

2.2 Servicios ecosistémicos de la infraestructura azul-verde para la adaptación y mitigación del cambio climático: caso del tramo urbano del Río Chili, Arequipa (Perú)

Carla Patricia Iruri Ramos [0000-0002-6447-5369], Universidad Católica de Santa María, Escuela Profesional de Arquitectura, Arequipa, Perú. ciruri@ucsm.edu.pe

Andrea Chanove Manrique [0000-0001-9170-1328], UCSM, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. achanove@ucsm.edu.pe

Karla Vilca Campana [0000-0002-5905-9301], UCSM, EPIA. 76354812@ucsm.edu.pe

Lorenzo Carrasco Valencia [0000-0002-3532-8028], UCSM, EPIA. 71629417@ucsm.edu.pe

Berly Edinssón Cárdenas Pillco [0000-0003-0555-8540], UCSM, EPIA. bcardenas@ucsm.edu.pe

Resumen - Los ríos urbanos son infraestructuras azul – verdes de gran importancia debido a los múltiples servicios ecosistémicos (SE) que ofrecen; fortalecen la conectividad de hábitats y reducen la fragmentación del paisaje causada por el rápido desarrollo de las ciudades. El tramo urbano del río Chili en Arequipa, Perú posee un reconocido valor paisajístico, cultural y recreativo; sin embargo, existe una pérdida paulatina del corredor debido a fenómenos ambientales y alteraciones antrópicas. Se busca desarrollar una investigación bajo el enfoque de SE que permita comprender de manera holística el potencial del río en su paso por la ciudad como medida para la adaptación – mitigación del cambio climático. En primer lugar, se definió el tramo urbano del río Chili y se determinan los principales SE que aporta mediante una evaluación por expertos internacionales y nacionales en corredores ribereños. En segundo lugar, en base a una revisión bibliográfica, se asociaron los SE provistos según su capacidad para la adaptación o mitigación frente al cambio climático en la ciudad de Arequipa. Los resultados de las encuestas realizadas a expertos internacionales reflejan que el SE más importante que aporta un río urbano es la educación ambiental. Por otro lado, el principal SE que brinda el tramo urbano del río Chili es la provisión de agua dulce, seguido del mantenimiento funcional de ecosistemas, regulación de los flujos de agua y regulación de clima, entre otros. La mayoría de SE contribuyen a la adaptación al cambio climático; sin embargo, se identificaron dos servicios -regulación de calidad de aire y purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono- como mecanismos de mitigación, por lo que el río

urbano es considerado como elemento clave para enfrentar el cambio climático en la ciudad de Arequipa, aumentando su nivel global de resiliencia.

Palabras clave - Servicios ecosistémicos, infraestructura verde y azul, mitigación y adaptación al cambio climático

Resumo - Os rios urbanos, componentes das infraestruturas azul e verde, são de grande importância devido aos múltiplos serviços ecossistêmicos que oferecem; eles fortalecem a conectividade dos habitats e reduzem a fragmentação da paisagem causada pelo rápido desenvolvimento urbano. O trecho urbano do rio Chili em Arequipa (Peru), possui reconhecido valor paisagístico, cultural e recreativo, sofre, no entanto, uma perda gradual do seu corredor, devido aos fenômenos ambientais e às alterações antrópicas. Pretende-se desenvolver uma investigação sob a abordagem dos SE que permita uma compreensão holística do potencial do rio à medida que atravessa a cidade, concebendo-o como medida de adaptação e de mitigação das alterações climáticas. Em primeiro lugar, foi definido o trecho urbano do rio Chili e os principais serviços ecossistêmicos com que ele contribui, sendo estes determinados por meio de uma avaliação por parte de especialistas, internacionais e nacionais, em corredores ripários. Em segundo lugar, com base em uma revisão bibliográfica, os serviços ecossistêmicos identificados na cidade de Arequipa foram relacionados com as suas respectivas capacidades de adaptação (ou mitigação) às mudanças climáticas. Os resultados das pesquisas realizadas com especialistas internacionais mostram que o serviços ecossistêmicos mais importante de um rio urbano é para a educação ambiental. Por outro lado, o principal SE fornecido pelo trecho urbano do rio Chili é o abastecimento de água doce, seguido da manutenção funcional dos ecossistemas, regulação dos fluxos hídricos e do clima, entre outros. A maioria dos SE contribui para adaptação às mudanças climáticas; dois serviços - a regulação da qualidade do ar e purificação do ar - através da captura e armazenamento de carbono, foram identificados como mecanismos de mitigação, de forma que o rio urbano é considerado um elemento-chave para enfrentar as mudanças climáticas em Arequipa, contribuindo para aumentar o nível global de resiliência.

Palavras-chave - Serviços ecossistêmicos, infraestruturas verde e azul, mitigação e adaptação às mudanças climáticas

1. INTRODUCCIÓN

Los ríos son un sistema de corredores ecológicos o infraestructuras azul-verde de gran importancia que fortalecen la conectividad del hábitat, restauran la función de servicio del

ecosistema, reducen el daño de la fragmentación del paisaje causado por el rápido desarrollo de las ciudades y ayudan a enfrentar el cambio climático aumentando los niveles globales de resiliencia del sistema urbano y brindando servicios ecosistémicos (SE) (Dong et al., 2021; Magdaleno et al., 2018). Los ríos tienen muchos beneficios como es la presencia de comunidades de microorganismos que están constituidos por seres autótrofos y heterótrofos (Camacho et al., 2016), en donde los procesos de producción primaria se dan gracias a la fijación de energía de los seres autótrofos mediante la fotosíntesis, convirtiendo materia inorgánica a orgánica con el objetivo de dar inicio al ciclo de nutrientes y energía a través de las cadenas tróficas. También los ríos presentan en sus márgenes un monte ribereño junto a los islotes de vegetación que constituyen barreras naturales capaces de regular el cauce y que sirven como sistemas de amortiguación como agentes secuestradores de carbono terrestre y por consiguiente mejoran los sumideros de carbono en el suelo (Bednarska et al., 2018). Por lo tanto, un ecosistema fluvial desempeña y cumple un papel fundamental para las poblaciones humanas, ya que presenta varios SE que ayudan al desarrollo sostenible de una ciudad y que tienen que ser cuidados de una forma sostenible para prevalecer la subsistencia de la población y el ambiente (WWF, 2018).

Los ríos tienen diferentes denominaciones según la ubicación espacial en la que se encuentran, uno de ellos es el río urbano. Durán, Pons y Serrano (2020) indican que “un río podría ser urbano si la dinámica de este está afectada por la ciudad. Dicho de otra manera, un tramo urbano sería aquel que presenta usos del suelo urbanos en toda o parte de su llanura de inundación” es por lo que sugiere que se puede definir el tramo urbano de un río cuando en su dominio y/o zonas de protección definidas por ley se deben encontrar usos urbanos (Durán Vian et al., 2020). Un río urbano tiene un valor cultural muy importante en el mismo diseño del paisaje que lo conforma. En los últimos años, según Zhao et al. (2019), este valor está disminuyendo, por lo que se debe analizar la integración y exhibición de la cultura regional en función del diseño del tramo urbano del río a través de la socialización e interacción con el paisaje urbano cotidiano, de manera que las personas desarrollen un sentido ecológico (Xu et al., 2019).

