
Autores: David Sabogal^a Guillermo Carlos^b Bram Willems^c

Contribuciones: Martha del Castillo^b, Sonja Bleeker^c,
Francisco Meza^d, Helen Bellfield^a, Cesar Rengifo^b, Teddi Peñarrera^b

Palabras clave: Nexo, seguridad, resiliencia, servicios ecosistémicos forestales,
gobernanza, Tarapoto, Perú, Amazonia

El nexo agua-energía-alimentos en paisajes urbano-Amazónicos: un estudio de caso de Tarapoto y la microcuenca del río Cumbaza, Perú

Abstract

En Tarapoto, la tercera ciudad más grande de la Amazonía peruana, ubicada en la microcuenca del río Cumbaza, la degradación ambiental y el cambio climático generan múltiples riesgos en los procesos de urbanización y desarrollo económico local. El análisis del nexo agua-energía-alimentos, visibiliza las interdependencias entre la seguridad hídrica, energética y alimentaria, y las dinámicas socio-ecológicas subyacentes, para los diferentes sectores y actores urbano-rurales de la microcuenca. Los resultados evidencian el papel clave de los servicios ecosistémicos forestales para sustentar este nexo de

a. Global Canopy, 3 Frewin Chambers, Frewin Court, OX13HZ, Oxford. d.sabogal@globalcanopy.org

b. Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta, Jirón Ulises Reátegui 417, Tarapoto, San Martín, Perú g.carlos@cedisa.org

c. Centro de Competencias del Agua, Jr. Francisco Bolognesi 150 A, 303, San Miguel, Lima, Perú bwillems@cca.org.pe

d. Centro Interdisciplinario de Cambio Global. Departamento de Ecosistemas y Medioambiente - Pontificia Universidad Católica de Chile, Avda. Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile fmeza@uc.cl

seguridades, y la importancia de priorizar la restauración y conservación de los bosques tropicales como parte de estrategias de mitigación de riesgos y para fortalecer la resiliencia urbana y rural al cambio climático. En este sentido, se discuten las oportunidades en torno de políticas de infraestructura verde existentes y los requerimientos más amplios de gobernanza del nexo. Por último, se resalta la utilidad y contribuciones del enfoque de nexo para generar un mejor entendimiento sobre las dimensiones de seguridad y riesgos diferenciados para desarrollar respuestas integradas, y orientar trayectorias coherentes hacia el desarrollo resiliente en paisajes urbanos-Amazónicos.

Introducción

La urbanización acelerada y no planificada en la región Amazónica, impulsada por flujos migratorios, la expansión agrícola y el desarrollo de infraestructura, generan presiones crecientes sobre los bosques tropicales (Geist y Lambin 2012; Padoch y otros, 2008). Aunados al cambio climático y a los fenómenos climáticos extremos, estos procesos impactan cada vez más sobre los servicios ecosistémicos forestales, tales como la regulación hídrica y prevención de erosión, que son esenciales para alcanzar la seguridad hídrica, energética y alimentaria, y para garantizar la prosperidad económica regional y el bienestar poblacional (Mardas y otros, 2013).

En las próximas décadas, se espera que las tendencias de desarrollo regional y políticas de integración al mercado continúen fomentando la urbanización y mayores demandas sobre los recursos naturales en la región (Romero 2012). En América Latina, se espera que la mayor parte del crecimiento urbano proyectado para el 2050 (del actual 80% al 90%) ocurrirá en ciudades pequeñas y medianas (UN-HABITAT, 2012), muchas de las cuales se encuentran en la región Amazónica.

La ciudad de Tarapoto, es un claro ejemplo de estas dinámicas. En las últimas décadas ha experimentado un crecimiento acelerado y a su vez desordenado, impulsado por desarrollo de infraestructura vial (la carretera Marginal), la migración interna

Andina-Amazónica y la expansión de la frontera agropecuaria (CEDISA, 2013). Entre 1977-2005, estos procesos han reducido en 58% la cobertura forestal de la microcuenca hidrográfica del río Cumbaza, en la cual se ubica Tarapoto (GIZ, 2016). Actualmente la capacidad de estos bosques en prestar servicios ecosistémicos claves está afectando la disponibilidad y calidad de recursos hídricos, obligando el racionamiento de agua potable para la población urbana y limitando la producción agrícola, la principal actividad económica en la microcuenca. Se estima que la población de la microcuenca, actualmente de 177 mil habitantes con el 92% urbana, alcance los 335,000 habitantes hacia el 2050, presentado mayores presiones sobre estos recursos (INEI, 2015). Las tendencias de incremento de temperaturas y ocurrencias de sequías y lluvias intensas en la región (Obregón, G. y otros, 2009; AIDSESEP, 2017) multiplicará la vulnerabilidad de la economía, industria, infraestructura y habitantes urbanos y rurales de la microcuenca.

El actual contexto de crecimiento urbano y riesgos climáticos emergentes pone de relieve la necesidad

de impulsar propuestas de desarrollo para fortalecer la resiliencia, la capacidad de los sistemas naturales y sociales para responder y recuperarse frente estas presiones e impactos (Lloyds, 2015; Stringer y otros, 2014; OCDE, 2014).

En este sentido, será clave un mejor entendimiento y contabilización de las interdependencias de ciudades y los vínculos con los entornos rurales y dinámicas biofísicas más amplias (UN-Habitat, 2017). Los procesos de urbanización generan nuevas formas de interacción entre ámbitos rurales y urbanos, flujos de personas, recursos y bienes cada vez más intensos, que requieren mejor conocimiento y modelos de gobernanza integrales (IFAD, 2015).

En respuesta a estas realidades y necesidades, el enfoque de nexo agua-energía-alimentos, al promover una mirada sistemática e integral de las complejas interdependencias y vulnerabilidades en la demanda, disponibilidad y acceso a recursos naturales para diferentes usuarios urbano-rurales e intereses sectoriales, puede proporcionar insumos claves para informar el desarrollo resiliente.

El enfoque de nexo surge en respuesta a los retos en alcanzar la seguridad hídrica, energética y alimentaria ante las crecientes presiones y competitividad sobre los recursos naturales (Hoff 2011; Bazilian y otros, 2011; Mohtar, 2012; Biggs y otros, 2015).¹

Los sistemas energéticos, hídricos y alimentarios son elementos clave dentro de los objetivos de desarrollo sostenible (SDG 2,6,7), sin embargo, suelen ser entendidos y tratados de forma aislada. El enfoque de nexo ayuda a vincular de forma conceptual este conjunto de elementos y prácticas de uso de recursos naturales, para así visibilizar y mejorar nuestro entendimiento sobre las complejas y dinámicas interrelaciones entre el agua, la energía y la alimentación. Estas interrelaciones presentan sinergias obvias, por ejemplo, en el uso de agua para generar energía hidroeléctrica, pero también competencias entre diferentes intereses y objetivos sectoriales, por ejemplo, entre el uso de agua para la producción de productos alimenticios y biocombustibles para energía.

Al reconocer estas dinámicas, el enfoque de nexo puede generar importantes insumos para informar la toma de decisiones en los procesos de diseño e implementación de políticas, y para identificar opciones viables que ayuden a promover una gestión coherente y el uso eficiente de los recursos naturales. A la medida que la demanda de agua, alimentos y energía crece, como consecuencia, entre otros, del crecimiento demográfico y urbano, y el desarrollo económico, y la oferta de estos recursos se ve afectada por el cambio climático o límites ambientales, tales aportes serán aspectos críticos para fortalecer trayectorias de desarrollo resilientes y sostenibles (Stringer et al. 2014; Wakeford et al. 2014; FAO 2014; Guijarro y Sánchez 2014).

