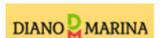




Gestión del Agua y Servicios: Guía de gestión para Perú



Contents

Mención.....	2
Agradecimientos.....	2
Gestión del Agua y Servicios Ecosistémicos.....	3
El Agua como un Servicio Ecosistémico.....	3
Uso del agua en el sector agrícola	3
Abastecimiento de agua en la región del Valle de Virú.....	4
Adopción de un Enfoque de Gestión del Agua basado en el Paisaje.....	5
Uso de Mapas de Servicios Ecosistémicos para Informar a la Gestión.....	6
Requerimientos de conocimiento para informar la gestión del agua	13
Presiones que afectan los servicios ecosistémicos del agua	14
Presión Demográfica	14
Cambio Climático.....	15
El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)	15
Demanda de Riego	15
Deforestación de la Cuenca Superior.....	16
Contaminación del Agua.....	16
La Gobernanza del Agua en Perú	16
Políticas y planes existentes para la gestión del agua y los servicios ecosistémicos	17
Nacional.....	17
Regional	18
Referencias.....	20

Mención

Beagley, L.A., Bell, G., Smith, M.A.E., Hawker, J. and Parker, J.A., 2020. La Gestión del Agua y los Servicios Ecosistémicos: Guía de gestión para Perú. Proyecto EO4cultivar. UK Space Agency International Partnership Programme.

Agradecimientos

El equipo del proyecto EO4cultivar desea agradecer a los socios peruanos por su aportación y entusiasmo para facilitar el acercamiento de las organizaciones locales al proyecto. Nuestro agradecimiento va dirigido a Dr. Alfonso Orellana García, Jesús Ormeño y a Marvin Torres de la Universidad de Ica y de la Universidad de San Marcos por su ayuda con el trabajo de campo en las zonas de estudio y a las organizaciones que contribuyeron al taller de los grupos de interés.

EO4cultivar está cofinanciado por el International Partnership Programme (IPP) de UKSA y por socios del proyecto. IPP usa el conocimiento en soluciones, aplicaciones y capacidad basadas en el espacio para proporcionar un beneficio económico o social sostenible a las naciones emergentes y a las economías en desarrollo. IPP es financiado por el Fondo Global Challenges Research (GCRF, por sus siglas en inglés), un fondo de £1.5 mil millones anunciado por el Gobierno Británico, que apoya la investigación e innovación de vanguardia sobre los problemas mundiales que afectan a los países en desarrollo. El GCRF forma parte del compromiso de Ayuda Oficial al Desarrollo (AOD) del Reino Unido.

Esta guía brinda información en contexto sobre la función en la que el suelo brinda beneficios de la naturaleza para los humanos, también conocidos como 'servicios ecosistémicos'. Este documento, desarrollado por Environment Systems y JNCC, demuestra cómo los mapas de servicios ecosistémicos, producidos por Environment Systems para el proyecto EO4cultivar, pueden usarse para ayudar a informar la toma de decisiones a través de la implementación de la gestión basada en ecosistemas¹.

Gestión del Agua y Servicios Ecosistémicos

Esta guía proporciona información contextual acerca de los servicios ecosistémicos que influyen en el suministro y gestión de los recursos hídricos en el Valle de Virú en Perú. El documento, desarrollado por JNCC, demuestra cómo los mapas de servicios ecosistémicos, producidos por Environment Systems para el proyecto EO4cultivar¹, pueden ser usados para ayudar a informar la toma de decisiones a través de la implementación de una gestión basada en ecosistemas.

El Agua como un Servicio Ecosistémico

Un suministro de agua limpia que sea fiable y bien gestionado es fundamental para sostener la vida. Es necesario para la mayoría de los procesos biológicos e industriales, por ejemplo: beber agua, la irrigación agrícola, la limpieza y el enfriamiento industrial, la regulación del clima, y la meteorización y formación del suelo.

Las funciones que brinda el agua y que son de importancia social y ecológica se pueden categorizar bajo distintas tipologías de servicios ecosistémicos.

El suministro de servicios ecosistémicos incluye:

- Agua potable para el consume humano y para los cultivos.
- Componente crítico en sistemas de saneamiento utilizados para prevenir la propagación de patógenos animales y vegetales.

El agua está asociada a los servicios de regulación y mantenimiento, que incluyen:

- Los ecosistemas de apoyo que impulsan el ciclo de los nutrientes y el secuestro de carbono.
- Los ciclos hidrológicos que impulsan los procesos de meteorización en minerales, suelos y rocas, que contribuyen a la formación del suelo y crean micronutrientes disponibles para soportar a los ecosistemas.
- Asimilación de contaminantes, los humedales particularmente se descomponen, dispersan contaminantes y ayudan a mantener un buen estado ecológico de los ecosistemas.

Provisionamiento de servicios de ecosistema cultural:

- Lagos, ríos y océanos brindan un sinfín de oportunidades de recreación.
- La proximidad al agua tiene un efecto positivo en la salud y el bienestar humano.²
- Es probable que el agua sea uno de los pocos recursos naturales vinculados a todos los aspectos de la civilización y cultura humana.³

Uso del agua en el sector agrícola

El agua es un activo natural vital para la economía mundial. La mayor demanda de agua en la cuenca hidrológica del Pacífico de Perú es la del sector agrícola, que representa el 86% del uso.⁴

El espárrago es uno de los cultivos más comunes de Perú, cuya producción se concentra en las regiones costeras de Ica y La Libertad.⁵ Perú es el mayor exportador de espárragos a nivel mundial, generando de su comercio más de US\$450 millones al año.⁶

Sin embargo, las necesidades de agua de los espárragos superan con creces a otras agroexportaciones, requiriendo entre 14500-16000 m³/ha/yr de agua.⁷⁸

Los avances en la tecnología del agua, incluido el riego por goteo en la década de 1980 y los planes de riego a gran escala en la década de 1990, han hecho posible expandir la producción agrícola a regiones más áridas. En Trujillo y Virú, el 99% de la tierra agrícola (~37.000 hectáreas) está irrigada.⁹

Abastecimiento de agua en la región del Valle de Virú

La costa del Pacífico de Perú se extiende a lo largo de 2,400 km² y el río Amazonas nace del río Solimões, que drena los Andes del norte de Perú y Ecuador, y el río Madeira que desemboca en el sur de los Andes peruanos y bolivianos.¹⁰ Perú también contiene el 71% de los glaciares tropicales en Sudamérica. Esta combinación única de geografía e hidrología proporciona agua superficial, subterránea y atmosférica y representa el 4.6% del volumen de la escorrentía mundial. La mayor parte de la escorrentía superficial se produce en la temporada de lluvias y aproximadamente el 80% del flujo de agua en la cuenca del Pacífico se produce entre diciembre y abril.¹¹

La costa peruana se abastece de la humedad efímera de las nubes que se forman sobre el Océano Pacífico y que se desplazan hacia el interior y barren las laderas del desierto produciendo niebla. La niebla no es lo suficientemente húmeda como para producir lluvia, pero el agua contenida en la niebla es abundante y fomenta las formaciones de vegetación de goteo de niebla conocidas como lomas.

Las lomas son un ecosistema con dos estaciones bien diferenciadas, una seca y otra húmeda (de mayo a octubre) en la que la niebla de altura se condensa para proporcionar humedad a la vegetación. Durante los eventos de El Niño, las elevadas precipitaciones se producen durante todo el año, lo que provoca la presencia constante de vegetación, especialmente de hierbas efímeras.¹² ¹³ Durante los periodos de niebla, los árboles más altos de las lomas acumulan pequeñas gotas de agua en sus troncos y hojas que se filtran en el suelo circundante. En algunas zonas de Perú, esta niebla ayuda a mantener a las comunidades locales que capturan la niebla en redes para recoger agua para beber y regar los cultivos.¹⁴ ¹⁵

La cuenca del Río Virú se extiende por las provincias de Santiago de Chuco, Julcán y Virú. El río Virú abastece a la provincia de Virú.¹⁶ El río Virú tiene una baja tasa de descarga media (el volumen de agua que fluye a través de él en un tiempo determinado). Tradicionalmente, esto significaba que los agricultores dependían del bombeo de aguas subterráneas de los acuíferos para regar sus cultivos. Para aumentar la disponibilidad de agua un proyecto de riego a gran escala, el Proyecto Chavimochic, fue diseñado para crear un trasvase de agua entre cuencas conectando cuatro valles fluviales en La Libertad - Chao; Virú; Moche; y Chicama – a través de un canal de irrigación. El aumento de los caudales se creó al desviar las aguas superficiales del río Santa a las cuatro cuencas fluviales más pequeñas. El río Santa se alimenta de los glaciares de la Cordillera Blanca, que tiene la mayor concentración de glaciares tropicales del mundo. Esto ha permitido la ampliación de la frontera agrícola por 46,700 nuevas hectáreas, y la mejora de la irrigación por un adicional de 28,300 hectáreas.¹⁷ El Proyecto Chavimochic también suministra agua potable a la ciudad de Trujillo y a los distritos circundantes.¹⁸



Imagen 1. El Proyecto Chavimochic conecta cuatro valles fluviales en La Libertad, Chao, Virú, Moche, y Chicama, a través de un canal de irrigación. Las primeras dos fases del proyecto están completas, lo que costó US\$1.29 mil millones. Se planea construir una tercera fase que incluye la construcción de un reservorio de unos 360 millones de m³ en Palo Redondo, una tercera línea de la tubería de agua de río Virú y 113km de un canal de agua Moche-Chicama-Urricape.