En la ciudad de Arequipa el río urbano más importante es el río Chili, ya que apoya a la subsistencia de diferentes especies de fauna y flora de la ciudad; es un componente trascendental en lo que respecta a la belleza paisajística que puede brindar, del mismo modo representa en muchos aspectos un lugar emblemático para la ciudad (Basak et al., 2021). Esto deriva de su ubicación geográfica y su desarrollo histórico en la ciudad, siendo este un río de vital importancia para su comunidad (Montesinos-Tubée et al., 2019). En los últimos años el río ha sido alterado por la contaminación de factores antrópicos afectando en sí las asociaciones, composición y abundancia de especies amenazadas y endémicas, por lo que es necesario conocer los SE que ofrece el río como estrategias para la adaptación y mitigación del cambio climático.

2. CASO DEL TRAMO URBANO DEL CORREDOR RIBEREÑO DEL RÍO CHILI EN AREQUIPA, PERÚ

Arequipa es parte de la cuenca hidrográfica del río Chili y está delimitada por la cordillera de los Andes al noreste y hacia el suroeste por el desierto de Atacama, a una altura de 2329 m.s.n.m. Se localiza entre las regiones naturales de la costa y sierra, rodeada por volcanes activos (Libélula, 2018). Su clima es templado de tipo continental, considerado como semi desértico debido a la escasez de precipitaciones, cuya variación anual está en un margen de 27,20 mm, y oscilaciones térmicas diurnas importantes. Durante el día las temperaturas fluctúan entre los 15 y 23°C y descienden en la noche aproximadamente hasta los 10°C. Presenta veranos lluviosos, concentrando las precipitaciones entre enero y marzo; el resto de los meses se caracteriza por una deficiente humedad relativa promedio del 34% (Llanque, 2004; Marengo et al., 2008). Por otro lado, Arequipa es la segunda ciudad más grande del Perú, en términos económicos y de población y, por ende, una de las zonas urbanas de mayor relevancia a escala nacional (IMPLA, 2016). Alberga a más de 1 millón de habitantes (INEI, 2017) y cuenta con una enorme capacidad productiva, contribuyendo con un 5,5 % al PBI nacional, uno de los índices de PBI más altos en el país. (BCRP, 2016). Esta dinámica urbana ha generado un esquema de desarrollo mono céntrico; el cual, aunado a una expansión territorial explosiva ocasionada por procesos de invasión y especulación de tierras, ha devenido en un crecimiento urbano indiscriminado; aumentando la necesidad del transporte urbano, los índices de contaminación, fragmentación urbana y desarticulación con los ecosistemas naturales existentes (IMPLA, 2016). Dicha problemática estructural se manifiesta directamente en la vulnerabilidad de Arequipa frente al cambio climático, siendo los principales problemas que enfrenta: La inadecuada capacidad de respuesta frente a eventos de lluvia intensa; la escasa disponibilidad de recursos hídricos, la presión sobre el corredor ecológico del río Chili por urbanización, la contaminación de las aguas del río y el potencial efecto de isla de calor en el centro histórico por un déficit de áreas verdes y pérdida de área agrícola intraurbana (Libélula, 2018).

Esta situación coloca en incertidumbre el deseado modelo de desarrollo sustentable para Arequipa y señala la necesidad de restablecer la articulación entre sus sistemas naturales y socio-urbanos. Para esto es fundamental reconocer y valorar los espacios que prestan valiosos SE en las ciudades (Vásquez, 2016) como es el caso de los ríos urbanos, los cuales constituyen un tipo de infraestructura azul – verde (BGI) y actúan como amortiguadores naturales gracias a los múltiples servicios ecosistémicos (SE) de regulación, provisión, soporte y cultura que brindan. Combaten el efecto de isla de calor urbano (Créso et al., 2018); regulan la temperatura (Wu et al., 2018); mejoran significativamente la calidad del aire (Jayasooriya et al., 2017); aumentan la infiltración de agua, minimizan la escorrentía superficial (Armson et al., 2013); mitigan el riesgo de sequías e inundaciones y brindan beneficios sociales de recreación y ocio (Magdaleno et al., 2018). La multifuncionalidad de los ríos urbanos determina su valiosa utilidad no solo para organizar el territorio y conectar ecosistemas; sino también para enfrentar al cambio climático (Karis y Ferraro, 2017). En ese sentido, Arequipa cuenta con el tramo urbano del río Chili, el cual atraviesa la ciudad de norte a suroeste, actuando como un eje en su configuración territorial. Su cuenca provee de agua urbana y rural, y permite activi-

dades energéticas y agrícolas (Oficina de Asesoría y consultoría Ambiental de Municipalidad Provincial de Arequipa, 2002). A pesar de su reconocido valor paisajístico, cultural y recreativo; existe una pérdida paulatina del corredor ecológico del río debido a fenómenos ambientales y alteraciones antrópicas (Zeballos, 2020). En la actualidad se han realizado estudios orientados a la descontaminación de sus aguas y el entendimiento de sus aspectos fisicoquímicos, hidrobiológicos y de biodiversidad; sin embargo, no se han desarrollado investigaciones bajo el enfoque de servicios ecosistémicos que permitan comprender de manera holística la casuística del río en su paso por la urbe y su potencial como medida para enfrentar el cambio climático. Esto constituiría el primer paso para un futuro plan integral de renaturalización del río y al mismo tiempo, resultaría fundamental como herramienta de planificación territorial, gestión y desarrollo socioambiental del principal curso hídrico de Arequipa.

3. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio forma parte de la cuenca Quilca-Chili, en el departamento de Arequipa, en la provincia de Arequipa. La cuenca está ubicada en la vertiente occidental de la Cordillera de Los Andes, perteneciendo a la región hidrográfica del Océano Pacífico. La cuenca Quilca-Chili está formada por 11 Unidades Hidrográficas, siendo el área de estudio parte de la unidad hidrográfica Medio Quilca-Vítor-Chili, la cual tiene una superficie total de 2334,60 km², esta unidad comprende la extensión del río Chili, que cuenta con 88,2 km (ANA, 2013; USAID, 2017) donde el área de estudio de la investigación comprende el tramo urbano con una extensión de 39,7 km (Figura 1).

207

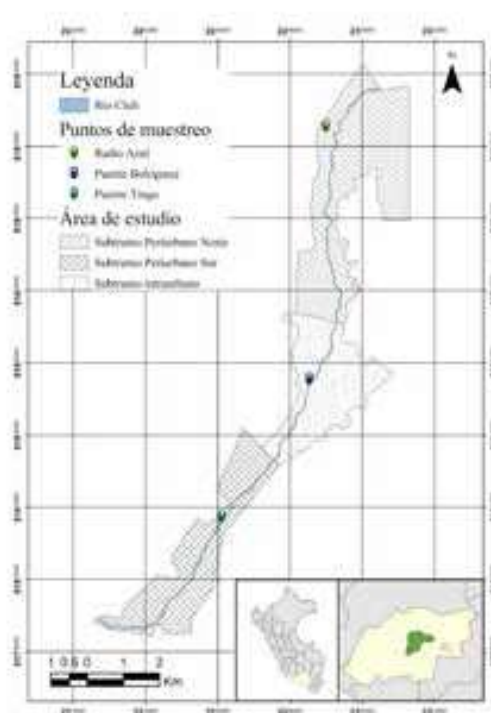


Figura 1: Mapa de la cuenca urbana del río Chili.