A la luz de estas contribuciones, el objetivo de este estudio fue generar una base de evidencia sobre el nexo agua-energía-alimentos para identificar y co-desarrollar medidas de mitigación de riesgos y estrategias para mejorar la gobernanza de recursos naturales e incrementar la capacidad de resiliencia de Tarapoto y la microcuenca del Cumbaza.

1. Por ejemplo, el agua es clave para la producción agrícola y la generación de energía renovable. Sin embargo, el cambio de uso para agricultura puede afectar los recursos hídricos necesarios para la generación de hidroelectricidad mediante la deforestación y sedimentación.

Aplicación del enfoque de nexa

El enfoque de nexa reconoce que las diversas interacciones e interdependencias entre los objetivos de seguridad dependen estrechamente del entorno biofísico y de los servicios ecosistémicos naturales para generar y regular la base de recursos naturales. La infraestructura social (gobernanza y los procesos de gestión) y productiva física (ej. canales, sistemas de irrigación) por su parte son clave para la gestión y acceso a estos recursos que definirán esta seguridad (Figura 1).

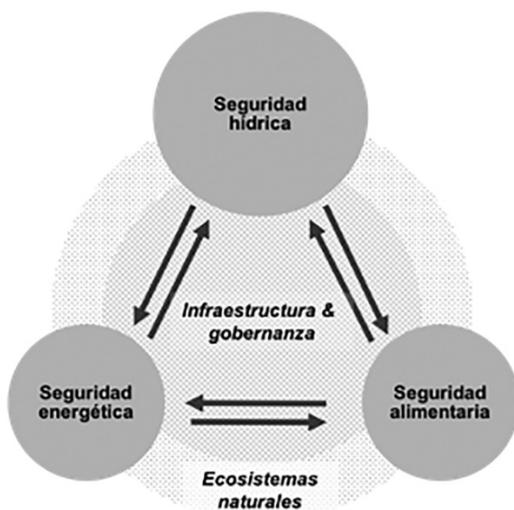


Figura 1. Visualización/conceptualización del nexa agua-energía-alimentos. Fuente: Elaboración propia

Para este estudio de caso, se analizaron y cuantificaron las interacciones entre los sistemas agua-energía-alimentos bajo diferentes escenarios de presiones socio-ecológicas (cambio climático y cambio de uso del suelo, crecimiento económico y poblacional).

La metodología adoptada para este análisis de nexa parte de procedimientos y diagramas conceptuales desarrollados por De Strasser y otros (2016), Meza y otros (2015) y Ferroukhi y otros (2015). El estudio comprendió cinco fases: (1) análisis participativo del nexa, (2) cuantificación del nexa (3) generación de escenarios y (4) análisis de gobernanza del nexa y (5) co-elaboración de respuestas de resiliencia.

El análisis de nexa fue realizado de forma participativa, involucrando una amplia gama de actores claves de la microcuenca (comunidades indígenas, gobiernos locales, productores y la sociedad civil), con un enfoque multidimensional (local-regional, rural-urbano) para generar un entendimiento amplio y diferenciado sobre actuales y futuros riesgos sobre la seguridad hídrica, energética y alimentaria en la microcuenca. Estos fueron identificados a través de un

mapeo de actores que evaluó su papel como: facilitadores, comunicadores y tomadores de decisiones en la gestión de los recursos hídricos, energéticos y alimentarios. Con dichos actores se conformó un grupo de trabajo técnico para seguir de cerca el estudio. Se realizaron talleres de capacitación sobre el concepto de nexo, donde se desarrollaron esquemas conceptuales de las interacciones clave entre los componentes del nexo para la microcuenca. Así también discusiones sobre actuales dinámicas de uso de recursos y perspectivas de seguridad y riesgos al nivel local-regional, rural-urbano y por género.

La cuantificación del nexo considera las principales dimensiones de seguridad hídrica, energética y alimentaria: utilización, accesibilidad y disponibilidad² (Ferroukhi y otros, 2015; UNECE, 2015; FAO, 2014; Bizikova y otros, 2013; Ortiz y otros, 2013; Carletto y otros, 2013; Martchamadol y Kumar, 2012; Sovacool y Mukherjee, 2011; Krut y otros, 2009; Milman y Short, 2008). Realizamos una revisión y sistematización

de información y datos secundarios, y complementamos esta información y brechas de conocimiento (por ejemplo, sobre el consumo de agua y biomasa en el ámbito rural) con la recopilación de datos primarios por medio de discusiones en grupos y talleres participativos con comunidades indígenas. La cuantificación final se determinó en base a las interacciones prioritarias identificadas por el análisis participativo y por la disponibilidad o existencia de datos, el acceso a los datos y la uniformidad temporal y espacial de la información. Durante toda esta etapa se trabajó con el grupo de trabajo para consultar sobre datos disponibles y facilitar el acceso a estos datos, y para analizar, ajustar y validar los resultados de las cuantificaciones. Las interacciones cuantificadas fueron:

Agua-alimentos

1. Agua para consumo humano
2. Agua para la producción local de agricultura (riego)
3. Agua para la producción acuícola local

2. Es así, que entendemos que la disponibilidad es la cantidad física del componente de nexo destinada para usos y/o consumos de sectores específicos, la accesibilidad como la cantidad del componente de nexo al cual logran acceder determinados grupos de usuarios, y la utilización como la cantidad del recurso destinado a usos específicos asignados por el usuario final.

4. Agua para el procesamiento de alimentos industriales locales

Alimentos-Energía

1. Energía para importar productos procesados
2. Energía para la importación de productos agrícolas
3. Uso de hidrocarburos, biomasa y electricidad para la preparación de alimentos
4. Uso de electricidad para procesar alimentos
5. Energía para la preparación de alimentos
6. Uso de hidrocarburos para la producción local de alimentos

Energía-agua

1. Uso de electricidad para el proceso de obtención y / o distribución de agua potable.

Para comprender los futuros riesgos que presentan las presiones socio-ecológicas sobre los sistemas agua-energía-alimentos del nexa en la microcuenca, y cómo estas interacciones cambian, se desarrollaron distintos escenarios de demanda y oferta de recursos para el 2030, 2040 y 2050. Es-

tos escenarios consideran diferentes proyecciones del desarrollo económico regional, crecimiento poblacional, cambio de uso del suelo y variables climáticas obtenidas a partir de modelos de regresión lineal simple y lineal múltiple (ver anexo o Sabogal 2018). Se utilizaron esquemas cuantitativos y documentos resúmenes en reuniones y talleres participativos con los actores clave, para revisar y validar los escenarios, y analizar e identificar los distintos riesgos que presenta cada escenario para la seguridad hídrica, energética y alimentaria.

Los resultados de la cuantificación y escenarios sirvieron de base para informar, identificar y co-desarrollar medidas de mitigación de riesgos y actividades clave para la resiliencia de la microcuenca. En paralelo, se realizaron trabajos grupales y encuestas digitales con instituciones claves para identificar las diversas medidas (políticas, planes, proyectos, programas) de gestión y mitigación de riesgos, siendo implementadas y planificadas por las diversas instituciones en el ámbito de la microcuenca, con el objetivo de priorizar medidas, evaluar capacidades, limitaciones y cuellos de bote-

lla existentes e identificar estrategias viables para mejorar la gobernanza del nexo.