Adopción de un Enfoque de Gestión del Agua basado en el Paisaje

Los principales usuarios del agua dentro del área de interés son los productores de cultivos comerciales. Los productores de la región y el Centro de Innovación Productiva y de Transferencia Tecnológica CITE agroindustrial Chavimochic se han sumado al proyecto EO4cultivar. A través de una serie de reuniones con las partes interesadas, el proyecto exploró cómo la adopción de un enfoque ecosistémico podría contribuir a la gestión sostenible del agua y cómo los resultados de los modelos podrían demostrar la forma en que las organizaciones asociadas pueden utilizar los datos de observación de la Tierra para identificar, comprender e informar sobre los riesgos y oportunidades medioambientales y de recursos naturales que afectan a sus sistemas de producción y cadenas de suministro. La gestión basada en los ecosistemas puede ayudar a gestionar la calidad, la disponibilidad y la cantidad del agua. Los distintos ecosistemas pueden desempeñar un papel fundamental en la reducción de los caudales de agua, actuar como almacenes de agua y filtrar los nutrientes y los metales pesados. Trabajar con la naturaleza puede ayudar a prestar múltiples servicios ecosistémicos mediante soluciones basadas en ella.

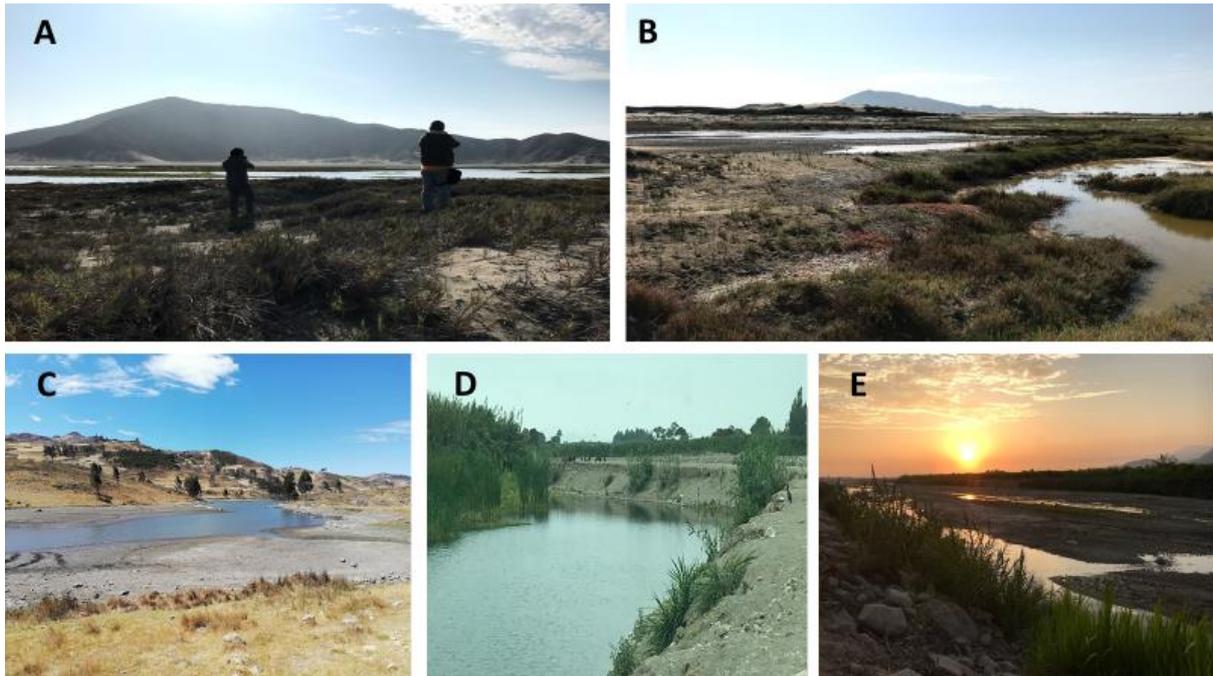


Imagen 2. El Valle de Virú comprende una variedad de distintos ecosistemas costeros y de humedales. Estos incluyen humedales costeros [A] y marismas [B] que son ricas en avifauna y ofrecen protección de la erosión costera y secuestran el dióxido de carbono atmosférico, ayudando así a mitigar el cambio climático. Existen diferentes tipos de superficies de agua, clasificados como 'regiones hídricas' a lo largo del terreno [C], así como canales de río permanente [D] y canales efímeros donde los niveles de agua varían estacionalmente [E].

Uso de Mapas de Servicios Ecosistémicos para Informar a la Gestión

Los mapas de servicios ecosistémicos están diseñados para demostrar las funciones que desempeñan los ecosistemas naturales en el mantenimiento y la regulación del suministro de agua. Su objetivo es apoyar la planificación del uso de la tierra y promover la gestión sostenible de los ecosistemas para aumentar la resiliencia a largo plazo de los sistemas de producción. Los mapas aportan una base empírica para la participación de las comunidades y las partes interesadas.

Los mapas del portafolio de medios de vida sostenibles de EO4cultivar¹ directamente relevantes para la gestión del agua son:

Capacidad de la tierra para moderar la escorrentía de aguas superficiales: Este mapa muestra las áreas donde el paisaje puede brindar un manejo natural de inundaciones a través de procesos hidrológicos y morfológicos trabajando junto con los elementos del hábitat para manejar la escorrentía. El mapa fue creado tras evaluar la geología, suelo, pendiente, hábitat y gestión. Estos atributos reflejan la contribución de áreas específicas en la regulación natural de los flujos superficiales que se ven afectados por índices de infiltración e intercepción, capacidad de almacenamiento de agua y control de la carga de sedimentos. El mapa se puede utilizar para orientar la protección o la mejora de las zonas de prioridad que limitan la escorrentía superficial y previenen inundaciones.

Oportunidades para mejorar la regulación de las aguas superficiales y los lugares que reciben grandes volúmenes de flujo de aguas superficiales: Estos dos mapas se pueden usar para identificar áreas donde existan oportunidades potenciales para considerar distintas medidas de manejo para mejorar la regulación del agua en las zonas alta, media y baja del Valle de Virú. Las áreas identificadas están conectadas hidrológicamente. Mientras que la gestión de la regulación hídrica en la cuenca superior puede beneficiar a una zona más amplia, es necesario considerar la viabilidad de las intervenciones en los diferentes sitios.

Conectividad de red ecológica - Ecosistema de Humedales: Este mapa muestra la red de humedales y ríos existentes, estas son áreas de hábitats de humedales nativos y seminaturales que están conectados dentro del paisaje. Áreas de alta conectividad con bajos niveles químicos y de nutrientes, y de alta diversidad estructural y de especies son más resistentes a los cambios ambientales, tales como fluctuaciones en temperatura o precipitación. Esas zonas proporcionan un mayor nivel de prestación de servicios ecosistémicos, tales como agua limpia y control de erosión. El mapa puede usarse para asegurar que cualquier cambio en prácticas agrícolas o de uso de tierras no reduzca aún más la conectividad ecológica ni afecte los servicios ecosistémicos y la biodiversidad.

Oportunidades para brindar múltiples servicios ecosistémicos: conectividad ecológica y regulación de aguas superficiales: El mapa muestra los lugares donde debería ser posible restaurar o crear nuevos hábitats para fortalecer las redes ecológicas existentes y, al mismo tiempo, mejorar la regulación de las aguas superficiales.