Fuente: Elaboración propia en base al Instituto Municipal de Planeamiento – IMPLA, 2016.

4. METODOLOGÍA

4.1 Definición del tramo urbano de un río

Durán, Pons y Serrano (2020) proponen una metodología práctica para definir los tramos urbanos de un río a partir de la aplicación de un criterio de distancias estandarizadas en torno a los cauces, que además se ajuste a la legislación existente de la ciudad determinada. Se conviene que el tramo de un río puede considerarse urbano cuando:

1. En su Dominio y/o Zonas de Protección definidas por ley se deben encontrar usos urbanos.
2. Su curso de agua se debe encontrar inmerso en una matriz urbana. Es decir, que un tramo fluvial ha de ser urbano siempre que existan coberturas materialmente urbanas en la franja de 100 metros medida desde los márgenes del río y/o en todo el perímetro circundante al mismo.

Asimismo, se diferenciaron dos tipos de tramos fluviales urbanos. Los “intraurbanos”, que son aquellos que presentan usos urbanos en ambas márgenes y los “periurbanos”, en los que se presentan usos urbanos en una sola margen. Se consideró oportuno discriminar las infraestructuras urbanas aisladas, por lo que han de tenerse en cuenta desarrollos urbanos cuyas superficies sean mayores a 20 ha. y contribuyan a la consolidación y funcionalidad del tejido urbano.

208

Selección de SE a evaluar

Para la selección de los SE a colocar en las encuestas se decidió realizar una exhaustiva búsqueda bibliográfica con el fin de poder abarcar la mayor cantidad posible de SE característicos de los ríos mencionados por distintos autores y se elaboró una tabla.

Evaluación de importancia de SE

Se elaboraron dos encuestas en escala de Likert (Andrade et al., 2017) para evaluar la percepción de 32 expertos internacionales respecto a la importancia de los SE de los ríos urbanos, y a partir de estos resultados se realizó una segunda evaluación de percepción a 20 expertos locales en materia de gestión hídrica relacionados al río Chili y de esta forma poder seleccionar los SE más importantes en base a los datos obtenidos. La escala se construyó del 1 al 5 donde 1 es No importante y 5 es Muy importante. Para seleccionar los SE en cada evaluación se consideró aquellos que obtuvieron un valor promedio mayor o igual a 4 en esta escala. (Martínez-Martínez et al., 2022)

Análisis estadístico de la evaluación con el método ANOVA-Tukey

Una vez obtenidos los resultados de la encuesta internacional y local se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) y la comparación en parejas de Tukey (Casado et al., 2013) en el software

Minitab 19 para las medias de las valoraciones de importancia de los SE según la escala de Likert y se confirmó la hipótesis alterna (H1: No todas las medias son iguales).

Servicios ecosistémicos, infraestructura verde-azul y cambio climático

Se conoce que la infraestructura azul-verde puede ayudar a enfrentar el cambio climático, a través de la provisión de SE (Gill et al., 2018). El cambio climático debe ser abordado a través de mecanismos de mitigación y adaptación que logren mejorar la resiliencia frente a peligros climáticos (Cavan et al., 2021). Se entiende la adaptación al cambio climático es el proceso de ajuste al cambio actual o futuro en el clima y sus efectos; reduciendo vulnerabilidad frente a estos efectos peligrosos; por otro lado, la mitigación al cambio climático se asocia a los esfuerzos por disminuir la emisión actual y futura de gases de efecto invernadero, con la finalidad de disminuir la tasa y magnitud del calentamiento, aumentando el tiempo disponible para lograr la adaptación al cambio climático (IPCC, 2014). En base a una revisión bibliográfica (Tabla I) se asociaron los SE provistos por la infraestructura azul-verde según su capacidad para la adaptación o mitigación frente al cambio climático en la ciudad de Arequipa.

Tabla I: Servicios ecosistémicos y cambio climático.

Fuente: European Environment Agency, 2011.

Principal tipo de servicio ecosistémico	Cambio climático						
	Adaptación			Mitigación			
	Mitigación del efecto isla de calor urbano: evapotranspiración, sombreado y flujo de aire	Fortalecimiento de la resiliencia de los ecosistemas al cambio climático	Almacenamiento de agua de inundación y reducción de la escorrentía para reducir el riesgo de inundaciones	Secuestro de carbón	Fomentar los viajes sostenibles	Reducir el uso de energía para la calefacción y refrigeración de edificios.	Proporcionar espacio para las energías renovables
Provisión							
Agua			•				
Regulación							
Calidad del aire					•		
Regulación climática	•	•		•	•	•	•
Regulación de eventos extremos			•				
Regulación de los flujos de agua			•				
Soporte							
Mantenimiento de ciclos de vida de especies migratorias		•					

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Definición del tramo urbano del río Chili, Arequipa – Perú

El área de estudio se encuentra definida por el área urbana y periurbana alrededor del río Chili (Fig. 2), la cual se encuentra conformada por el área ribereña y sector residencial, con la presencia de áreas verdes a lo largo del corredor ribereño. Se identificaron tres subtramos como parte del tramo urbano del río Chili. El primer tramo se encuentra delimitado desde el Santuario Virgen de Chapi – Charcani hasta el puente Chilina, considerándose el subtramo periurbano norte. El segundo tramo, desde el mismo punto hasta llegar al puente San Isidro, se considera el subtramo intraurbano, al presentar usos urbanos a ambos márgenes del río. El tercer tramo, se encuentra delimitado hacia el sur hasta el puente Congata, donde se presenta un uso urbano en al menos uno de los márgenes del río de forma intermitente, considerándose el subtramo periurbano sur (Figura 2).

De manera similar (Durán Vian et al., 2020; Vásquez, 2016) definieron el tramo urbano de los ríos Mapocho (Santiago de Chile, Chile) y Zadorra (Vitoria, España). En el caso del río Zadorra, se distinguieron sus subtipos intraurbanos y periurbanos en base a la diferencia del margen rural y margen urbano del río (Durán Vian et al., 2020).

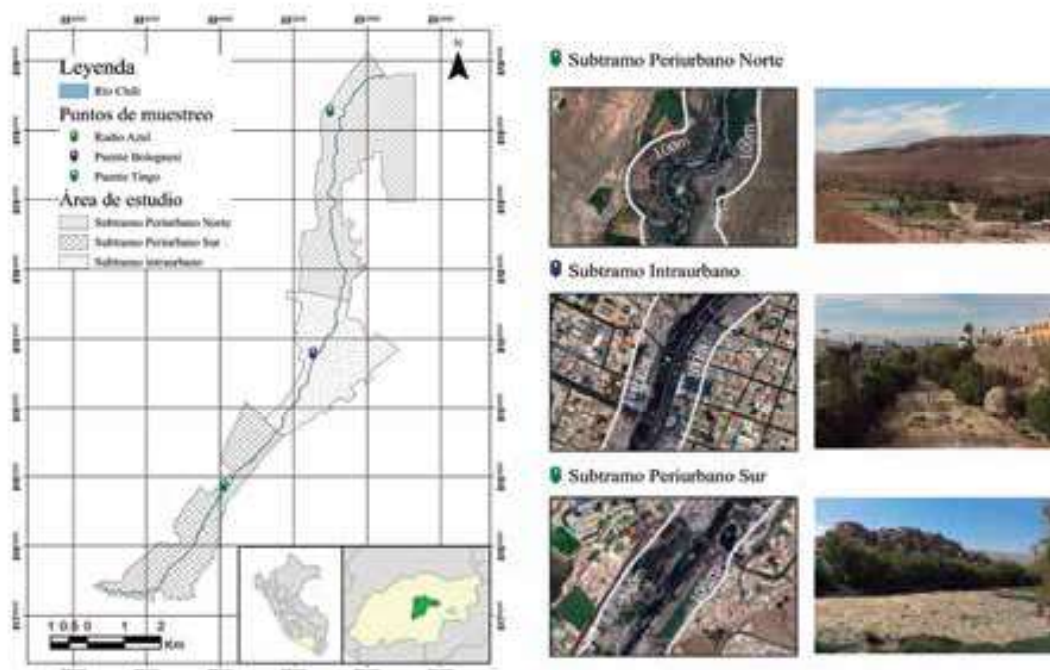


Figura 2: Subtramos de la cuenca urbana del río Chili.