Dimensiones del nexo agua-energía-alimentos en Tarapoto y la microcuenca del Cumbaza

El análisis de nexo agua-energía-alimentos considera el uso, acceso y dis-

ponibilidad a estos recursos naturales como dimensiones clave de la seguridad. En el caso de la microcuenca del Cumbaza esta seguridad también varía entre actores y sectores, según el ámbito urbano o rural, y también el nivel y ubicación dentro de la microcuenca hidrográfica que varía entre 400 a 1100 metros sobre el nivel del mar. A continuación, presentamos estas dimensiones de seguridad hídrica, energética y alimentaria.

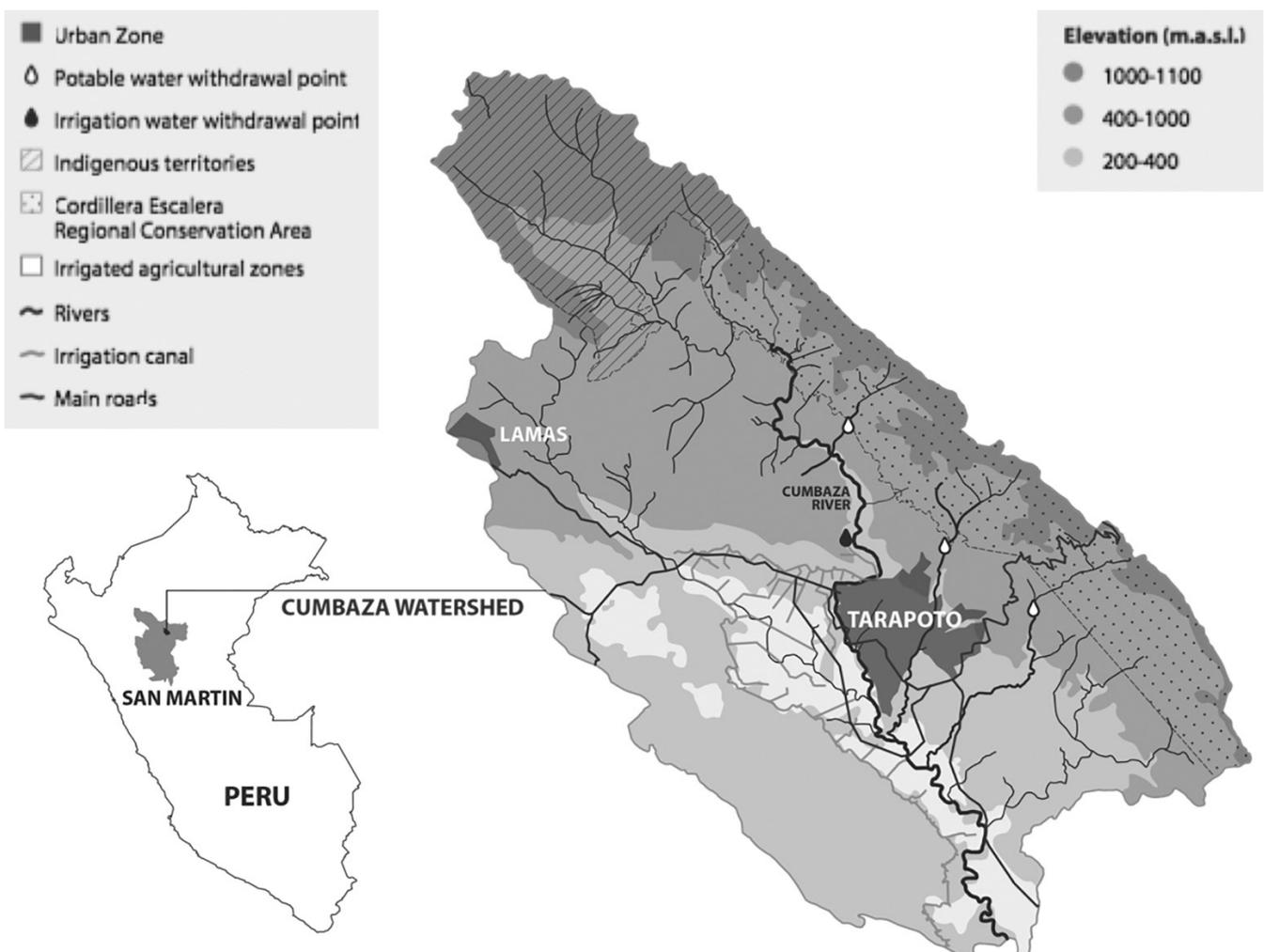


Figura 2. Uso del suelo en la microcuenca del río Cumbaza. Fuente: elaboración propia

Seguridad hídrica

Actualmente, se estima que un 85% de la superficie total de la microcuenca (57,120 hectáreas) está degradada (Alvarado y otros, 2007). Los bosques restantes, 8,500 hectáreas (15% de la microcuenca), y las principales fuentes hídricas - las cabeceras del río Cumbaza y sus afluentes (Ahashicayacu, Shilcayo, Ahuashiyacu y Cachi-yacu), se ubican en los territorios de comunidades indígenas Kechwa-Lamas de Alto Shambuyacu, Aviación, Chirikyacu, Chunchiwi, y dentro del Área de Conservación Regional Cordillera Escalera (ver Figura 2).

Este cambio de uso del suelo afecta directamente sobre la regulación hídrica y el control de la erosión³ de la microcuenca (Figura 3). La variabilidad de precipitaciones y el incremento en la frecuencia de crecidas repentinas implican un incremento de la carga de sedimentos en los ríos.

Para la población urbana de Tarapoto, mayores cargas de sedimentos en los afluentes de *Shilcayo*, *Cachiyacu* y *Ahuashiyacu*, las tres principales fuentes de agua para el abaste-

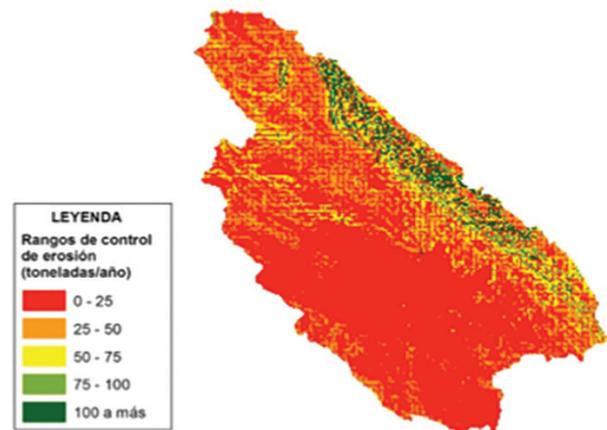


Figura 3. Control de la erosión en la microcuenca del Cumbaza (2016). Fuente: elaboración propia

cimiento de agua potable, limita la operación del sistema de tratamiento que administra la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EMAPA San Martín). Esto impacta directamente sobre el suministro y el acceso a agua potable de 40 mil usuarios urbanos, además de las actividades industriales, comerciales y servicios en Tarapoto.

Considerando las tendencias históricas de cambio de uso del suelo, con una tasa de deforestación al año, y la demanda hídrica vinculada al crecimiento poblacional (3.55% al año), se espera presiones adicionales para el futuro suministro de agua, además de un incremen-

3. El control de la erosión es producto del relieve topográfico, la precipitación y el estado de la cobertura vegetal.

to en costos operativos y consumo energético para su tratamiento. Tales tendencias resaltan la necesidad de reducciones en el consumo actual per cápita urbano en 30%, es decir, de 153 a 100 litros/habitante/día, y la necesidad de impulsar el uso eficiente del agua mediante programas de sensibilización y educacionales para la difusión de prácticas de cuidado del agua.