Sitios que brindan múltiples beneficios de los servicios ecosistémicos; áreas clave para la biodiversidad y la regulación de aguas superficiales - El mapa identifica áreas de hábitat original (matorrales, bosques, humedales) que son biodiversos y que coinciden con áreas que brindan alta regulación de agua superficiales. La estructura y 'naturalidad' de la vegetación proporciona un alto valor de biodiversidad. Estas características de la vegetación combinadas con características del suelo, geología y pendientes permiten la identificación de áreas que también brindan altos niveles de regulación de aguas superficiales. Esta es una forma de manejo natural de inundaciones en donde los procesos hidrológicos y morfológicos, junto con los elementos del hábitat, trabajan para regular las fuentes y vías para las aguas de inundación. Los sitios que brindan altos niveles de múltiples servicios ecosistémicos podrían considerarse más valiosos que aquellos que brindan un solo servicio ecosistémico.

El cuadro 1 ofrece ejemplos de cómo los resultados de la cartografía pueden utilizarse para informar sobre las medidas de gestión basadas en los ecosistemas para ayudar a gestionar el agua y mantener los servicios ecosistémicos fundamentales para el rendimiento agrícola sostenible.

Entrega de beneficios para aumentar la sostenibilidad de la producción:

Tipo de medida	Cómo usar el mapa	Opción de gestión asociada
Restauración de amortiguadores ribereños	<p>Usar el mapa de conectividad de red ecológica - Ecosistema de Humedales para identificar el origen de la red de humedales.</p> <p>Comparar esto con el mapa de Oportunidades para brindar múltiples servicios ecosistémicos para identificar las áreas a lo largo de las márgenes del río donde debería ser posible restaurar o crear nuevos hábitats para fortalecer las redes ecológicas de humedales o bosques existentes a fin de mejorar la biodiversidad, a la vez que se mejora el nivel de regulación de las aguas superficiales.</p>	<p>El grado de protección de la calidad del agua por parte de la zona de amortiguación ribereña depende de la hidrología, los suelos y la vegetación de la zona. En las zonas donde la pendiente es mínima y los flujos de agua superficial son lentos y uniformes, las zonas ribereñas pueden ser muy eficaces para frenar la fuerza de las aguas torrenciales y reducir la cantidad de sedimentos, restos de cultivos y otras partículas que llegan a los arroyos y a las infraestructuras de riego.^{19 20}</p>
Creación de los humedales construidos	<p>Usar los mapas de oportunidad para identificar áreas que brindan oportunidades para mejorar la regulación del agua. Dentro de estas áreas, se puede seleccionar tierras no productivas en donde sería posible crear un hábitat de humedales. Considerar cómo la intervención brindará beneficios a áreas de producción y comunidades locales a través de la reducción del riesgo de inundación.</p> <p>También considerar dónde la construcción de humedales puede mejorar las áreas clave para la biodiversidad y la conectividad ecológica mediante la consulta de mapas de conectividad ecológica.</p>	<p>La creación de nuevos hábitats de humedales, o la expansión de los ya existentes, puede retardar la descarga de agua en los canales de los ríos y prevenir las oleadas de inundaciones, retener el agua para su uso en irrigación, actuar como filtración natural eliminando los productos químicos y los sedimentos antes de que el agua entre a los canales.</p> <p>Los humedales también pueden usarse para mejorar la biodiversidad; se puede considerar la posibilidad de fomentar las especies beneficiosas para la producción (i.e. depredadores y polinizadores de plagas de cultivos).</p> <p>Es importante considerar estas acciones en relación con la salud de los cultivos, asegurar la creación de hábitats fomenta una estructura comunitaria ecológica equilibrada y no una que pueda ocasionar una fuente de brotes de pestes.</p>

Tipo de medida	Cómo usar el mapa	Opción de gestión asociada
Creación de meandros en el canal principal	<p>Usar los mapas de conectividad de humedales e imágenes satelitales para identificar esferas de actividad para posibles intervenciones de reordenación de meandros.</p> <p>Los meandros también pueden mejorar la conectividad ecológica entre los hábitats de humedales.</p>	<p>Las medidas de prevención de inundaciones por lo general resultan en la construcción de barreras de concreto para contener el agua. Si las barreras fallan, el nivel de daño podría aumentar. La creación de meandros en las cabeceras de cuenca puede disminuir la velocidad de descarga del agua, reduciendo la presión sobre las barreras que se encuentran más abajo en la cuenca.²¹</p> <p>Los meandros también pueden mejorar el atractivo del paisaje, ofrecer zonas de recreo y proporcionar un hábitat para las especies animales y vegetales.</p>
Creación de instalaciones adicionales de almacenamiento de agua (e.g. micro presas, y embalses para el almacenamiento de las inundaciones)	<p>Usar mapas que destaquen las zonas con una contribución baja o moderada a la escorrentía en superficie junto con mapas que muestren áreas que brinden beneficios múltiples.</p> <p>Consultar mapas que destaquen oportunidades para mejorar la regulación del agua y buscar áreas de superposición.</p>	<p>Un embalse de almacenamiento de crecidas es un cuerpo de agua levantado artificialmente que se utiliza para almacenar agua temporalmente. Mejorar el almacenamiento de aguas pluviales y el servicio de captación en las cuencas y subcuencas de captación puede mitigar los impactos y efectos adversos del cambio climático, como las inundaciones.</p> <p>Los micro embalses pueden ser contruidos de madera o de roca y actúan para desviar el agua. Los embalses pueden ser diseñados para adaptarse a la ubicación y usar materiales locales y naturales. Pueden instalarse fácilmente a bajo costo y ser diseñados para ofrecer múltiples beneficios para la gestión de inundaciones y de vida silvestre.²²</p>

Tipo de medida	Cómo usar el mapa	Opción de gestión asociada
<p>Conservación y rehabilitación de antiguas terrazas</p>	<p>Usar el mapa de la capacidad de la tierra para moderar la escorrentía de aguas superficiales para identificar áreas en la cuenca alta que tienen la geología, el suelo, la pendiente y el hábitat adecuados para proporcionar una gestión natural de las inundaciones.</p> <p>Compare esto con el Programa de Desarrollo Productivo Agrícola Rural del Ministerio de Agricultura (AgroRural²³). Inventario de terrazas agrícolas para identificar las zonas en las que existen terrazas abandonadas y que podrían restaurarse.</p>	<p>Los pequeños agricultores utilizan las terrazas de la cuenca superior para cultivar paltas y arándanos. Las terrazas son muy eficientes a la hora de conservar la escasa agua de lluvia o de los canales de riego, por lo que aumentan la disponibilidad de agua en los suelos y los acuíferos, lo que permite aumentar la densidad de los cultivos y, por tanto, el rendimiento.^{24 25}</p> <p>Los muros de soporte de las terrazas deberían reforzarse o reconstruirse, y las terrazas deberían replantarse con vegetación. Esto evitará la erosión del suelo y el riesgo de que grandes cantidades de sedimentos sean arrastrados a los cursos de agua durante las tormentas, así como la amenaza de desprendimientos de tierra.²⁶</p> <p>La sistematización e inventario de terrazas agrícolas de 2010 de AgroRural catalogó 340,719 ha en terrazas, de las cuales 259,319 ha estaban en uso y 81,400.06 ha fueron abandonadas.²⁷</p>
<p>Restaurar los antiguos sistemas de riego (amunas)</p>	<p>Usar las oportunidades para mejorar la regulación del agua superficial para identificar sitios en la cuenca alta y media que captan altos volúmenes de flujo de agua superficial y en donde los canales podrían frenar el flujo hacia las laderas de las montañas.</p>	<p>Sistemas de 1,400 años de antigüedad de canales de piedra y tierra en los Andes canalizan el exceso de agua de lluvia de los arroyos hacia zonas arenosas y rocosas. La capacidad de filtración de agua de los suelos almacena el agua bajo la superficie y reduce el flujo por encima de las laderas empinadas durante la temporada de lluvias reduciendo el riesgo de inundaciones. Al reducir la velocidad, el agua llega más tarde a los manantiales aguas abajo y está disponible durante la estación seca. Según un estudio, el agua tarda una media de 45 días en fluir por los canales y vías subterráneas hasta llegar a los manantiales.^{28 29}</p> <p>Este sistema de canales alivia parte de la demanda de embalses, presas y otras infraestructuras.</p>