Fuente: Elaboración propia en base al Instituto Municipal de Planeamiento – IMPLA, 2016.

Lista de servicios ecosistémicos

Se realizó una revisión bibliográfica de SE hídricos asociados a las infraestructuras verde-azul. En base a revisión bibliográfica, donde se consideraron 14 documentos entre artículos, libros y reportes (Cano & Haller, 2018; García et al., 2020; Magdaleno, 2017; Magdaleno et al., 2018; O'Donnell et al., 2020; Ojeda, 2017, 2020; Romero-Duque et al., 2020; Ruiz Meza, 2018; Vásquez, 2016; D.Wu et al., 2018; Yang et al., 2020; Zambrano & Bernard, 1993; Zamora Saenz et al., 2018; Zingraff-hamed, 2018), se obtuvo la lista de 36 SE (Tabla 2).

Tabla 2. Revisión bibliográfica de servicios ecosistémicos asociados a infraestructuras azul-verde.

Fuente: Elaboración propia en base a autores*.

Servicios ecosistémicos	
Provisión	Regulación
• Agua dulce • Productos maderables • Productos no maderables • Alimento • Plantas como fuente de energía	• Control de erosión y mantenimiento de suelo • Almacenamiento de nutrientes • Control de plagas y enfermedades • Control de sequías • Regulación de los regímenes de lluvia y efecto albedo
Cultural	• Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos • Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono atmosférico. • Calidad del agua • Regulación de flujos de agua • Reducción de riesgos por crecientes • Confort térmico, reducción del uso de energía • Regulación del clima local. • Regulación de la calidad de aire • Protección contra incendios • Mantener las poblaciones y los hábitats. • Polinización
Soporte	
Mantenimiento funcional de ecosistemas, Formación del suelo, Producción primaria, Ciclo de nutrientes, Ciclo del agua	

*Cano & Haller, 2018; García et al., 2020; Magdaleno, 2017; Magdaleno et al., 2018; O'Donnell et al., 2020; Ojeda, 2017, 2020; Romero-Duque et al., 2020; Ruiz Meza, 2018; Vásquez, 2016; D.Wu et al., 2018; Yang et al., 2020; Zambrano & Bernard, 1993; Zamora Saenz et al., 2018; Zingraff-hamed, 2018

6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN INTERNACIONAL DE LA IMPORTANCIA DE LOS SE

Una vez realizada la encuesta internacional, sobre los 36 SE escogidos se procedió a realizar un ANOVA con comparaciones de Tukey ($\alpha = 0.05$) en el programa Minitab 19 para detectar las medias que fueran significativamente diferentes y obtener el gráfico de intervalos de los SE basados en la desviación estándar agrupada. Como podemos observar en la Tabla 3, de los 36 SE evaluados en la encuesta, solo 23 de ellos comparten la agrupación A y a su vez estos cuentan con una media mayor o igual que 4. También se consideró el SE purificación del aire, con una media de 3.969, como resultado del análisis estadístico (Tabla 3). Estos SE valuados como los más importantes serán los que se tomarán a consideración para la encuesta local

Tabla 3: Comparaciones en parejas de Tukey de los servicios ecosistémicos empleados en la encuesta internacional. Fuente: Elaboración propia.

Factor	N	Media	Agrupación										
Educación ambiental	32	4.813	A										
Mantenimiento funcional de ecosistemas	31	4.7419	A	B									
Salud física y mental	32	4.688	A	B									
Ciclo del agua	31	4.613	A	B	C								
Legado o herencia cultural	32	4.594	A	B	C								
Belleza escénica (Paisaje)	32	4.594	A	B	C								
Regulación de clima local	32	4.563	A	B	C								
Control de inundaciones y remoción en masa	32	4.563	A	B	C								
Mantener las poblaciones y los hábitats	32	4.469	A	B	C	D							
Investigación	32	4.406	A	B	C	D							
Confort térmico, reducción del uso de energía	32	4.406	A	B	C	D							
Interacciones espirituales e intelectuales	32	4.375	A	B	C	D	E						
Ciclo de sedimentos	30	4.367	A	B	C	D	E						
Calidad del agua	32	4.344	A	B	C	D	E						
Reducción de riesgos por crecientes	32	4.313	A	B	C	D	E	F					
Regulación del agua superficial, subterránea, subsuperficial y basal	32	4.250	A	B	C	D	E	F					

Saberes tradicionales	32	4.219	A	B	C	D	E	F	G				
Agua dulce	32	4.219	A	B	C	D	E	F	G				
Mantenimiento de la productividad	32	4.125	A	B	C	D	E	F	G	H			
Regulación de calidad de aire	32	4.031	A	B	C	D	E	F	G	H			
Regulación de los regímenes de lluvia y el efecto del albedo	32	4.031	A	B	C	D	E	F	G	H			
Ciclo de nutrientes	29	4.000	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono	32	3.969	A	B	C	D	E	F	G	H	I		
Ecoturismo	32	3.875		B	C	D	E	F	G	H	I		
Control de sequías	32	3.875		B	C	D	E	F	G	H	I		
Control de erosión y mantenimiento del suelo	32	3.813		B	C	D	E	F	G	H	I		
Polinización	32	3.719			C	D	E	F	G	H	I		
Control de plagas y enfermedades	32	3.563				D	E	F	G	H	I		
Almacenamiento de nutrientes	32	3.563				D	E	F	G	H	I		
Alimento: Agricultura, ganadería	32	3.469					E	F	G	H	I		
Protección contra incendios	32	3.406						F	G	H	I	J	
Formación del suelo	30	3.300							G	H	I	J	
Producción primaria	30	3.200								H	I	J	K
Productos no maderables	32	3.094									I	J	K
Plantas cultivadas como fuente de energía	32	2.500										J	K
Productos maderables	32	2.344											K

La desviación estándar agrupada se empleó para construir los intervalos de confianza lo cual muestra por qué las longitudes son similares en el gráfico de la Figura 3, también se observa en esta figura los 13 SE cuyas medias son notablemente inferiores a 4 y que por consiguiente no comparten agrupación con las 23 más altas, siendo significativamente diferentes. En esta encuesta el SE que tuvo mayor valoración en cuanto a su importancia fue el de Educación ambiental con una media de 4.813 según la Tabla 3.