Por su parte, el sector agrícola en la parte baja de la cuenca⁴ cuenta con 3500 hectáreas de arroz bajo sistemas de riego y a ello se suma la reciente expansión de actividades de acuicultura (ver Figura 2). Los procesos de cambio de uso de suelo y variabilidad de precipitaciones vinculado al cambio climático también presentan impactos sobre la disponibilidad y acceso al agua. De un lado, existe una tendencia de reducción de caudales anuales en la serie histórica (1971 al 2016) para el Río Cumbaza, donde se ubica la bocatoma del canal de riego de la cual dependen estas actividades (ver Figura 2). Por otro lado, se observa un incremento en la frecuencia de caudales mí-

nimos y la escasez de agua durante los periodos de estiaje en los meses de mayo a septiembre. Durante estos meses, esta oferta reducida (entre 2 a 3 m³/s), juntamente con pérdidas de 50% en el sistema por el mal estado del canal de riego, no llega a cubrir la actual demanda de agua del sector (2.7 m³/s de caudal). Esto limita la producción de arroz y acuícola de la cual dependen directamente más de 4000 familias e indirectamente, aproximadamente entre 10-15% de la población en la microcuenca.

Según los escenarios de demanda hídrica para el sector agrícola, que considera proyecciones poblacionales y del PIB sectorial para la región de San Martín, la demanda total del río Cumbaza puede llegar a 151 millones m³/año al 2050, el doble del consumo actual que ya corresponde al 90% de la demanda total de agua en la microcuenca. Incluso con intervenciones inmediatas en la infraestructura gris para reducir pérdidas en la distribución e incrementar la capacidad de almacenamiento (tanques, reservorios) para riego durante época de estiaje, los escenarios de cre-

4. La producción de maíz, plátano, café y cacao por pequeños agricultores y comunidades indígenas en la parte media y alta de la cuenca se realiza sin riego y uso directo sobre estas fuentes de agua.

cimiento apuntan a la necesidad de promover mayor eficiencia en el uso de los recursos hídricos, por ejemplo, mediante la transición de arroz a sistemas mixtos agro-acuícolas.

Seguridad energética

En la microcuenca del Cumbaza, el 99% del consumo energético proviene de fuentes externas, de importaciones de hidrocarburos (gasolina, diésel, butano) y de plantas hidroeléctricas y termoeléctricas por medio del sistema de red eléctrica regional.

El 90% de las demandas totales de energía por año (o 50 millones de galones de combustibles) están vinculadas al transporte de productos agropecuarios y alimentos procesados desde otras regiones (p.ej., de Lima, Chiclayo, Yurimaguas) a mercados dentro de la microcuenca. El restante se destina al transporte y producción agrícola local (p.ej., uso de maquinaria), y para el procesamiento y preparación de productos alimenticios mediante el consumo de hidrocarburos, electricidad y butano (Figura 4).

La biomasa (leña y carbón) son las únicas fuentes de energía ge-

neradas en el ámbito de la microcuenca, de las cuales se consumen 45 millones de toneladas por año. El uso de leña para la preparación de comida se realiza en 94% de los hogares rurales, comparado a 29% en zonas urbanas. El consumo promedio es de 2.9 kg/habitante/día en viviendas rurales y 1.8 kg/hab./día en viviendas urbanas. Sin embargo, la mayor demanda de biomasa lo realizan las zonas urbanas, por presentar mayor población.

Dentro de los escenarios elaborados (*ver Tabla 1 en anexo*) se proyecta que la demanda por biomasa en la microcuenca puede llegar a duplicarse para el año 2050. Medidas, tales como incrementar el acceso a la red eléctrica y a estufas de leña eficientes (cocinas mejoradas) para la preparación de alimentos, serán importantes intervenciones para reducir las presiones sobre los recursos forestales. Para el 2050, también se espera un incremento de 61% en el consumo de energía vinculado al transporte y producción de productos agrícolas. Esta dependencia por insumo energéticos externos significa mayor vulnerabilidad frente a fluctuaciones de precios, cambios en políticas energé-

ticas, y fenómenos meteorológicos extremos que ya impactan la red de suministro y distribución energética, y la infraestructura vial de la cual depende en gran medida Tarapoto para

acceder a estos recursos energéticos. El desarrollo de fuentes alternativas de energía local será clave para reducir las dependencias a productos energéticos importados.