Tipo de medida	Cómo usar el mapa	Opción de gestión asociada
Plantar y conservar la vegetación de las Lomas	<p>Consultar el mapa de hábitats para identificar las zonas que pueden indicar la presencia de vegetación de lomas i.e. zonas de duna con vegetación, matorral/arbustos densos y dispersos, y barrancos de erosión con vegetación. Las lomas se encuentran en pequeñas montañas o en laderas costeras empinadas (< 1000 m. s. n. m.) separadas por un desierto plano e hiperárido.^{30 31}</p> <p>Consultar los mapas que muestran las oportunidades de mejorar la conectividad ecológica para identificar los tipos de hábitat que podrían restaurarse.</p> <p>Una vez que se hayan identificado las áreas potenciales de restauración, organice una visita al lugar para determinar si las áreas son adecuadas.</p>	<p>Se calcula que las lomas sudamericanas acogen unas 1.400 especies de plantas, más del 40% de las cuales no se hallan en ningún otro lugar. Una loma típica tiene mayormente hierbas anuales, pero también hierbas perennes y algunas plantas leñosas.</p> <p>Un árbol en particular ha demostrado ser fundamental para capturar la niebla: un árbol pequeño pero robusto con ramas frondosas conocido como <i>Caesalpinia spinosa</i>, o árbol de tara. La reintroducción de la tara puede crear condiciones favorables para otras especies.³²</p> <p>El pastoreo no controlado del ganado es una de las mayores amenazas para este hábitat. Los pastores locales deberían restringir el uso de las lomas como forraje para sus vacas, cabras y ovejas.</p> <p>También se está creando tecnología para aumentar la eficiencia en la obtención de agua de la niebla mejorando el diseño de las instalaciones de captación de niebla.^{33 34}</p>
Reforestación y repoblación forestal en la cuenca alta	<p>Consultar el mapa de hábitats y el mapa que muestra las zonas que contribuyen a la escorrentía de las aguas superficiales para identificar los tipos de hábitats que contribuyen a la regulación del agua.</p> <p>Consultar los mapas que muestran las oportunidades de mejorar la conectividad ecológica para identificar los tipos de hábitat que podrían restaurarse.</p> <p>Identificar las áreas de visita para identificar las áreas, las partes interesadas y los beneficios adicionales para el ecosistema y la sociedad que podrían obtenerse de las actividades de restauración.</p>	<p>Promover la reforestación de las cuencas altas puede: aumentar la captación de agua y la recarga de los acuíferos dentro de la cuenca hidrográfica y aumentar la disponibilidad de agua aguas abajo; estabilizar el terreno y reducir la erosión del suelo; y filtrar sedimentos y contaminantes.</p>

Tipo de medida	Cómo usar el mapa	Opción de gestión asociada
Cultivos de cobertura y acolchado	Usar el mapa de hábitats para identificar áreas agrícolas. Consultar los mapas de regulación del agua para identificar las áreas que ofrecen una regulación del agua insignificante. Considere utilizar acolchado y plantar cultivos de cobertura en estas áreas para mejorar la capacidad de regulación hídrica.	<p>El acolchado utiliza material orgánico (e.g. corteza, astillas de madera, pulpa, cáscaras de nueces, residuos verdes, restos de cultivos, abono, estiércol, paja, hierba seca, hojas, etc.) para cubrir la superficie del suelo, esto puede aumentar significativamente la capacidad del suelo de almacenar agua. ³⁵</p> <p>Un cultivo de cobertura es un cultivo que se produce entre los cultivos principales y puede ayudar a proteger los suelos, reducir el riesgo de inundaciones y mejorar el rendimiento de los cultivos posteriores. Otros beneficios de los cultivos de cobertura son: estabilidad del suelo y reducción de la erosión, reducción de la lixiviación química mediante la escorrentía, mejora de la estructura y la infiltración del suelo, aumento del contenido orgánico, mejora de la calidad del agua y retención de los nutrientes del suelo. ³⁶</p>
Rotación de cultivos	Usar el mapa de hábitats para identificar áreas agrícolas. Consultar los mapas de regulación hídrica para identificar zonas que ofrecen una regulación del agua insignificante. Considerar el potencial de rotación de cultivos en estas zonas para mejorar la capacidad de regulación del agua.	Seleccionar determinados cultivos en una rotación estacional puede mejorar la estructura del suelo y la fertilidad alternando plantas que tienen distintas profundidades de raíz. Esto puede reducir la erosión y aumentar la capacidad de infiltración, ayudando a reducir el riesgo de inundaciones río abajo. ³⁷ ³⁸
Anticipar la exposición al riesgo medioambiental y mitigar los impactos	Utilizar el mapa de oportunidades para mejorar la regulación de las aguas superficiales y el mapa de oportunidades para brindar múltiples servicios ecosistémicos y compararlos con el mapa de riesgo de erosión del suelo para identificar áreas vulnerables a eventos extremos como inundaciones o deslizamientos de tierra.	Perú corre el riesgo de que las precipitaciones sean más variables y de que los fenómenos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS) sean más frecuentes debido al cambio climático. ³⁹ La mitigación proactiva de los riesgos medioambientales mediante la restauración de los hábitats y las técnicas de gestión natural de inundaciones (como las enumeradas en este cuadro) contribuirá a reducir el impacto social y económico de los fenómenos naturales extremos.

Requerimientos de conocimiento para informar la gestión del agua

Las fluctuantes condiciones mundiales hacen que la gestión de los recursos hídricos sea cada vez más compleja. Los factores a considerar al planear una estrategia de gestión del agua deben incluir temas como los siguientes:

- Número de población y demografía
- El aumento de la urbanización, la industrialización y el desarrollo económico
- Cambios en la calidad y condiciones del medio ambiente
- Necesidades de agua de los ecosistemas
- Cambiar las actitudes y las percepciones de la sociedad

Estos actores están interrelacionados, y la información y datos de estas dinámicas, así como sus interacciones, deben ser consideradas además de las observaciones terrestres y la modelación ecosistémica.⁴⁰

Las políticas y planes de la gestión del agua en todo el mundo suelen adoptar un enfoque sectorial y no tienen en cuenta las futuras presiones ambientales y los factores impulsores de otros sectores que pueden afectar a la gestión del agua. La gestión integrada de los recursos hídricos y la gestión integrada de las cuencas hidrográficas deben adoptar una visión más amplia de las cuestiones relacionadas con el agua, en la escala macro y meso, para elaborar soluciones sostenibles y viables. Para lograr esto, los gestores del agua requieren tomar en cuenta⁴¹:

- La colaboración para lograr el cumplimiento de las políticas
- El establecimiento de asociaciones transfronterizas
- La participación de los interesados y el diseño conjunto de estrategias
- El desarrollo de la capacidad local para lograr el cumplimiento
- La obtención de apoyo político y administrativo
- La adopción de nuevas herramientas y técnicas

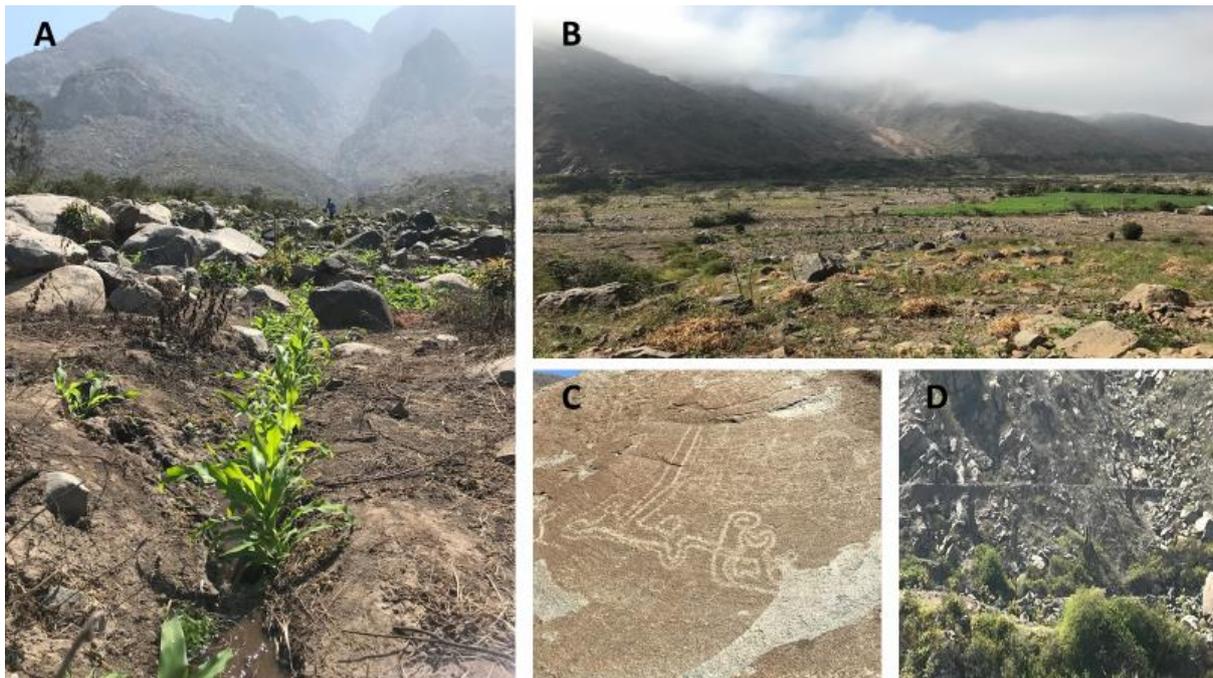


Imagen 3. La cuenca alta del Valle de Virú contiene terrazas de irrigación instaladas por la civilización Moche (100-700 AD) que siguen alimentándose de manantiales naturales que fluyen desde las montañas [A]. Los ecosistemas de la cuenca alta son importantes para captar la humedad atmosférica, que se condensa en la vegetación y recarga la humedad del suelo y los acuíferos [B]. Hay indicios que el hombre ha gestionado la cuenca superior durante milenios con señales de dibujos en piedra que los lugareños sugieren que podrían ser planes de riego [C] y antiguos canales de riego excavados en la ladera de la montaña [D] para llevar el agua a la cuenca baja para alimentar los cultivos de las civilizaciones antiguas.