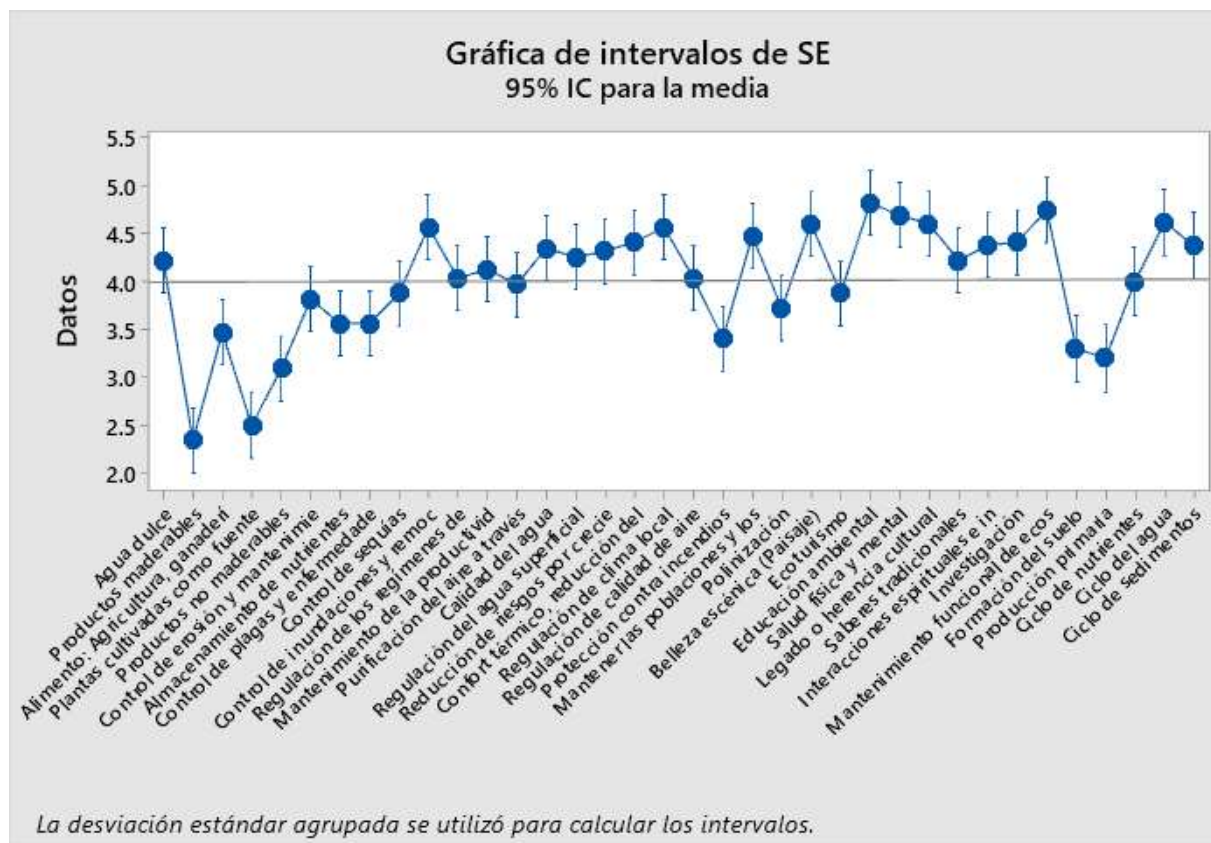


Figura 3: Gráfica de medias e intervalos para los resultados de la encuesta internacional de 36 SE.
Fuente: Elaboración propia.

Resultados de la evaluación local de la importancia de los SE

Para realizar la encuesta local se tomaron los 23 SE con una importancia media mayor o igual a 4 de la encuesta internacional y se repitió el proceso de análisis mediante un ANOVA y comparaciones en parejas de Tukey ($\alpha = 0.05$) realizada en Minitab 19.

En el caso de la encuesta local las medias de las valoraciones de los SE no variaron tanto como en la encuesta internacional, de tal forma que, como se muestra en la Tabla 4, en las agrupaciones de Tukey solo aparecen 2 letras y únicamente hay dos servicios con medias significativamente diferentes a las de la agrupación A (medias más altas), sin embargo, el SE de Regulación de los regímenes de lluvias y el efecto albedo, pese a tener una media que no es significativamente diferente a las del grupo A, no se le considera dentro de los SE aprobados por tener un promedio notablemente inferior y no aproximable a 4.

Tabla 4. Comparaciones en parejas de Tukey de los servicios ecosistémicos empleados en la encuesta local.

Fuente: Elaboración propia.

Factor	N	Media	Agrupación	
Agua dulce	20	4.850	A	
Mantenimiento funcional de ecosistemas	20	4.700	A	
Investigación	20	4.700	A	
Belleza escénica (Paisaje)	20	4.700	A	
Mantener las poblaciones y los hábitats	20	4.650	A	
Calidad del agua	20	4.600	A	B
Ciclo del agua	20	4.500	A	B
Regulación del agua superficial, subterránea, subsuperficial y basal	20	4.500	A	B
Regulación de clima local	20	4.400	A	B
Educación ambiental	20	4.200	A	B
Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos	20	4.200	A	B
Ciclo de nutrientes	20	4.150	A	B
Legado o herencia cultural	20	4.150	A	B
Salud física y mental	20	4.150	A	B
Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono	20	4.150	A	B
Ciclo de sedimentos	20	4.050	A	B
Reducción de riesgos por crecientes	20	4.050	A	B
Saberes tradicionales	20	4.000	A	B
Regulación de calidad de aire	20	4.000	A	B
Control de inundaciones y remoción en masa	20	4.000	A	B
Regulación de los regímenes de lluvias y el efecto albedo	20	3.900	A	B
Interacciones espirituales e intelectuales	20	3.600		B
Confort térmico, reducción del uso de energía	20	3.600		B

Según la Figura 4, podemos observar al igual que en la Figura 3, los SE con medias menores a 4 son: interacciones espirituales e individuales, confort térmico, reducción del uso de energía y regulación de los regímenes de lluvia y el efecto albedo. A su vez, el SE que fue considerado como el más importante fue el de Agua dulce con una media de 4.85 según la Tabla 4.