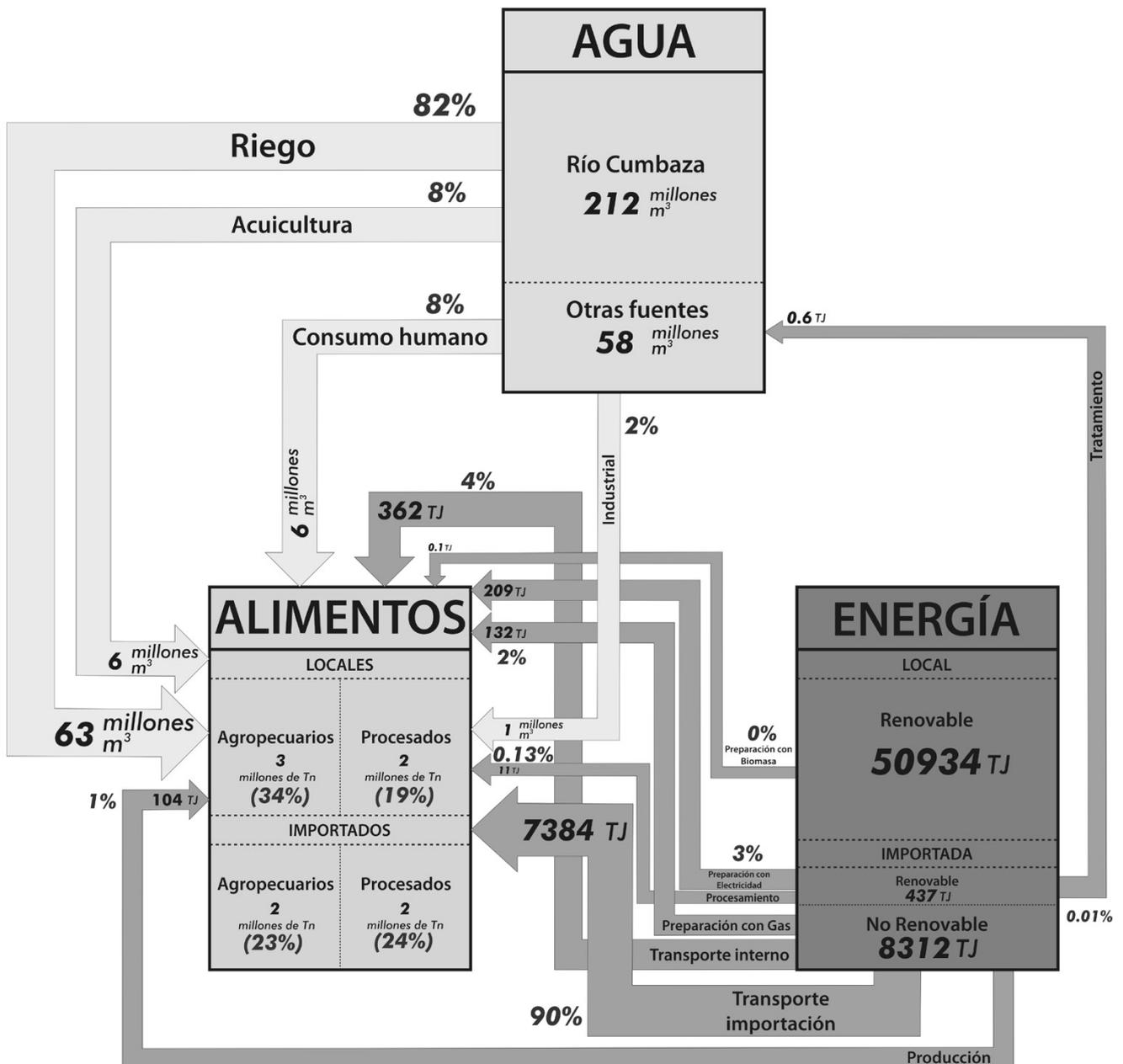


Figura 4. Cuantificación de la demanda y oferta de recursos agua (metros cúbicos, m³), energía (Tera joule, TJ) y alimentos (toneladas, TN) de 11 interacciones prioritarias en la microcuenca del Cumbaza (2016). Fuente: Elaboración propia

Seguridad alimentaria

Aproximadamente la mitad de los 9 millones de toneladas de alimentos (principalmente 64 productos⁵) consumidos en la microcuenca por año son importados. En zonas urbanas, el 57% de estos son productos procesados, frente a 34% en zonas rurales. Al 2050, se estima un aumento de 75% en la demanda de productos alimenticios, lo que requerirá un incremento de 61% de insumos energéticos para su transporte y producción.

Considerando los patrones de consumo urbano actuales, mayor demanda por productos procesados e importados, la seguridad alimentaria se determinada en gran parte por precios de mercado favorables y acceso a la red de infraestructura vial para el transporte y comercialización de estos productos.

Para las comunidades indígenas y pequeños productores periurbanos, estos factores de acceso y precios favorables también son importantes para los medios de vida locales que

dependen de la comercialización de productos como el maíz, plátano, cacao y café en los mercados locales de Tarapoto y Lamas. Los ingresos provenientes de la venta de estos cultivos se destinan para la compra de otros alimentos procesados, haciendo de estos cultivos comerciales una parte integral de estrategias de seguridad alimenticia.

Los cambios en los patrones de producción agrícola y el desplazamiento de sistemas de subsistencia (cultivos nativos, tradicionales) por cultivos comerciales (café, cacao), y nuevas demandas por productos tradicionales (p.ej., *majambo*⁶ y *metohuayo*⁷), resultado de la diversificación de la gastronomía urbana, además de interrupciones comerciales y pérdidas de productividad vinculadas a sequías y lluvias intensas (AIDSESP 2016); son factores para considerar dentro del desarrollo de estrategias de resiliencia en ámbitos rurales.

En este sentido, será importante reforzar la identidad local y diversidad de cultivos tradicionales (semi-

5. Carnes, cereales, frutas, hortalizas, menestras, tubérculos, pescados y mariscos, lácteos, aceites y grasas, harinas y productos de panadería, especias y sazonadores, huevos, agua y refrescos envasados.

6. *Theobroma subincanum* Martius

7. *Caryodrendon grandifolium* (M.Arg.) Pax. http://www.flacsoandes.edu.ec/web/imagesFTP/1286762289.Apuntes_01_Plantas_Alimenticias.pdf

llas, plantas medicinales) a través de grupos de mujeres. Los programas de educación y valoración de productos locales, prácticas alimenticias y consumo responsable al nivel urbano, y del sector turístico creciente, también serán clave para generar condiciones de desarrollo resilientes. Por último, debido a los procesos de integración al mercado y riesgos climáticos, la necesidad de impulsar seguros climáticos y precios acordados para pequeños productores de café y cacao serán importantes.

Hacia la resiliencia en paisajes urbano-Amazónicos

Los resultados de este análisis evidencian los riesgos que presenta la degradación ambiental y el cambio climático para los sistemas agua, energía y alimentos en la microcuenca, y las medidas que pueden mitigar estos riesgos y generar resiliencia frente a estas presiones.

En particular, se resalta el papel clave de los servicios ecosistémicos

forestales para garantizar servicios hídricos para consumo urbano y producción agrícola. Los escenarios de oferta hídrica elaborados para el Río Cumbaza y los afluentes de Shilcayo, Cachiyacu y Ahuashiyacu, demuestran una interrelación positiva entre el aumento de la cobertura boscosa en las cabeceras de la microcuenca y la regulación de los flujos hídricos, así como un mayor control de la erosión. Por ejemplo, el escenario que involucra el incremento de 2.5% al año de la cobertura boscosa (ESC1 de la Figura 5), demuestra una reducción en los caudales picos (comparado a aquellos escenarios donde se prevé deforestación (ESC2 y ESC4), lo que ayudaría a reducir las cargas de sedimentación en los ríos que actualmente condicionan el tratamiento de agua potable para consumo poblacional⁸.

Un incremento de la cobertura boscosa presenta oportunidades también para regular la oferta hídrica para el consumo agrícola en meses de estiaje, además de reducir los riesgos de las crecientes del río Cumbaza en zonas ribereñas e inundaciones

8. Para el caso del ESC1, la tendencia de disminución del caudal se debe al consumo de agua por estas especies forestales en el proceso de recuperación de bosques. Es necesario precisar que en aquellos escenarios donde se considera la deforestación (ESC2 y ESC4), la oferta hídrica se incrementa en el tiempo, dado que se afecta directamente la retención y regulación hídrica que realiza el bosque, por lo cual las precipitaciones generan mayor escorrentía que a escala anual significan incrementos en el volumen disponible.

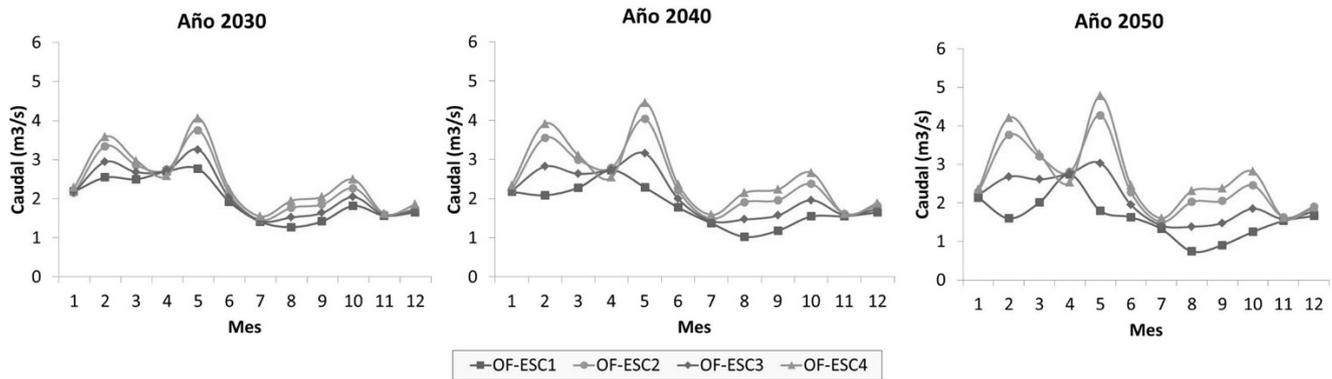


Figure 5. Escenarios de oferta hídrica (caudales mensuales de Shilcayo, Cachiyacu y Ahuashiyacu) para consumo poblacional, considerando variables temperatura y cobertura boscosa. Fuente: Elaboración propia

en zonas de depresión en Tarapoto (INDECI 2003). La protección de la faja marginal en zonas urbanas también contribuiría de forma positiva en mitigar estos impactos.