Presiones que afectan los servicios ecosistémicos del agua

Los servicios ecosistémicos asociados con el agua pueden estar comprometidos por diferentes factores abióticos, bióticos y antropogénicos. Aquellos que son particularmente importantes para el área de estudio de caso son:

Presión Demográfica

Según un estudio reciente, el principal factor de estrés hídrico en los Andes tropicales es el crecimiento de la población, que puede aumentar la demanda de agua hasta en un 50% en 2050.⁴² La cuenca costera del Pacífico de Perú es la que sufre el mayor estrés hídrico de las tres regiones hidrográficas del país. Si bien contribuye al 65% de la población y a más del 80% del PIB del país, sólo tiene acceso al 1,8% de los recursos hídricos renovables del país.^{43 44} Dado que se prevé que la población de Perú aumente en un 27% entre 2015 y 2050, y que el suministro de agua potable tiene prioridad sobre el riego, esto puede suponer una mayor presión sobre el suministro agrícola.⁴⁵ Esto se suma a la competencia por el agua entre otros sectores como el suministro industrial, la producción de energía hidrológica, la minería y la ganadería.

La migración masiva de personas de las zonas rurales a las ciudades costeras ha provocado que alrededor de medio millón de las personas más pobres y vulnerables de Perú vivan en las llanuras de inundación.⁴⁶ La creación de asentamientos informales en las llanuras de inundación puede aumentar el riesgo de inundación al reducir la permeabilidad del terreno e interrumpir la trayectoria de la escorrentía superficial. Cuando se producen

inundaciones, se dañan las viviendas y los medios de vida de más personas y se recogen residuos físicos y humanos que contaminan los sistemas fluviales.⁴⁷

Cambio Climático

Según el Banco Mundial, Perú es uno de los países más vulnerables del mundo a los impactos del cambio climático, siendo los recursos hídricos el principal riesgo climático al que se enfrenta.⁴⁸ Perú alberga el 70% de los glaciares tropicales del mundo, pero la superficie total de los glaciares se ha reducido en un 43% desde 1970.⁴⁹ El proceso de deglaciación incrementa el caudal máximo de los ríos y aumenta el riesgo de que se produzcan inundaciones. Un estudio realizado por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) sugiere que para el año 2030 las precipitaciones podrían disminuir hasta en un 20% en los Andes.⁵⁰ Los aumentos de temperatura previstos con el cambio climático también aumentarán la evapotranspiración en la costa de Perú, reduciendo considerablemente la disponibilidad de agua superficial y las tasas de recarga de las aguas subterráneas. La deglaciación, unida al aumento de las temperaturas y a la irregularidad de las lluvias, hace que las cuencas hidrográficas puedan perder su capacidad de proporcionar agua suficiente para satisfacer la demanda

Según el Plan de Cambio Climático de La Libertad, el cambio climático ha sido el responsable de 1.639 hectáreas de las cosechas perdidas, incluyendo a la papa, maíz, arroz, oca, olluco, y ha dañado 12 kilómetros de canal de riego y 15 embalses debido a la ocurrencia de fuertes lluvias, sequías, granizadas, inundaciones y deslizamientos de tierra; denominados localmente como huaycos.⁵¹

El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

El Niño – Oscilación del Sur (ENOS) es una importante alteración del clima provocada por el aumento de la temperatura del agua del mar, que afecta directamente a los patrones de lluvia. En las últimas cinco décadas, Perú se ha visto afectado por cinco episodios fuertes de El Niño (1972/1973, 1982/1983, 1997/1998, 2015/2016 and 2017).⁵² Durante los eventos del ENOS, la precipitación anual normal de unos 25 mm puede aumentar hasta 1640 mm. Durante los 14 meses de El Niño 2015 - 2016, las temperaturas oceánicas en el Pacífico central y oriental, llegaron a estar hasta 3°C por encima de la media, haciendo de este evento uno de los más intensos de El Niño registrados.⁵³

Durante el fenómeno de El Niño de 2017, las lluvias torrenciales azotaron La Libertad y los departamentos costeros aledaños, provocando inundaciones que afectaron a 16,409 personas y destruyeron alrededor de 1,517 hogares en la provincia de Virú.⁵⁴ Las graves inundaciones repentinas y los fuertes vientos causaron deslizamientos de tierra que provocaron daños en más de 3,000 hectáreas de cultivos en La Libertad y pérdidas colectivas para el sector agrícola de 380 millones de dólares.⁵⁵ También se destruyeron 400 metros de canales de riego del Proyecto Chavimochic.⁵⁶

Aunque los científicos esperaban el gran El Niño de 2015-16, no se preveía el desastre de El Niño costero de 2017.⁵⁷ Como resultado del cambio climático, los investigadores esperan que los eventos de El Niño sean más frecuentes, ya que las temperaturas más cálidas de la superficie del mar hacen más probable que los eventos de El Niño se desencadenen.⁵⁸

Demanda de Riego

El proyecto de riego de Chavimochic se ha diseñado para que el suministro de agua pueda satisfacer la futura demanda derivada de la expansión agrícola. Con un aumento estimado de la temperatura de entre 0,4 y 0,8 °C para el período hasta 2030, se prevé que la demanda de riego aumente un 6% anual para la zona de servicio de Chavimochic. Esto se debe a que las temperaturas más altas aumentan la evapotranspiración y a una mayor variabilidad estacional de las precipitaciones, lo que aumenta la aparición de situaciones de

sequía.⁵⁹ La demanda se verá agravada por un aumento similar de la demanda y la competencia de otros usuarios del agua.

A medida que aumente la demanda en el futuro, cualquier proyecto de riego construido con canales rectos hará que las comunidades sean más vulnerables a las inundaciones repentinas, ya que se pierden los meandros del camino del río que frenan de forma natural el flujo del agua.^{60 61} También es importante conservar la vegetación natural para que preste importantes servicios ecosistémicos, como la retención de agua y la estabilidad del suelo.

Deforestación de la Cuenca Superior

Históricamente, las zonas de bosque de la cuenca alta han sido deforestadas para la extracción de leña, madera para el comercio de carbón vegetal y para dejar espacio a la expansión urbana, la minería y la agricultura industrial. Estas zonas naturales de la cuenca alta son importantes para la interceptación del agua de lluvia y la niebla marina, además de proporcionar protección contra la erosión del suelo. La deforestación agrava las consecuencias de las inundaciones y los corrimientos de tierra, ya que la eliminación de la vegetación natural aumenta la escorrentía superficial, además de reducir la capacidad del agua para filtrarse en el acuífero y recargar las aguas subterráneas.⁶²

Contaminación del Agua

Water quality is monitored in 98 of Peru's 159 hydrographic basins. Data published by National Water Authority (Autoridad Nacional del Agua) in 2015 found that more than 40% of the basins monitored at that time did not meet national environmental quality standards. The main contributing factors were the lack of wastewater treatment, industrial and mining pollution, and the leaching of agrochemicals into water courses and aquifers.⁶³

La Gobernanza del Agua en Perú

La Ley de Recursos Hídricos (2009) se promulgó para regular el uso y la gestión integrada de los recursos hídricos.⁶⁴ La ley trasladó la gestión de los recursos hídricos a una entidad dependiente del Ministerio de Agricultura, denominada Autoridad Nacional del Agua (ANA). Dentro de las funciones del ANA se incluyen:

- supervisión y gestión de la fuente de agua natural;
- concesión, modificación y revocación de los derechos de uso del agua;
- evaluar los instrumentos medioambientales, como los planes de gestión;
- autorizar los trabajos de construcción en las fuentes de agua naturales;
- y autorizar el vertido o la reutilización de las aguas residuales tratadas.⁶⁵

Las jurisdicciones subnacionales están delimitadas por cuencas hidrográficas. Existen 14 Autoridades Administrativas del Agua (AAA), uno para cada cuenca definida y 71 Autoridades Locales del Agua (ALA) para apoyar a las correspondientes AAA dentro de cada sub-cuenca. Las AAA y ALA trabajan directamente bajo la autoridad y la financiación de ANA. Las competencias de los gobiernos regionales no siempre coinciden con las que corresponden a las unidades hidrográficas de las autoridades administrativas y las administraciones locales.⁶⁶

La Ley de Recursos Hídricos también dispuso la creación del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos (SNGRH), con responsabilidad en la gestión integrada en cada cuenca hidrográfica. ANA es la principal autoridad del SNGRH. El SNGRH a la vez es parte del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAHMI) proporcionar datos a otras entidades del gobierno.