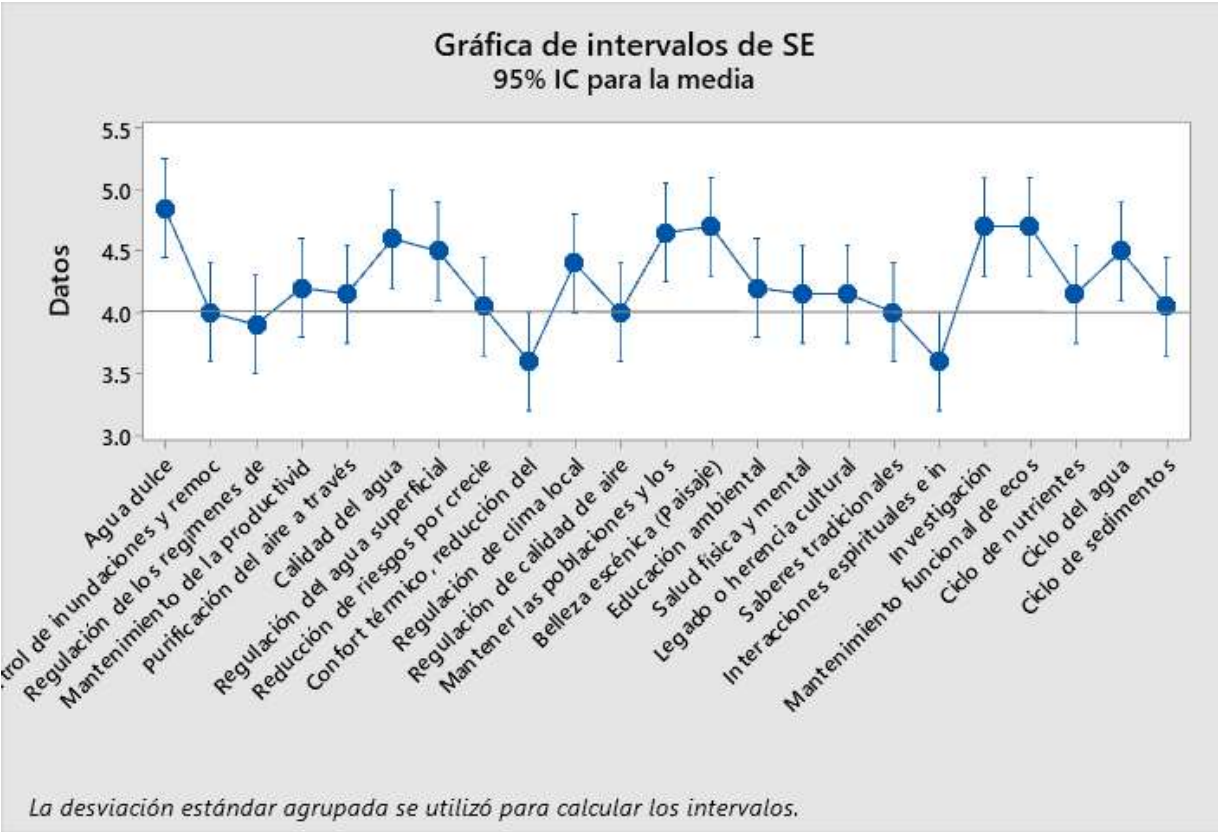


Figura 4: Gráfica de medias e intervalos para los resultados de la encuesta local de 23 SE.
Fuente: Elaboración propia .

Servicios ecosistémicos y cambio climático

Los SE resultantes para el tramo urbano del río Chili fueron clasificados según su capacidad para la adaptación o mitigación frente al cambio climático (Tabla 5).

Tabla 5: Servicios ecosistémicos del río Chili asociados a mecanismos de adaptación y mitigación al cambio climático.

Fuente: Elaboración propia

Tipo	Servicio ecosistémico	Ámbito	
		Adaptación	Mitigación
Provisión	Agua dulce	•	
Regulación	Regulación del clima local	•	
	Control de inundaciones y remoción en masa.	•	
	Mantener poblaciones y hábitats.	•	
	Calidad de agua	•	
	Reducción de riesgos por crecientes.	•	
	Regulación del agua superficial, subterránea, subsuperficial y basal.	•	
	Mantenimiento de la productividad de los ecosistemas acuáticos.		•
	Regulación de calidad de aire.		•
	Purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono		
Soporte	Mantenimiento funcional de ecosistemas	•	
	Ciclo del agua	•	
	Ciclo de sedimentos	•	
	Ciclo de nutrientes	•	

Es por ello, que se puede decir que, para los expertos locales e internacionales, son importantes muchos de los servicios ecosistémicos asociados a la adaptación al cambio climático que puede ser provisto en el tramo urbano del río Chili. Solo en el caso de los SE culturales (belleza escénica, investigación, educación ambiental, salud física y mental, legado o herencia cultural, investigación y saberes tradicionales), no tienen una relación directa con medidas de adaptación o mitigación al cambio climático.

7. DEBATE

Los resultados de las encuestas realizadas a expertos internacionales reflejan que el SE más importante es la educación ambiental. Esto evidencia que la mayoría de los expertos participantes tienen sesgo académico. La importancia de la educación ambiental radica en que construye la capacidad adaptativa de las personas en los sistemas socio-ecológicos, tales como los ríos urbanos, acrecentando su resiliencia (Krasny et al., 2010). La educación ambiental contribuye al aprendizaje social, considerándose fundamental para una gobernanza participativa que involucre a múltiples actores y una gestión adaptable de los recursos (De Luca et al., 2021; Krasny et al., 2010). En cuanto a los resultados a nivel de expertos locales, se identificó como principal SE al servicio de provisión de agua dulce, el que se considera como uno de los principales SE hídricos que proveen las infraestructuras azul-verdes

(García et al., 2020; Ruiz Meza, 2018; Zamora Saenz et al., 2018). Este hallazgo responde a la necesidad de subsistencia del ser humano. Los primeros asentamientos se ubicaban estratégicamente cerca de un río porque se aseguraba un abastecimiento y recursos de consumo indispensables para la vida (Kondolf & Pinto, 2017; Roth, 1999). Este es el caso de la ciudad de Arequipa y el río Chili, donde la cuenca hidrográfica a la que pertenece abastece de agua a numerosos distritos de la ciudad de Arequipa, satisfaciendo el uso urbano y actividades económicas como la agricultura.

Al analizar los servicios provistos por el río urbano como estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático, se identifica que la mayoría contribuye a la adaptación al cambio climático en la ciudad. La provisión de agua dulce se refleja como una estrategia de adaptación frente al cambio climático, debido a que este es un factor que tiene gran impacto en el recurso hídrico (Cano & Haller, 2018). Se espera que la demanda de agua en el área urbana aumente un 80% para el 2050, por lo que una mejor eficiencia en la gestión del agua en las cuencas hidrográficas podría asegurar el recurso para su uso en actividades económicas, como la agricultura, y suministro a las áreas urbanas (Flörke et al., 2018). Asimismo, una adecuada gestión de la infraestructura azul-verde y sus servicios de regulación pueden contribuir a la reducción de riesgos, como mecanismo de adaptación al cambio climático, de manera funcional y rentable a largo plazo. (Depietri & McPhearson, 2017). Por lo que la restauración ecosistémica de estos servicios en las ciudades tendría impactos significativos en la regulación de flujos de agua, reducción de inundaciones y otros eventos extremos. El servicio de regulación del clima local apoya la mitigación del efecto de isla de calor y mejora el sombreado y flujo de aire, debido a que la infraestructura verde-azul ayuda a regular la temperatura de los ecosistemas (Depietri & McPhearson, 2017; EEA, 2011; C. Wu et al., 2019). Por lo tanto, estos servicios contribuyen a la adaptación al cambio climático, fortaleciendo la resiliencia de los ecosistemas frente al mismo.

Si bien, la mayoría de los servicios de regulación se asociaron a mecanismos de adaptación, se identificaron dos servicios (regulación de calidad de aire, purificación del aire a través de la captura y almacenamiento de carbono) como mecanismos de mitigación. Una buena gestión de ecosistemas permite la reducción de emisiones, una mayor fijación de carbono y manteniendo o aumentando los sumideros de carbono (Munang et al., 2013). Las acciones de mitigación y adaptación a corto y largo plazo determinarán los riesgos del cambio climático, donde la mitigación del cambio climático puede reducir la escala de adaptación necesaria (IPCC, 2014). Dada la importancia de los SE y su gestión para enfrentar el cambio climático y riesgos asociados, se sostiene que es necesario un mayor compromiso por parte de las autoridades en la gestión de los ecosistemas y su integración en los planes regionales de cambio climático.