Para las comunidades indígenas y pequeños productores en las zonas rurales, los bosques forman una parte integral de las estrategias de seguridad alimentaria al proporcionar insumos alimenticios mediante la recolección de productos forestales no madereros, y como fundamento para los sistemas agroforestales de subsistencia y comerciales. Para las viviendas rurales y urbanas, los bosques generan recursos energéticos locales por medio de la provisión de leña para la preparación de alimentos. Más allá ofrecen la belleza escénica en la cual se centra el sector turístico,

un creciente motor económico al nivel local y regional.

La restauración de paisajes forestales tiene el potencial de generar importantes contribuciones para el nexa de seguridades, en la medida que sustenta los medios de vida existentes y considera criterios de beneficios múltiples. En este sentido, son compatibles los modelos de restauración por medio de sistemas agroforestales y silviculturales mediante el uso de especies nativas, de mayor poder calórico y rápido crecimiento para generar fuentes de biomasa o para fines de aprovechamiento comercial. Esta recuperación debe ser realizada por medio de los regímenes de gestión locales y en base a planes de vida e inversión de las comunidades nativas, considerando el empodera-

miento y participación local y grupos vulnerables (p.ej., de mujeres) en la implementación y monitoreo de estas actividades.

La recuperación de áreas forestales será una importante intervención para garantizar el funcionamiento cotidiano de zonas urbanas entregando los servicios básicos y las condiciones que permiten la producción, el consumo y el bienestar. Mejorar la conectividad funcional y espacial de los paisajes forestales será un requisito para aumentar los flujos servicios que proporcionan los ecosistemas para aumentar la resiliencia urbana (Shikha Ranjha, 2016).

El conjunto de iniciativas y políticas de financiación existentes en la microcuenca - por ejemplo los pagos condicionados para la conservación y monitoreo forestal del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación al Cambio Climático (PNCBCC) - los proyectos de inversión pública verde, el PIP Cumbaza (GIZ 2016) y los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos Hídricos, el MRSEH Cumbaza, para la restauración de los

servicios ecosistémicos mediante la reforestación y sistemas agroforestales, ofrecen oportunidades para impulsar la base de recursos forestales (la infraestructura verde) para fortalecer el desarrollo resiliente al cambio climático (Aspecto básico 8, UN-Habitat).

El régimen vigente del MRSEH Cumbaza, en el cual los arroceros (Junta de Usuarios)⁹ en la parte baja de la microcuenca retribuyen a las comunidades indígenas y pequeños productores por la conservación y prácticas agrícolas sostenibles, es un mecanismo que reconoce los medios de vida forestales y reúne diversos actores urbano-rurales e intereses sectoriales alrededor a temas transversales como el agua, y que permitirá, en el largo plazo, mantener y mejorar las fuentes de recursos hídrico, energéticos y alimentarios. Desarrollar estas sinergias y asociaciones urbano-rurales serán claves para diseñar y generar un desarrollo equitativo e integral de beneficios y seguridades.

La gobernanza, la coordinación institucional y procesos de conocimiento definirán en gran parte la

9. Dentro del marco de la Ley de Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos, también se contempla un mecanismo público (en proceso) que incorpora tarifas en el consumo de agua urbana de Tarapoto para la recuperación y mantenimiento de cabeceras.

efectividad de estos mecanismos y las medidas que implementen. Las plataformas de múltiples actores e interinstitucionales, tales como el Comité de Gestión de la Microcuenca del Cumbaza (CGMC) o las mancomunidades¹⁰ y comités de cuencas (del Mayo y Huallaga), serán fundamentales para garantizar una mejor coherencia y efectividad de implementación y gobernanza de políticas de infraestructura verde con otras intervenciones en ámbitos urbanos.

Tales plataformas pueden generar diálogos entre actores urbano-rurales y sectores económicos, los que son necesarios para identificar intereses comunes y sinergias para el cumplimiento de normas ambientales y, entre otros, instrumentos de planificación zonificación económica y ecológica. Serán importantes para articular y alinear las intervenciones al nivel ambiental y sectorial contempladas en este documento, bajo una clara visión de resiliencia climática, y para integrar actividades y financiamiento para optimizar los recursos y capacidades, evitando la duplicidad o superposición de inter-

venciones. Ofrecen también espacios para lograr compromisos y acuerdos para el intercambio y centralización de información y conocimiento para mejorar el monitoreo, y la integración de enfoques sistemáticos como el nexa agua-energía-alimentos dentro de los planes operativos institucionales y la planificación territorial de cuencas hidrográficas. Tales plataformas pueden también fomentar mejor representatividad de instituciones comunitarias, grupos vulnerables e impulsar consideraciones de género fundamentales para lograr procesos de toma de decisiones inclusivos y efectivos para la resiliencia.

Contribuciones del enfoque de nexa para el desarrollo resiliente

Al cuantificar escenarios actuales y futuros de oferta y demanda de los recursos agua, energía y alimentos, y analizar sus interacciones con los ecosistemas naturales y dinámicas climáticas regionales, este análisis de nexa permite identificar riesgos e

10. Mancomunidad de Municipalidades de la cuenca del río Cumbaza, Municipalidad Distrital de Morales, Municipalidad Distrital de La Banda de Shilcayo

informar la formulación de acciones de mitigación y estrategias de resiliencia a largo plazo para diferentes actores y sectores.

En el caso de la microcuenca del Cumbaza, ha sido posible identificar y cuantificar once interacciones clave del nexo agua-energía-alimentos, que sirven como línea de base para entender y monitorear cambios generados por políticas y medidas de gestión de recursos.

Se destaca también la importancia del análisis diferenciado para comprender diferentes demandas de recursos, distintas vulnerabilidades y dimensiones de seguridad y riesgos entre sectores, actores en ámbitos urbano-rurales, y entre el nivel local-regional. Este análisis permite orientar el diseño e implementación de acciones y respuestas diferenciadas para mejorar la gobernanza de recursos naturales. Esto será importante ya que existen diferentes dinámicas de uso del suelo y actividades que se realizan en los diferentes ámbitos de la microcuenca, y que serán importantes para desarrollar intervenciones aptas que atiendan a las realidades locales y necesidades de los diversos actores.

Además, este estudio ha generado avances metodológicos en la cuantificación y modelación del nexo que hasta la fecha no han sido realizados en el ámbito Amazónico. Sin embargo, es importante también resaltar las limitaciones de tal análisis cualitativo debido en gran medida a la carencia e inaccesibilidad de datos, y la falta de uniformidad temporal y espacial de los mismo. En muchos casos la información sobre indicadores de seguridad no está siendo registrada o se encuentra dispersa y desagregada entre múltiples fuentes. Para facilitar tal análisis, es recomendable trabajar de cerca con una gama de instituciones de forma participativa durante todo el proceso de cuantificación con la finalidad de identificar esta información y los vacíos que deben ser complementados mediante otros métodos, y también para tener mayor accesibilidad a los datos.

Lograr que los hallazgos de este análisis de nexo se integren en los procesos de planificación y toma de decisiones exige construir una comprensión y conciencia entre actores sobre la necesidad del enfoque y cubrir las brechas de capacidad existentes en gobiernos locales para traducir

riesgos de largo plazo en acciones inmediatas considerando los ciclos de gobernanza existentes.