Políticas y planes existentes para la gestión del agua y los servicios ecosistémicos

Las políticas y planes que se describen a continuación identifican algunas de las principales prioridades de la gestión integrada de los recursos hídricos. Los temas e intervenciones comunes incluyen la restauración de hábitats (e.g. reforestación o repoblación forestal) a lo largo de las riberas de los ríos y en las cuencas altas, la gestión sostenible del riego, el empleo de tecnología y sistemas de monitoreo para adaptarse al cambio climático y mitigarlo, y la maximización de la prestación de servicios ecosistémicos como la filtración del agua y la estabilización del suelo.

Muchos de los planes y estrategias destacados tienen una fase de aplicación que concluye en 2020 o 2021. A medida que se producen versiones actualizadas, es una oportunidad para considerar cómo la modelación basada en la observación terrestre puede ayudar a informar la política y la práctica asociada para cumplir con los desafíos ambientales que enfrenta Perú con respecto a la gestión del agua.

Nacional

Plan Nacional de Acción Ambiental (2011-2021)⁶⁷

- El 50% de las cuencas hidrográficas se gestionan de forma sostenible y se prioriza la conservación de las cuencas para 2021.
- El 25% de las superficies agrícolas de regadío utilizan sistemas de riego sostenibles y se mejora la disponibilidad de agua para 2021.

Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos ⁶⁸

- Promueve el uso de la gestión integrada de los recursos hídricos como un enfoque multisectorial coordinado para el uso del agua que apoya el bienestar humano sin comprometer la sostenibilidad del ecosistema.

Plan Nacional De Recursos Hídricos (2015-2035)⁶⁹

- Iniciar un programa de reforestación de la cuenca alta para contrarrestar los efectos de la deforestación, restaurar los ecosistemas forestales y aumentar la cobertura forestal para aumentar la disponibilidad de agua en las cuencas hidrográficas y disminuir el aporte de sedimentos en las cuencas. El objetivo para 2035 es reforestar 454,000 ha.

Plan Estratégico Sectorial Multianual - Agricultura (2015 - 2021)⁷⁰

- A partir de 2021, la protección de los recursos naturales para el desarrollo agrícola sigue siendo una prioridad para el país, creando medidas para contrarrestar la degradación acelerada de los suelos agrícolas y los bosques. Se priorizan acciones que minimicen la vulnerabilidad agrícola al impacto del cambio climático, mediante la construcción de defensas ribereñas y diques de contención en los ríos de la costa con historial de desbordamiento.
- En 2015 se priorizaron acciones para reducir la erosión del suelo y recuperar la capa arable que afectan a la producción agrícola nacional. Esta intervención se complementó con acciones de reforestación y siembra de praderas en las zonas altoandinas, con el fin de contar a mediano y largo plazo con una cobertura arbórea y herbácea que estabilice el suelo, y reduzca la escorrentía superficial que provoca la erosión del mismo.
- Reconoce que toda la actividad agrícola se sustenta por sistemas naturales y requiere el mantenimiento y la restauración de la fertilidad del suelo, la diversidad biológica y la gestión adecuada del agua. Las buenas prácticas agrícolas excluyen el

uso de agroquímicos sintéticos, cuyos efectos tóxicos afectan a la salud humana y provocan el deterioro del medio ambiente.

Regional

Plan de Acción de Gobierno Abierto de La Libertad 2018-2020⁷¹

- Desarrollar una aplicación que permita a los ciudadanos conocer mejor la calidad del agua que se les suministra y denunciar públicamente los problemas que encuentren.

Estrategia Regional para la Gestión de los Recursos Hídricos en La Libertad 2011-2016⁷².

- Implicar al sector privado en la gestión integrada de los recursos hídricos.
- Aplicar medidas de conservación en las cuencas altas para mejorar la calidad y la disponibilidad del agua corriente abajo.
- Anticiparse a los riesgos y mitigar el impacto de fenómenos extremos como las sequías, las inundaciones y los conflictos sociales mediante la aplicación de un monitoreo continuo en tiempo real de los fenómenos naturales como la lluvia y la escorrentía.
- Reforestación de zonas consideradas de alto riesgo de inundación y derrumbamiento que provocan desprendimientos.
- Aumentar el reconocimiento cultural del agua y sensibilizar sobre el valor económico de los recursos hídricos.

El Plan de Acción Ambiental 2013-2021 para la región de La Libertad⁷³

- El 50% de las cuencas hidrográficas gestionan de forma sostenible los recursos hídricos y dan prioridad a la conservación de las cuencas para el año 2021.
- El 25% de las zonas agrícolas de regadío utilizan sistemas de riego sostenibles y mejoran la disponibilidad de agua para el año 2021.
- Para 2021, lograr una reducción del 100% de la tasa media anual de deforestación del período 2000 - 2017.
- El 100% de las áreas prioritarias promueven la forestación y reforestación a nivel regional mejorando la provisión de servicios ecosistémicos para el año 2021.
- Las zonas afectadas por la sequía se habrán reducido en 20% para el año 2021.

Estrategia Regional de Cambio Climático de La Libertad 2016 – 2021⁷⁴

- Mejorar el servicio de almacenamiento y captación de agua de lluvia en las cuencas y subcuencas de cabecera para mitigar los impactos y efectos adversos del cambio climático.
- Recuperar y gestionar de forma sostenible los suelos degradados, los ecosistemas agrícolas, los pastizales y la silvicultura.
- Aumentar el desarrollo de capacidades y proporcionar asistencia técnica sobre la información y la tecnología adecuada para la adaptación al cambio climático en los cultivos sensibles al mismo.
- Crear un servicio de información sobre nuevas variedades de cultivos tolerantes a las sequías, las variaciones de temperatura y las precipitaciones y que sean resistentes a las enfermedades y las plagas.

Plan Regional de Reforestación de La Libertad 2012 – 2021⁷⁵

- Promover la reforestación de las cuencas hidrográficas y la gestión sostenible de los recursos naturales para: aumentar la captación de agua y la recarga de acuíferos dentro de la cuenca hidrográfica; reducir la erosión del suelo; y mejorar la calidad de vida de las comunidades locales.

Plan de Desarrollo Regional de La Libertad 2016-2021⁷⁶

- Iniciar un programa regional de forestación, reforestación y gestión de cuencas hidrográficas que incluya un proyecto de reforestación en la provincia de Virú.

Referencias

- ¹ EO4cultivar: Mapeo del Capital Natural y de los Servicios Ecosistémicos en los Campos Agrícolas en Colombia y Perú. Disponible en: <https://bluehealth2020.eu/publications/> [Accedido el 12 de enero de 2020]
- ² Blue Health Project. Disponible en: <https://bluehealth2020.eu/publications/> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ³ World Health Organisation (2005). Water and Culture. Disponible en: https://www.who.int/water_sanitation_health/Water&cultureEnglishv2.pdf?ua=1 [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁴ Eda, L. E. H., & Chen, W. (2010). Gestión Integrada de los Recursos Hídricos en Perú. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 340–348 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000721> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁵ Gómez, R., & Flores, F. (2015). Agriculture and Ecosystem Services: A Case Study of Asparagus in Ica , Peru. *Apuntes. Revista de ciencias sociales*, 42(77), 9-55.
- ⁶ Lawrence, F. (2010). How Peru's wells are being sucked dry by British love of asparagus. *The Guardian*. Disponible en: <https://www.theguardian.com/environment/2010/sep/15/peru-asparagus-british-wells> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁷ Hepworth, N. et al. (2010). Drop by drop: Understanding the impacts of the UK's water footprint through a case study of Peruvian asparagus. *Progressio*. Disponible en: https://www.progressio.org.uk/sites/default/files/Drop-by-drop_Progressio_Sept-2010.pdf [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ⁸ Schwarz, J. et al. (2016). Sustainability of Global and Local Food Value Chains: An Empirical Comparison of Peruvian and Belgian Asparagus. *Sustainability*. 8(4), 344; <https://doi.org/10.3390/su8040344> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ⁹ Gobierno Regional La Libertad (2016) Estrategia Regional Para La Gestión De Los Recursos Hídricos En La Libertad. Disponible en: http://www.regionallibertad.gob.pe/gramb/index.php?option=com_content&view=article&id=115:estrategia-regional-para-la-gestion-de-los-recursos-hidricos-en-la-libertad&catid=17:rotatornoticias&Itemid=33 [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ¹⁰ Gibbs, R. J. (1967), Amazon River—Environmental factors that control its dissolved and suspended load, *Science*, 156 (3783), 1734– 1737. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/156/3783/1734.abstract> [Accedido el 2 de diciembre 2020]
- ¹¹ Eda, L. E. H., & Chen, W. (2010). Integrated water resources management in Peru. *Procedia Environmental Sciences*, 2, 340–348 Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029610000721> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ¹² Beresford-Jones, D. et al. (2015). Re-evaluating the resource potential of lomas fog oasis environments for Pre-ceramic hunter-gathers under past ENSO models on the south coast of Peru. *Quaternary Science Reviews*. 129. 196-215. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2015.10.025>
- ¹³ Tovar, C. et al. (2018). Plant community dynamics of lomas fog oasis of Central Peru after the extreme precipitation caused by the 1997-98 El Niño event. *PLoS ONE* 13(1): e0190572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190572>