En lo que respecta a los SE culturales; su importancia radica en la conformación de la identidad y herencia cultural y, si bien no tienen una relación directa como estrategias de mitiga-

ción o adaptación, algunos SE forman parte del cuidado e importancia para una comunidad. Los saberes ancestrales de diferentes comunidades indígenas son muy importantes para la adaptación al cambio climático, sin embargo, existen recientes esfuerzos de adaptación por deficiencias en creación de políticas en algunos países y ausencia de investigación (Adger et al., 2014). Este conocimiento es importante en diferentes áreas rurales tropicales, subtropicales, climas áridos para la adaptación a través de la planificación y práctica con este tipo de conocimientos (Petzold et al., 2020).

8. CONCLUSIONES

La presente investigación logró generar conocimiento sobre el papel del tramo urbano del río Chili en Arequipa, para enfrentar el cambio climático por medio de la identificación y asociación de los servicios ecosistémicos que aporta.

Se reconoció a través de diferentes expertos que el servicio ecosistémico más importante es el servicio de provisión de agua dulce, ya que en nuestra ciudad una de las actividades económicas principales es la agricultura, sin embargo es uno de los que es más impactado negativamente y poco valorado; por lo que el cuidado y la conservación de este recurso hídrico, debe ser una estrategia de adaptación a los cambios que puedan traer consigo los diferentes riesgos creados por el cambio climático, como las sequías e inundaciones, que muchas veces se han atravesado en la región.

Por último, se concluye que la preservación del tramo urbano del río Chili y sus servicios ecosistémicos contribuye en el incremento del nivel global de resiliencia de la ciudad de Arequipa, por lo que constituye un elemento clave para enfrentar el cambio climático. Por lo tanto, es fundamental la toma de decisiones y formulación de soluciones basadas en el reconocimiento de los servicios ecosistémicos que otorga a la ciudad, tomando en cuenta el valor de la infraestructura azul-verde como estrategia de adaptación y mitigación frente al cambio climático.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adger WN, Pulhin JM, Barnett J, Dabelko GD, Hovelsrud GK, Levy M, Oswald Spring Ú, Vogel. (2014). Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte A: Aspectos globales y sectoriales. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático ed CB Field et al (Cambridge: Cambridge University Press) Seguridad humana 755–91

ANA. (2013). Consejo de Recursos Hídricos de Cuenca Quilca - Chili. <https://www.ana.gob.pe/consejo-de-cuenca/quilca-chili/portada>

Armson, D.; Stringer, P.; Ennos, A. (2013) The effect of street trees and amenity grass on urban surface water runoff in Manchester, UK. Urban Forestry & Urban Greening. Volume 12, pp. 282-286

Banco Central de Reserva del Perú. (2016). Informe económico y social de la región Arequipa. Primera ed. Lima: Banco Central de Reserva del Perú. Disponible en <https://www.bcrp.gob.pe/docs/Proyeccion-Institucional/Encuentros-Regionales/2016/arequipa/ies-arequipa-2016.pdf>

Basak, M. S.; Grodzinska, M.; Hossain, M. S. y Tusznio, J. (2021). "Social benefits of river restoration from ecosystem services perspective: A systematic review". *Environmental Science & Policy*. Vol. 124, N. 2. (pp. 6 – 9). [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2021.06.005>

Bednarska, A. J., Wyżga, B., Mikuś, P., & Kędzior, R. (2018). Ground beetle communities in a mountain river subjected to restoration: The Raba River, Polish Carpathians. *Science of the Total Environment*, 610, 1180-1192.

Camacho, A.; González, J. M.; Muñoz, I.; Rodríguez, A.; Romani, A. M. y Sabater, S. (2016). "Flujo de energía en el ecosistema fluvial. Producción primaria y producción secundaria". *Conceptos y técnicas de ecología fluvial*: Barcelona, España. (pp. 13 – 18). [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://bit.ly/2Z9xgx8>

Cano, D., & Haller, A. (2018). Los servicios ecosistémicos hidrológicos: entre la urbanización y el cambio climático. Percepción campesina y experta en la subcuenca del río Shullcas, Perú. *Espacio y Desarrollo*, 32(31), 7–32. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201801.001>

Casado-Arzuaga, Izaskun, Madariaga, Iosu, Onaindia, Miren. (2013) Perception, demand and user contribution to ecosystem services in the Bilbao Metropolitan Greenbelt.

Cavan, G., Butlin, T., Gill, S., Kingston, R., & Lindley, S. (2021). Handbook of Climate Change Adaptation. *Handbook of Climate Change Adaptation*, Ipcc, 1–27. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-40455-9>

Créso, A.; Conor, G.; Krecl, P. (2018) Green or blue spaces? Assessment of the effectiveness and costs to mitigate the urban heat island in a Latin American city. *Theoretical and Applied Climatology* vol. 136, pp. 971–984

De Luca, C., Langemeyer, J., Vaño, S., Baró, F., & Andersson, E. (2021). Adaptive resilience of and through urban ecosystem services: A trans-disciplinary approach to sustainability in Barcelona. *Ecology and Society*, 26(4), in press.

Depietri, Y., & McPhearson, T. (2017). Integrating the Grey, Green, and Blue in Cities: Nature-Based Solutions for Climate Change Adaptation and Risk Reduction. In *library.oapen.org* (pp. 91–109). https://doi.org/10.1007/978-3-319-56091-5_6

Dong, W.; Du, Y.; Duan, Y.; Hou, Q.; Hou, X.; Zeng, Z. y Zhang, L. (2021). "Smart city oriented ecological corridor layout of Sanshui River Basin in arid area of Loess Plateau". *Sustainable Energy Technologies and Assessments: Xi'an, China*. Vol. 44, N. 35. (pp. 5 – 11). [Archivo PDF]. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.100993>

Durán Vian, F., Pons Izquierdo, J. J., & Serrano Martínez, M. (2020). ¿Qué es un río urbano? Propuesta metodológica para su delimitación en España. *ACE: Architecture, City and Environment*, 15(44), 0–1. <https://doi.org/10.5821/ace.15.44.9035>

EEA - European Environment Agency. (2011). Green infrastructure and territorial cohesion. In *Technical Report (Number 18) (Issue 18)*. <https://doi.org/10.2800/88266>

Flörke, M., Schneider, C., & McDonald, R. I. (2018). Water competition between cities and agriculture driven by climate change and urban growth. *Nature Sustainability* 2017 1:1, 1(1), 51–58. <https://doi.org/10.1038/s41893-017-0006-8>

Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF (2018). "Case Studies: What WWF is Doing". Fondo Mundial para la Naturaleza, WWF: Nueva York, Estados Unidos. [En línea]. Recuperado de: <https://bit.ly/3AjbIBm>