En este sentido los procesos participativos y diálogos del nexa que involucran a una amplia gama de actores claves (comunidades indígenas, gobiernos locales, productores y la sociedad civil) son fundamentales para fomentar intercambios institucionales e intersectoriales, identificar intereses e intervenciones prioritarias y generar respuestas útiles y puntuales para el desarrollo de estrategias adecuadas en base a los diversos riesgos presentados. Los ciclos de retroalimentación han sido importantes para desarrollar la capacidad para comprender el concepto y resultados del análisis, crear conciencia sobre las interdependencias, y evaluar la relevancia y utilidad de este enfoque. También han servido para mostrar la utilidad de los resultados para la toma de decisiones y la gestión de recursos. En la medida que se avanzó, el estudio también ayudó a priorizar medidas y acciones para abordar las brechas de gobernanza. Los esfuerzos para reunir a los equipos técnicos de las diferentes instituciones también han ayudado a pro-

mover y fortalecer las interacciones entre las instituciones, a fin de poder articular la planificación interinstitucional entre los sectores que conforman el nexa. Por último, el proceso de agregar y estandarizar los resultados de la cuantificación y uso de esquemas visuales variados ha servido para permitir comparaciones y mejorar accesibilidad del enfoque.

Tales consideraciones serán clave para integrar el enfoque de nexa como parte de un repertorio más amplio de instrumentos de gobernanza para el desarrollo resiliente.

Conclusión

La resiliencia urbana parte de un reconocimiento de la naturaleza interconectada de las ciudades y los vínculos con los entornos rurales. En este estudio de caso de Tarapoto y la microcuenca del Cumbaza, se evidencia que la resiliencia urbana está estrechamente vinculada a los servicios ecosistémicos forestales de los cuales dependen en última instancia para garantizar la seguridad hídrica, energética y alimentaria para el desarrollo económico y bienestar social.

El fortalecimiento de estrategias y acuerdos entre actores e instituciones urbanos y rurales para la restauración forestal o infraestructura verde, para aumentar y mantener la capacidad a largo plazo de los bosques tropicales, será clave para aumentar la resiliencia frente a crecientes presiones poblacionales y climáticas en la región Amazónica.

Este estudio también resalta la utilidad y contribuciones del enfoque de nexos, y la importancia de procesos participativos dentro de tal análisis para generar un mejor entendimiento sobre las dimensiones de seguridad y riesgos diferenciados, que serán clave para desarrollar respuestas integradas y coherentes para desarrollo resiliente en paisajes urbanos-Amazónicos.

Bibliografía

AIDSESEP 2016. Plan de adaptación al cambio climático en la microcuenca del Cumbaza desde la visión y rol de las mujeres indígenas kechwa. Asociación Intereétnica de Desarrollo de la Selva Peruana. Disponible: <http://www.aidesepe.org.pe/wp-content/uploads/2015/06/PLAN-DE-ADAPTACIÓN-CUMBAZA.compressed.pdf>

Alvarado, J., Cerna, A., Montilla, R., & Flores, L. (2007). Evaluación y caracterización climática. Estudio temático, Meso Zonificación Ecológica Económica Subcuenca del Cumbaza, Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo-PEHCBM.

Bazilian, M., H. Rogner, M. Howells, S. Hermann, D. Arent, D. Gielen, P. Steduto, A. Mueller, P. Komor, R. S. J. Tol y K. K. Yumkella. 2011. Considering the energy, water and food nexus: Towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39 (12), pp.7896-7906.

- Biggs, E., Bruce, E., Boruff, B., Duncan, J., Horsley, J., Pauli, N., y otros. (2015). Sustainable development and the water-energy-food nexus: A perspective on livelihoods. *Environmental Science & Policy*, 54(2015), 389-397.
- Bizikova, L., Roy, D., Swanson, D., Venema, H., & McCandless, M. (2013). *The Water-Energy-Food Security Nexus: towards a practical planning and decision-support framework for landscape investment and risk management*. Reporte, International Institute for Sustainable Development (IISD).
- Bren D'Amour, C. B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B., Erb, K.-H., y otros. (2016). Future urban land expansion and implications for global croplands. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 1-6.
- Carletto, C., Zezza, A., & Banerjee, R. (2013). Towards better measurement of household food security: Harmonizing indicators and the role of household surveys. *Global Food Security*, 2(2013), 30-40.
- CEDISA 2013. Experiencias Agroforestales en el Cumbaza. Centro de Desarrollo e Investigación de la Selva Alta. Tarapoto: Peru. Disponible: http://www.cepes.org.pe/apc-aa/archivos-aa/a8799f3db81457e2c81aac97d67afe96/Publicacion_Cedisa.pdf
- CEDISA 2014. Mecanismo de retribución por servicios ecosistémicos hídricos en la subcuenca del río cumbaza, región san Martín http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00KXK6.pdf
- Daher, B., & Mohtar, R. (2015). Water-energy-food (WEF) Nexus Tool 2.0: guiding integrative resource planning and decision-making. *Water International*, 1-24.
- De Strasser, L., Lipponen, A., Howells, M., Stec, S., & Bréthaut, C. (2016). A Methodology to Assess the Water Energy Food Ecosystems Nexus in Transboundary River Basins. *Water*, 8(59), 1-28.
- Endo, A., Burnett, K., Orencio, P., Kumazawa, T., Wada, C., Ishii, A., Taniguchi, M. (2015). Methods of the Water-Energy-Food Nexus. *Water*, 2015(7), 5806-5828.

- FAO. (2014). *El nexo Agua-Energía-Alimentos Un nuevo enfoque en respaldo de la seguridad alimentaria y de una agricultura sostenible*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Ferroukhi, R., Nagpal, D., Lopez-Peña, A., Hodges, T., Mohtar, R., Daher, B., y otros. (2015). *Renewable energy in the water, energy and food nexus*. Abu Dhabi: International Renewable Energy Agency (IRENA).
- Guijarro, A. y E. Sánchez (2015). El nexo agua-alimentación-energía en el marco de la agenda post 2015. ONGAWA. Recuperado 2 de mayo de 2018: http://www.manosunidas.org/sites/default/files/nexo-agua-alimentacion-energia_ongawa_ok.pdf
- Geist, H. y E. Lambin. 2002. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation. *Bioscience*, 52(2): pp.143-150;
- GIZ. (Junio de 2016). Proyectos verdes: la experiencia en el Cumbaza. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de <http://www.proambiente.org.pe/umwelt/recursos/publicaciones/HISTORIAS-cumbaza-VF2.pdf>
- INEI. (2015). Perú: Estimaciones y proyecciones de población por sexo, según Departamento, Provincia y Distrito, 2000-2015: <http://proyectos.inei.gob.pe/web/biblioineipub/bancopub/Est/Lib0842/index.htm>
- IFAD. 2015. Leveraging the rural-urban nexus for development. Post-2015 Policy Brief 1, International Fund for Agricultural Development: Rome, Italy. <https://www.ifad.org/documents/10180/1067913d-6bec-4057-9ca9-23bc2fefe910>
- Instituto nacional de Defensa Civil. Mapa de peligros de las ciudades de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo. Informe Final. Proyecto PNUD PER / 02/ 051 Ciudades Sostenibles http://bvpad.indeci.gob.pe/doc/estudios_CS/Region_San_Martin/san_martin/tarapoto_otros.pdf
- Kruyt, B., Van Vuuren, D., De Vries, H., & Groenenberg, H. (2009). Indicators for energy security. *Energy Policy*, 37(2009), 2166-2181.