-
- ¹⁴ Smith, R. (2011). The Future of a Fog Oasis. *Scientific American*. Disponible en: <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/the-future-of-a-fog-oasis/> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ¹⁵ Torres, M. (no date). The Blessing of Water in Peru's Coastal Desert. Captured fog helps sustain people and plants in this landscape. *The Nature Conservancy*. Disponible en: <https://www.nature.org/en-us/about-us/where-we-work/latin-america/peru/lomas-de-atiquipa/> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ¹⁶ Gobierno Regional La Libertad (2016) Estrategia Regional Para La Gestión De Los Recursos Hídricos En La Libertad. Disponible en: http://www.regionlalibertad.gob.pe/gramb/index.php?option=com_content&view=article&id=115:estrategia-regional-para-la-gestion-de-los-recursos-hidricos-en-la-libertad&catid=17:rotatornoticias&Itemid=33 [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ¹⁷ Muñoz Portugal, I. (2019). Collective action and water management in the Moche and Virú valleys of the Peruvian coast. *Problemas del Desarrollo*. 51(200). Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2020.200.68186>
- ¹⁸ Changing deserts into agricultural lands. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0409e/A0409E03.html> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ¹⁹ Klapproth, J.C., & Johnson, J.E. (no date). Understanding the Science Behind Riparian Forest Buffers: Effects on Water Quality. Disponible en: https://www.pubs.ext.vt.edu/content/dam/pubs_ext_vt_edu/420/420-151/420-151_pdf.pdf [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ²⁰ McClain, M., & Cossio, R. (2003). The use of riparian environments in the rural Peruvian Amazon. *Environmental Conservation*, 30(3), 242-248. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/44520687> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ²¹ European Centre for River Restoration. (no date). How does river restoration reduce flood risk? Available at: <https://www.ecrr.org/River-Restoration/Flood-risk-management> [Accedido el 08 de diciembre de 2020]
- ²² Woodland Trust (2016). Natural flood management guidance: Woody dams, deflectors and diverters. Disponible en: <https://www.woodlandtrust.org.uk/media/1764/natural-flood-management-guidance.pdf> [Accedido el 08 de diciembre de 2020].
- ²³ Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural. (no date). Available at: <https://www.agrorural.gob.pe/> [Accessed 08 June 2021]
- ²⁴ Graber, C. (2011). Farming like Incas. *Smithsonian Magazine*. Disponible en: <https://www.smithsonianmag.com/history/farming-like-the-incas-70263217/> [Accedido el 26 de noviembre de]
- ²⁵ Posthumus, H. (2005). Adoption of terraces in Peruvian Andes. *Tropical Resource Management Papers* (72). Disponible en: <https://edepot.wur.nl/116571>. [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ²⁶ Inbar, M. & Llerena, C.A. (2000). Erosion Processes in High Mountain Agricultural Terraces in Peru. *Mountain Research and Development*. 20(1). 72-79. [http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741\(2000\)020\[0072:EPIHMA\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1659/0276-4741(2000)020[0072:EPIHMA]2.0.CO;2)
- ²⁷ Camara, L. & Bueno de Mesquita, M. (2019). Terraced Landscapes in Peru: Terraces and Social Water Management. In M Varotto et al. *World Terraced Landscapes: History, Environment, Quality of Life*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-96815-5>
- ²⁸ Ochoa-Tocachi, B.F., et al. (2019) Potential contributions of pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security. *Nature Sustainability* 2, 584–593. <https://doi.org/10.1038/s41893-019-0307-1>

-
- ²⁹ Smith, K.N. (2019). Ancient Peruvian engineering could help solve modern water shortages. *Ars Technica*. Disponible en: <https://arstechnica.com/science/2019/06/ancient-peruvian-engineering-could-help-solve-modern-water-shortages/> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ³⁰ Tovar, C. et al. (2018). Plant community dynamics of lomas fog oasis of Central Peru after the extreme precipitation caused by the 1997-98 El Niño event. *PLoS ONE* 13(1): e0190572. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190572>
- ³¹ Manrique, R. et al. (2010). The influence of El Niño Southern Oscillation (ENSO) on fog oases along the Peruvian and Chilean coastal deserts. 5th International Conference on Fog, Fog Collection and Dew Münster. Disponible en: <https://meetingorganizer.copernicus.org/FOGDEW2010/FOGDEW2010-75.pdf> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ³² Smith, R. (2011). The Future of a Fog Oasis. *Scientific American*. Disponible en: <https://blogs.scientificamerican.com/guest-blog/the-future-of-a-fog-oasis/> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ³³ Cereceda, P. et al. (2002). The importance of fog in arid ecosystems and as an economical and social water resource. Conference: Workshop "Promoting Best Practices for Conservation and Sustainable Use. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/282777584_The_importance_of_fog_in_arid_ecosystems_and_as_an_economical_and_social_water_resource [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ³⁴ Semenzato, R. (1996) Fog: A water resource for the development of arid regions. Working Paper for the Fifth Joint Conference on Agriculture, Food and the Environment. Disponible en: <https://ideas.repec.org/p/ags/umciwp/14357.html> [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ³⁵ Natural Water Retention Measures. Mulching. Disponible en: <http://nwrn.eu/measure/mulching> [Accedido el 25 de noviembre de 2020].
- ³⁶ Scotland's Rural College. Natural Flood Management - Farmer's Guide. Disponible en: https://www.sruc.ac.uk/downloads/file/4295/natural_flood_management_-_a_farmers_guide [Accedido el 25 de noviembre de 2020].
- ³⁷ Schilling, K. et.al. (2013). The potential for agricultural land use change to reduce flood risk in a large watershed. *Hydrological Processes*, 28 (8), 3314-3325. <https://doi.org/10.1002/hyp.9865>
- ³⁸ Natural Water Retention Measures. Crop Rotation. Disponible en: <http://nwrn.eu/measure/crop-rotation> [Accedido el 25 de noviembre de 2020].
- ³⁹ The Bank Information Centre. (2015). The World Bank Group's Peru Portfolio and Climate Change. Disponible en: https://bankinformationcenter.cdn.prismic.io/bankinformationcenter%2F3e0911ae-a464-4e63-b74a-35095f6cb7c5_peru-climate-change-full.pdf [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁴⁰ Tortajada, C. & Biswas, A.K. (2017). The rapidly changing global water management landscape. *International Journal of Water Resources Development*, 33 (6), 849-851. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/07900627.2017.1376834> [Accedido el 25 de noviembre de 2020].
- ⁴¹ Ratnaweera, H. (no date). Integrated water resources management and knowledge transfer. Disponible en: <http://www.oecd.org/sti/inno/35772348.pdf> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁴² Buytaert, W. & De Bievre, B, (2012). Water for cities: the impact of climate change and demographic growth in the tropical Andes. *Water Resource Research*, 48. Available at: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1029/2011WR011755> [Accessed 25 November 2020]
- ⁴³ Bamber, P. et al., (2016). Peru in the Table Grape Global Value Chain. Opportunities for Upgrading. Center on Globalization, Governance & Competitiveness. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/293807122_Peru_in_the_Table_Grape_Global_Value_Chain_Opportunities_for_Upgrading?channel=doi&linkId=56bb5c5308ae090818680fec&showFulltext=true
[Accedido el 25 de noviembre de 2020]

⁴⁴ Ministerio del Ambiente. (2011). Plan Nacional De Acción Ambiental PLANAA Peru (2011-2021). Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf
[Accedido el 26 de noviembre 2020].

