulle, M., Boyd, A., Rahlao, S., Wlokas, H., & Yaholnitsky, I. (2012). *Energy, water and climate change in Southern Africa: What are the issues that need further investment and research?* Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

AFREPREN/FWD. (2012). *Clean energy and water: An assessment for services for adaptation to climate change; final assessment report*. AFREPREN/FWD. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

Bohannon, J. (2010). The Nile Delta's Sinking Future. *Science*, 327(5972), 1444-1447.

Bravo, G., Girardin, O., Gortari, S., Lallana, F., & Nadal, G. (2011). *Clean Energy and Water: an Assessment of Services for Adaptation to Climate Change – Final Report*. Fundación Bariloche. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

Karekezi S., Kimani J., Wambille, A., Balla, P., Magessa, F., Kithyoma, W., & Ochieng, X. (2005). *The Potential Contribution of Non Electrical Renewable Energy Technologies (RETS) to Poverty Reduction in East Africa*. Nairobi, Kenia: AFREPREN/FWD. Citado en AFREPREN/FWD. (2012). *Clean energy and water: An assessment for services for adaptation to climate change; final assessment report*. AFREPREN/FWD. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

King, C.W., Twomey, K. M., Stillwell, A. S., & Webber, M. E. (2011). *Clean energy and water: assessment of Mexico for improved water services with renewable energy*. Universidad de Texas en Austin. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

Mallett, A. (2007). Social acceptance of renewable energy innovations: The role of technology cooperation in urban Mexico. *Energy Policy*, 35, 2790-2798. Citado en King, C.W., Twomey, K. M., Stillwell, A. S., & Webber, M. E. (2011). *Clean energy and water: assessment of Mexico for improved water services with renewable energy*. Universidad de Texas en Austin. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

Mulitza, S., Heslop, D., Pittauerova, D., Fischer, H. W., Meyer, I., Stuu, J. B., Zabel, M., Mollenhauer, G., Collins, J. A., Kuhnert, H., & Schulz, M. (2010). Increase in African dust flux at the onset of commercial agriculture in the Sahel region. *Nature*, 466, 226-228.

Nadal, G., & Bravo G. (2010). Bioenergy for rural development and poverty alleviation, Fundación Bariloche/GNESD.

Olsson, G. (2011) *Water and Energy Nexus*, in *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Nueva York: Springer.

O'Reilly, C. M., Alin S. R., Plisnier, P. -D., Cohen, A S., & McKee, B. A. (2003). Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa, *Nature*, 424, 766-768.

Painuly, J P. (2001). Barriers to renewable energy penetration: A framework for analysis. *Renewable Energy*, 24(1), 73-89.

Practical Action. (2012). *Poor people's energy outlook 2012 report*. Rugby, Reino Unido: Practical Action Publishing.

Prasad, G., Boulle, M., Boyd, A., Rahlao, S., Wlokas, H., & Yaholnitsky, I. (2012). *Energy, water and climate change in Southern Africa: What are the issues that need further investment and research?* Energy Research Centre, Universidad de Ciudad del Cabo. Informe preparado como parte del Proyecto IDRC 106298 "Clean Energy and Water: An Assessment of Services for Local Adaptation to Climate Change".

Scott, C. A., Pierce, S. A., Pasqualetti, M. J., Jones, A.L. Burrell, Montz, E., & Hoover, J. H. (2011). Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy*, 39(10), 6622-6630.

Searchinger, T., Heimlich, R., Houghton, R. A., Dong, F., Elobeid, A., Fabiosa, J., Tokgoz, S., Hayes, D., Yu., T. -H. (2008). Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change. *Science*, 319(5867), 1238-1240.

Siddiqi, A., & Anadon, L. D. 2011. The water–energy nexus in Middle East and North Africa, *Energy Policy*, 39(8), 4529-4540.

Verburg, P., Hecky, R. E., & Kling, H. (2003). Ecological Consequences of a Century of Warming in Lake Tanganyika. *Science*, 301(5632), 505-507.

Voinov, A., & Cardwell, H. (2009). The Energy-Water Nexus: why should we care? *Journal of Contemporary Water Research & Education*, 143(1), 17-29.

UNDP/WHO. (2009). *The Energy Access Situation in Developing countries*. PNUD, Nueva York y OMS, Ginebra.

UNICEF. (2010). *Sustainability of water supply infrastructures: A good practice from Guro district in central Mozambique*. Obtenido el 5 de junio de 2012 en <http://www.unicef.org/mozambique/Good Practice - Sustainability of Rural WASH Infrastructures %28WASH%29 %2820 02 20110%29.FINAL AH.pdf>

United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). 2011. Informe Humanitario sobre Sequía en África Oriental, No. 3. Obtenido el 5 de junio de 2012 en <http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/OCHA%20Eastern%20Africa%20Humanitarian%20Report%20No.%203%20-%20Drought%20May%202011%20FINAL.pdf>

World Energy Council. (2010). *Water for Energy*. Londres, Reino Unido: WEC.