- Lloyd's Register Foundation. 2015. Foresight review of resilience engineering: Design for the expected and unexpected. Report Series No. 2015.2
- Lucena, A., Schaeffer, R., Szklo, A., Soria, R., & Chavez, M. (2013). *Energy Security in Amazonia a report for the Amazonia Security Agenda Project*. Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture, Amazonia Security Agenda Project.
- Mardas, N., Bell eld, H., Jarvis, A., Navarrete, C. & Comberti, C. 2013 Amazonia Security Agenda: Summary of Findings and Initial Recommendations. Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture http://segamazonia.org/sites/default/files/amazonia_security_agenda.pdf
- Martchamadol, J., & Kumar, S. (2012). Thailand's energy security indicators. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(2012), 6103-6122.
- Meza, F., Vicuna, S., Gironás, J., Poblete, D., Suárez, F., & Oertel, M. (2015). Water-food-energy nexus in Chile: the challenges due to global change in different regional contexts. *Water International*, 40(5-6), 839-855.
- Milman, A., & Short, A. (2008). Incorporating resilience into sustainability indicators: An example for the urban water sector. *Global Environmental Change*, 18(2008), 758-767.
- Mohtar, R., & Daher, B. (2012). *Water, Energy, and Food: The Ultimate Nexus*. Recuperado el 2016 de Diciembre de 10, de http://wefnexus.tamu.edu/files/2015/01/Mohtar-Daher_Water-Energy-and-Food-The-Ultimate-Nexus.pdf
- Nasi, Robert. To protect the world's forests, we must start with its cities. CI-FOR (Center for International Forestry Research) Wednesday, 21 March 2018 09:48 GMT <http://news.trust.org/item/20180321045738-znbqp>
- Ortiz, R., Nowak, A., Lavado, A., & Parker, L. (2013). *Food security in Amazonia a report for the Amazonia Security Agenda Project*. Global Canopy Programme and

International Center for Tropical Agriculture, Amazonia Security Agenda Project.

Padoch, C., E. Brondizio, S. Costa, M. Pinedo-Vasquez, R. R. Sears, y A. Siqueira. 2008. Urban forest and rural cities: multi-sited households, consumption patterns, and forest resources in Amazonia. *Ecology and Society*13(2): 2. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol13/iss2/art2/>

Ringler, C., Bhaduri, A., & Lawford, R. (2013). The nexus across water, energy, land and food (WELF): potential for improved resource use efficiency? *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(6), 617-624.

Romero, S. 2012. Swallowing Rain Forest, Cities Surge in Amazon. NOV. 24, 2012. The New York Times. <https://www.nytimes.com/2012/11/25/world/americas/swallowing-rain-forest-brazilian-cities-surge-in-amazon.html>

Sabogal, D. G. Carlos, M. del Castillo, B. Willems, S. Bleeker,

H. Bellfield y F. Meza. 2018. Strengthening Climate Resilience in Urban Amazonia: Experiences from Tarapoto and the Cumbaza Watershed in San Martín, Peru. Global Canopy, CEDISA, CCA. <https://globalcanopy.org/sites/default/files/documents/resources/StrengtheningClimateResilience-Cumbaza.pdf>

Scott, Andrew. 2017. Making governance work for water–energy–food nexus approaches. CDKN https://cdkn.org/wp-content/uploads/2017/06/Working-paper_CDKN_Making-governance-work-for-water-energy-food-nexus-approaches.pdf

Shikha Ranjha, 2016, Green infrastructure: planning for sustainable and resilient urban environment. Brief for GSDR. DLGS-IOER-TU Dresden, Germany https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/95599_Ranjha_Green%20infrastructure_planning%20for%20sustainable%20and%20resilient%20urban%20environment.pdf

- Obregón, G., Díaz, A., Rosas, G., Avalos, G., Acuña, D., Oria, C., Miguel, R. (2009). Escenarios climáticos en la cuenca del río Mayo para el año 2030. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI): Lima, Peru
- Sovacool, B., & Mukherjee, I. (2011). Conceptualizing and measuring energy security: A synthesized approach. *Energy*, 36(2011), 5343-5355.
- Stringer, L.C., C.H.Quinn, R.J.Berman, H.T.V.Le, F.E.Msuya, S.E. Orchard y J.C.B. Pezzuti. 2014. Combining nexus and resilience thinking in a novel framework to enable more equitable and just outcomes. Sustainability Research Institute, Paper No. 73. Centre for Climate Change Economics and Policy Working Paper No.193. University of Leeds.
- UNECE. (2015). Reconciling resource uses in transboundary basins: assessment of the water-food-energy-ecosystems nexus. United Nations Economic Commission for Europe
- UN-HABITAT (2012). “The State of Latin American and Caribbean Cities 2012: Towards a new urban transition. United Nations Human Settlements Programme: Nairobi, Kenya
- UN-HABITAT 2017. Implementing the New Urban Agenda by Strengthening Urban-Rural Linkages - Leave No One And No Space Behind. United Nations Human Settlements Programme: Nairobi, Kenya
- Wakeford, J., Kelly, C., Mentz Lagrange, S. (2015). Mitigating risks and vulnerabilities in the energy-food-water nexus in developing countries. Sustainability Institute: Stellenbosch, South Africa

Anexo

Tabla 1. Variables socio-ecológicas utilizados para la elaboración de escenarios de demanda/oferta hídrica, energética y alimentaria en la microcuenca del Cumbaza

Crecimiento poblacional	Temperatura y precipitación (Variabilidad climática RCP 4.5, RCP 6, RCP 8.5)	PIB regional sectorial	Preferencias de consumo (+/- 5%)	Uso eficiente de recursos +/- 10%*	Costos transporte combustible y eficiencia maquinaria +/-10%	Cambio de cobertura forestal (anual)	Área irrigada (actual: 3554 ha)
Business as usual	RCP 6.0	0 incremento de áreas	+5%	0	0	-2.5%	+0.74% /año
BAU (B-SCN1)	(Precipitación: -5.67mm/década, Temperatura media anual: +0.35°/década)	Local y acuicultura en base a las tendencias actuales	Local	Importado		ha/año	(+26.42)
Cambio negativo (N-SCN2)	RCP 8.5 (Precipitación: +23.67 mm/década, Temperatura media anual: +0.60°/década)	- incremento de áreas de riego y crecimiento elevado de acuicultura	- 5% Local	-10%	+10%	-5% (3000 ha)	-0.7% /año (-25ha/año)
Cambio moderado (M-SCN3)	RCP 6 (Precipitación: -5.67mm /década, Temperatura media anual: +0.35°/década)	+/- incremento moderado de áreas de riego y acuicultura	+5% Local	+/-	+/-	-1%	(+0.02 % /año (+1 ha/año)
Cambio positivo (P-CN4)	RCP 4.5 (Precipitación: -1.67 mm/década, Temperatura media anual: +0.4°/década)	+ reducción de áreas de riego y crecimiento mínimo de acuicultura	+5% Local	+10%	-10%	+5%	+0.52%/año (+18.5 ha/año)
(+) Cambio positivo o incremento (-) Cambio negativo, (+/-) Cambio moderado (0) Sin cambios / * Por ejemplo, no existen prácticas de ahorro, mantenimiento de infraestructura y reducción de pérdidas.							