⁴⁵ Lutz, W., et al. (2018). Demographic and Human Capital Scenarios for the 21st Century: 2018 assessment for 201 countries. Disponible en: https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lutz_et_al_2018_demographic_and_human_capital.pdf
[Accedido el 09 de diciembre 2020]

⁴⁶ Collins, D. (2017). How can Peru prepare to withstand more devastating floods and landslides? The Guardian. Disponible en: <https://www.theguardian.com/global-development-professionals-network/2017/apr/13/peru-prevent-floods-landslides-climate-change> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁴⁷ Panman, A. et al., (2018). Why do people live in flood-prone areas? Reflections from Dar es Salaam. World Bank Blogs. Disponible en: <https://blogs.worldbank.org/nasikiliza/why-do-people-live-in-flood-prone-areas-reflections-from-dar-es-salaam> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁴⁸ The Bank Information Centre. (2015). The World Bank Group's Peru Portfolio and Climate Change. Disponible en: https://bankinformationcenter.cdn.prismic.io/bankinformationcenter%2F3e0911ae-a464-4e63-b74a-35095f6cb7c5_peru-climate-change-full.pdf [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁴⁹ Veeravalli, S. (2018). The case of Peruvian asparagus: water governance trade-offs under climate change. In L.M Pereira, ed. Food, Energy and Water Sustainability: Emergent Governance Strategies.

⁵⁰ Vázquez-Rowe, I. et al., (2017). Assessing the magnitude of potential environmental impacts related to water and toxicity in the Peruvian hyper-arid coast: A case study for the cultivation of grapes for pisco production. *Science of the Total Environment*, 601–602, 532–542.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.221>

⁵¹ Sanabria, J., et al. (2018) Gobierno Regional La Libertad. (2016). Estrategia Regional De Cambio Climático De La Libertad. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/estrategia-regional-cambio-climatico-libertad-version-amigable> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁵² Rainfall along the coast of Peru during strong El Niño events', *International Journal of Climatology*, 38(4), 1737–1747. <https://doi.org/10.1002/joc.5292>

⁵³ Kintisch, E. (2016). How a 'Godzilla' El Niño shook up weather forecasts. *Science*. 352 (6293). 1501-1502. Disponible en: <https://science.sciencemag.org/content/352/6293/1501> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁵⁴ Gobierno Regional La Libertad. (2016). Estrategia Regional De Cambio Climático De La Libertad. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/estrategia-regional-cambio-climatico-libertad-version-amigable> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁵⁵ Fresh Plaza (2017). Peru: rain affects more than 3,000 hectares of crops in La Libertad. Disponible en: <http://www.freshplaza.com/article/172782/Peru-Rain-affects-more-than-3,000-hectares-of-crops-in-La-Libertad> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁵⁶ World Bank Group. (2017). Gaining Momentum in Peruvian Agriculture: Opportunities to Increase Productivity and Enhance Competitiveness. Disponible en: <http://documents.worldbank.org/curated/en/107451498513689693/pdf/P162084-06-26-2017-1498513685623.pdf> [Accedido el 25 de noviembre 2020]

⁵⁷ Garreaud, R. D. (2018). A plausible atmospheric trigger for the 2017 coastal El Niño. *International Journal of Climatology*, 38, e1296–e1302. <https://doi.org/10.1002/joc.5426>

-
- ⁵⁸ Schiermeier, Q. (2015). Hunting the Gozilla El Niño. *Nature*. 526. 490-491. Disponible en: https://www.nature.com/news/polopoly_fs/1.18591!/menu/main/topColumns/topLeftColumn/pdf/526490a.pdf [Accedido el 25 de noviembre 2020]
- ⁵⁹ Yzarra, W., Sanabria, J., Caceres, H., Solis, O., Lhomme, J.P., 2015. Impact of climate change on somegrapevine varieties growing Peru for pisco production. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 49 (2), 103–112
- ⁶⁰ Natural Water Retention Measures.(no date). Re-meandering. Disponible en: http://nwrn.eu/sites/default/files/nwrn_ressources/n4_-_re-meandering.pdf [Accedido el 08 de diciembre de 2020]
- ⁶¹ Zhou, T, & Endreny, T. (2020). The Straightening of a River Meander Leads to Extensive Losses in Flow Complexity and Ecosystem Services. *Water*. 12(6), 1680. <https://doi.org/10.3390/w12061680>
- ⁶² Núñez-Zapata, J. et al. (2016). A compilation of the birds of la Libertad Region, Peru. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(1), 200–215. <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2016.01.016>
- ⁶³ OECD & ECLAC. (2017). OECD Environmental Performance Reviews: Peru 2017, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264283138-en>
- ⁶⁴ Ministerio de Agricultura. (2009). Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos Ley N° 2933. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/reglamento_lrh_-_no_29338_0.pdf. [Accedido el 08 de diciembre 2020]
- ⁶⁵ Bresney, S., et al. (2017). How governance affects participation: Insights from water resources planning projects in Colombia and Peru. SEI discussion brief. Disponible en: <https://www.sei.org/publications/governance-participation-insights-water-resources-planning-colombia-and-peru/> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]
- ⁶⁶ OECD & ECLAC. (2017). OECD Environmental Performance Reviews: Peru 2017, OECD Environmental Performance Reviews, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264283138-en>
- ⁶⁷ Ministerio del Ambiente. (2011). Plan Nacional De Acción Ambiental PLANAA Peru (2011-2021). Disponible en: https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/plana_2011_al_2021.pdf [Accedido el 26 de noviembre de 2020].
- ⁶⁸ Autoridad Nacional del Agua. (2009). Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos del Perú. Disponible en: http://jornada.pucp.edu.pe/derecho-de-aguas/wp-content/uploads/sites/8/2013/07/revista_aguaymas_edicion_junio_2015.pdf [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ⁶⁹ Autoridad Nacional del Agua. (2013). Plan Nacional De Recursos Hídricos Del Perú. Disponible en: <http://siar.minam.gob.pe/puno/documentos/plan-nacional-recursos-hidricos#:~:text=El%20PNRH%20es%20el%20instrumento,de%20inter%C3%A9s%20nacional%20es%20tablecidas%20en> [Accedido el 26 de noviembre de 2020].
- ⁷⁰ CEPLAN. (2015). Plan Estratégico Sectorial Multianual PESEM – MINAGRI (2015 – 2021). Disponible en: https://www.ceplan.gob.pe/documentos_/plan-estrategico-sectorial-multianual-pesem-minagri-2015-2021/ [Accedido el 08 de diciembre de 2020]
- ⁷¹ Gobierno Regional La Libertad (2018). Plan de Acción de Gobierno Abierto de La Libertad 2018-2020. Disponible en: https://www.opengovpartnership.org/wp-content/uploads/2018/12/La-Libertad_Action-Plan_2018-2020_0.pdf [Accedido el 26 de noviembre de 2020]
- ⁷² Gobierno Regional La Libertad (2016) Estrategia Regional para la Gestión de los Recursos Hídricos en La Libertad. Disponible en:

http://www.regionlalibertad.gob.pe/gramb/index.php?option=com_content&view=article&id=115:estrategia-regional-para-la-gestion-de-los-recursos-hidricos-en-la-libertad&catid=17:rotatornoticias&Itemid=33 [Accedido el 25 de noviembre de 2020]

⁷³ Gobierno Regional La Libertad. (2013). Plan Accion_ambiental_regional_ La Libertad - Peru 2013-2021. Available at: <http://bienvenidoaviru.blogspot.com/2014/10/plan-de-accion-ambiental-en-la-libertad.html> [Accessed 17 December 2020]

⁷⁴ Sanabria, J., et al. (2018) Gobierno Regional La Libertad. (2016). Estrategia Regional de Cambio Climático de La Libertad. Disponible en: <http://sial.segat.gob.pe/documentos/estrategia-regional-cambio-climatico-libertad-version-amigable> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]

⁷⁵ Gobierno Regional La Libertad. (2012). Plan Regional de Reforestación La Libertad. Disponible en <http://sir.regionlalibertad.gob.pe/admin/docs/2PLAN%20REGIONAL%20DE%20REFORESTACION.pdf> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]

⁷⁶ Gobierno Regional La Libertad. (2016). Plan de Desarrollo Regional Concertado: Pdrcl La Libertad 2016 – 2021. Disponible en: <https://www.regionlalibertad.gob.pe/transparencia/transparencia-grll/transparencia-institucional/planeamiento-y-organizacion/planes/plan-de-desarrollo-concertado-pdc> [Accedido el 25 de noviembre de 2020]