- García, A. M., Santé, I., Loureiro, X., & Miranda, D. (2020). Green infrastructure spatial planning considering ecosystem services assessment and trade-off analysis. Application at landscape scale in Galicia region (NW Spain). *Ecosystem Services*, 43(January), 101115. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2020.101115>
- Gill, S. E., Handley, J. F., Ennos, A. R., & Pauleit, S. (2018). Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure. *Planning for Climate Change*, 195–205. <https://doi.org/10.4324/9781351201117-23>
- Gobierno Regional de Arequipa (2009). Estrategia regional de adaptación al cambio climático en la región Arequipa
- Instituto Metropolitano de Planificación de Arequipa – Municipalidad Provincial de Arequipa. IMPLA (2016). Plan de Desarrollo Metropolitano. Arequipa. Disponible en <http://www.muniarequipa.gob.pe/index.php/impla-instituto-de-planeamiento/112-empresas-municipales/impla-instituto-municipal-de-planeamiento/151-plan-de-desarrollo-metropolitano-2016-2025>
- INEI - Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017). Censo Nacional 2017: XII de Población. Disponible en <http://censos2017.inei.gob.pe/redatam/>
- IPCC. (2014). Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Parte A: Aspectos globales y sectoriales. Contribución del Grupo de Trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático ed CB Field et al (Cambridge: Cambridge University Press) Resumen para responsables políticos 1–32
- IPCC (2014). Summary for policy makers. In Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511976988.002>
- Jayasooriya, V; NG, A.W.M; Muthukumaran. S; Perera, B. (2017) Green infrastructure practices for improvement of urban air quality. *Urban Forestry & Urban Greening*. Volume 21, pp. 34-47
- Karis, C. & Ferraro, R. (2017). Identificación de la infraestructura verde y azul en la ciudad de Mar del Plata. *Revista I + A Investigación + Acción*. N° 19. Pp. 187-206
- Kondolf, G. M., & Pinto, P. J. (2017). The social connectivity of urban rivers. *Geomorphology*, 277, 182–196. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.09.028>
- Krasny, M. E., Lundholm, C., & Plummer, R. (2010). Environmental education, resilience, and learning: Reflection and moving forward. *Environmental Education Research*, 16(5–6), 665–672. <https://doi.org/10.1080/13504622.2010.505445>
- Libélula, Comunicación, Ambiente y Desarrollo S. A. (2018). Vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en Arequipa Metropolitana. Caracas: Banco de Desarrollo de América Latina CAF. Disponible en <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/1181>
- Llanque, J. (2004). Planificación y diseño Bioclimático. Edición Dongo. Arequipa, Perú.
- Magdaleno, F. (2017). Aesthetic Vs. functional restoration of urban and peri-urban rivers: the Manzanares River in Madrid. *CSE - City Safety Energy*, 0(1), 48–59. <http://journals.lepenseur.it/index.php/cse/article/view/103>
- Magdaleno, F., Cortes, F., & Molina, B. (2018). Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. *Revista Digital Del Cedex*, (191), November, 105–112. <http://ingenieriacyil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/2350>
- Marengo, J.; Obregón, G. y Valverde, M. (2008). Cambio climático en Arequipa: Impactos, evaluaciones de vulnerabilidad y medidas de adaptación. Centro de Ciencias do Sistema Terrestre-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CCST/INPE). Cachoeira Paulista, São Paulo, Brasil.

- Martínez-Martínez, Y., Dewulf, J., & Casas-Ledón, Y. (2022). GIS-based site suitability analysis and ecosystem services approach for supporting renewable energy development in south-central Chile. *Renewable Energy*, 182, 363–376. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.10.008>
- Montesinos-Tubée, D., Núñez, H., Toni, B., Álvarez, E., Borgoño, A., Zegarra, J., Gutiérrez, G., Maldonado, M., Rodríguez, M., Riveros, G., Guillén, D. (2019). Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú). *Arnaldoa* 26(1): 97-130, 2019. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26106>
- Munang, R., Thiaw, I., Alverson, K., Liu, J., & Han, Z. (2013). The role of ecosystem services in climate change adaptation and disaster risk reduction. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(1), 47–52. <https://doi.org/10.1016/j.COSUST.2013.02.002>
- O'Donnell, E., Thorne, C., Ahilan, S., Arthur, S., Birkinshaw, S., Butler, D., Dawson, D., Everett, G., Fenner, R., Glenis, V., Kapetas, L., Kilsby, C., Krivtsov, V., Lamond, J., Maskrey, S., O'Donnell, G., Potter, K., Vercruyssen, K., Vilcan, T., & Wright, N. (2020). The blue-green path to urban flood resilience. *Blue-Green Systems*, 2(1), 28–45. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.199>
- Oficina de Asesoría y consultoría Ambiental / Municipalidad Provincial de Arequipa (2002). PROCHILI: Plan de gestión ambiental de la cuenca metropolitana del río Chili, Arequipa. Editorial OACA, Municipalidad Provincial de Arequipa, Perú.
- Ojeda, A. O. (2017). Hidrogeomorfología y Geodiversidad: El Patrimonio Fluvial (Issue Libro 1).
- Ojeda, A. O. (2020). Crecidas, inundaciones y resiliencia: restauración fluvial contra los falsos mitos. 549–567.
- Petzold, J., Andrews, N., Ford, J. D., Hedemann, C., & Postigo, J. C. (2020). Indigenous knowledge on climate change adaptation: A global evidence map of academic literature. *Environmental Research Letters*, 15(11), 113007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/abb330>
- Romero-Duque, L. P., Trilleras, J. M., Castellarini, F., & Quijas, S. (2020). Ecosystem services in urban ecological infrastructure of Latin America and the Caribbean: How do they contribute to urban planning? *Science of the Total Environment*, 728, 138780. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138780>
- Roth, L. (1999). Entender la arquitectura: sus elementos, historia y significado. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- Ruiz Meza, L. E. (2018). Evaluación y tendencias de los servicios ecosistémicos hidrológicos de la cuenca del río Zanatenco, Chiapas. *Investigaciones Geográficas*, 95, 1–22. <https://doi.org/10.14350/rig.59467>
- USAID (2017). Fondo de agua para la cuenca Quilca-Chili.
- Vásquez, A. (2016). Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*. N. 63, pp. 63 - 86
- Wu, C., Li, J., Wang, C., Song, C., Chen, Y., Finka, M., & La Rosa, D. (2019). Understanding the relationship between urban blue infrastructure and land surface temperature. *Science of the Total Environment*, 694. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133742>
- Wu, D., Wang, Y., Fan, C., & Xia, B. (2018). Thermal environment effects and interactions of reservoirs and forests as urban blue-green infrastructures. *Ecological Indicators*, 91(February), 657–663. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.04.054>
- Xu, Y. (2019). Ecological Research on the Cognitive and Visual Features of Regional Culture in Landscape Design. *Ekoloji*, 28(107), 1487-1493.

Yang, G., Yu, Z., Jørgensen, G., & Vejre, H. (2020). How can urban blue-green space be planned for climate adaption in high-latitude cities? A seasonal perspective. *Sustainable Cities and Society*, 53(November 2019), 101932. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101932>

Zambrano, F., & Bernard, O. (1993). Ciudad y territorio. Ciudad y Territorio. <https://doi.org/10.4000/books.ifea.2083>

Zamora Saenz, I., Mazari Hiriart, M., & Almeida Leñero, L. (2018). Sistema de indicadores para la recuperación de ríos urbanos. El caso del río Magdalena, Ciudad de México. *Acta Universitaria*, 27(6), 53–65. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1520>

Zeballos, Carlos (2020). Atlas Ambiental de Arequipa. Editorial Neo Cromatika y Vicerrectorado de Investigación de la Universidad Católica de Santa María. Arequipa, Perú

Zingraff-hamed, A. (2018). Urban River Restoration: a socio-ecological approach. 301. <https://mediatum.ub.tum.de/doc/1429312/1429312.pdf>