



# ESPACIO Y DESARROLLO

N° 40 / 2023

ISSN 1016-9148  
e-ISSN 2311-5734

DEPARTAMENTO DE  
**HUMANIDADES**  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN  
EN GEOGRAFÍA APLICADA



**FONDO  
EDITORIAL  
PUCP**

Pontificia Universidad Católica del Perú  
Departamento de Humanidades  
Centro de Investigación en Geografía Aplicada

ESPACIO Y DESARROLLO  
Revista del Centro de Investigación en Geografía Aplicada

N° 40, 2023  
<https://revistas.pucp.edu.pe/espacioydesarrollo>

DIRECTOR Y EDITOR  
Carlos Tavares Corrêa, Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

COMITÉ EDITORIAL  
Miroslawa Czerny (Universidad de Varsovia, Polonia), Hildegarde Córdova Aguilar (Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú), María del Carmen Carrasco Coelho (Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú), Sylvie Nail (Université de Nantes, Francia), Miriam Nagata Shimabuku (Pontificia Universidad Católica del Perú)

COMITÉ CIENTÍFICO  
Nicole Bernex (Departamento de Humanidades, Pontificia Universidad Católica del Perú), Javier Ramírez (Pontificia Universidad Católica del Perú), Miguel Alva (Laboratorio de Geomática, Geografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos), Rocío Lombardi (Universidad Antonio Ruiz de Montoya), Christian Brannstrom (Universidad de Texas A&M), Alberto García (Universidad Nacional Mayor de San Marcos), Ricardo Bohl (Pontificia Universidad Católica del Perú), Rita Gregorio de Andrade (FCT/UNESP - Campus Presidente Prudente, Universidad Estatal Paulista), Felipe Dargent (Universidad de Ottawa)

COORDINADOR EDITORIAL: Marcelo Alarcón Álvarez

*Espacio y Desarrollo* es la revista académica del Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA) de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que se publica ininterrumpidamente desde 1989 en forma impresa, y desde 2009 también en forma electrónica. A partir de 2022, es una publicación de frecuencia anual. La revista está diseñada para la divulgación de investigaciones geográficas del Perú y América Latina, buscando contribuir al conocimiento de nuestros territorios y lograr que se amplíe y enriquezca la discusión sobre el desarrollo sostenible. Asimismo, quiere ser una fuente de consulta tanto para investigadores como para estudiantes de geografía y áreas afines, interesados en temas ambientales, de organización y desarrollo territorial. *Espacio y Desarrollo* es una publicación abierta a todas las corrientes de investigación básica y aplicada en el campo de la geografía. Se reciben contribuciones en forma de artículos científicos sobre experiencias de investigaciones aplicadas, aportes teórico-metodológicos, resúmenes de tesis en forma de artículos científicos, ensayos geográficos originales, reseñas bibliográficas y semblanzas en español o inglés.

Todos los trabajos presentados a *Espacio y Desarrollo*, son originales e inéditos y son sometidos a un proceso de arbitraje doble ciego (*double blind peer review*) realizado por pares nacionales e internacionales. Asimismo, los trabajos son analizados por el *software* Turnitin con el objetivo de garantizar su originalidad y citado correcto.

*Espacio y Desarrollo* se distribuye bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution 4.0 International (CC by 4.0) y se encuentra registrada en las siguientes plataformas: Latindex, Dialnet, ERIH PLUS, REDIB (Red Iberoamericana de Información y Conocimiento Científico), DOAJ (Directory of Open Access Journals), JournalTOCs, WorldCat, BASE (Bielefeld Academic Search Engine) y EbscoHost.

Portada: Río Rímac (fotografía: Miguel Ángel Chong).

El contenido de los artículos publicados en *Espacio y Desarrollo* es responsabilidad exclusiva de sus autores.

© Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú, 2023  
Av. Universitaria 1801, Lima 32 – Perú  
Teléfono: (511) 626-2650 / Fax: (511) 626-2913  
[feditor@pucp.edu.pe](mailto:feditor@pucp.edu.pe) [www.fondoeditorial.pucp.edu.pe](http://www.fondoeditorial.pucp.edu.pe)

ISSN 1016-9148 (Impresa) ISSN 2311-5734 (En línea)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 95-0872

ESPACIO Y DESARROLLO  
e-ISSN 2311-5734

Centro de Investigación en Geografía Aplicada (CIGA)

Nº 40

2023

Presentación 3

ARTÍCULOS

Un bosque urbano en el desierto: conservación de la biodiversidad en Lima, Perú  
*Giancarlo Orellana, Maricel Móstiga, Carlos Bulnes, Julio Gamarra, Luisa Morales & Rocío Yancce* 5

Microplásticos en sedimentos fluviales en la cuenca baja del río Rímac, Perú  
*Raúl Huanaco & Nadia Gamboa* 36

¿Cuál es el efecto del rol de las mujeres rurales sobre la adecuada cloración del agua? Evidencia para el caso peruano  
*Marisela Sotelo & Waldir Arias* 58

Estimando y contrastando la extensión de las formaciones vegetales microtermales del Perú de inicios del siglo XX  
*Humberto Zelada & Carlos Reynel-Rodríguez* 87

RESEÑA

*Planificación regional y ordenación territorial: visiones contemporáneas de España y México*, Javier Delgadillo, Andreas Hildenbrand & Rubén Garrido, coordinadores  
*Zaniel Novoa* 114



## PRESENTACIÓN

2023 ha sido el año en el que la pandemia ha rescindido y, finalmente, se termina un período marcado por la capacidad humana para sobreponerse nuevamente ante la adversidad. Resulta increíble contrastar cómo, hace tres años, las autoridades sanitarias instaban a la población a quedarse en casa, mientras que hace poco más de un año ya se permitía acudir a los espacios públicos y privados y sin la protección de una mascarilla. El arribo de las mascarillas, de la virtualidad en las clases y el trabajo, y de la cuarentena, supuso un reto muy grande para la sociedad, pero sobre todo, el duelo por la partida de personas queridas. En paralelo a la crisis sanitaria, el Perú tuvo años convulsos generados por la coyuntura política. Con todo, nuestro país ha logrado salir adelante de las adversidades enfrentadas y, de cara a una nueva normalidad, se puede esperar un porvenir más esperanzador.

En este contexto, la Revista *Espacio y Desarrollo* presenta su número 40 con una buena y variada producción académica que nos ha permitido compilar este cuadragésimo ejemplar diverso en sus temáticas.

El primer artículo, escrito por Giancarlo Orellana, Maricel Móstiga, Carlos Bulnes, Julio Gamarra, Luisa Morales y Rocío Yancce, titulado *Un bosque urbano en el desierto: conservación de la biodiversidad en Lima, Perú*, destaca la importancia de la presencia de un espacio con superficie verde en la ciudad de Lima. Ubicada en un desierto, la ciudad no cuenta con infraestructura verde adecuada y, en ese sentido, el artículo menciona el proyecto del Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria de La Molina (UNALM), que cuenta con una muy amplia biodiversidad vegetal, al punto de ser considerado el más diverso de la ciudad. Se menciona, además, su potencial para albergar especies de fauna que experimentan una cierta amenaza para su conservación y se exponen los motivos por los cuales este lugar merece ser conservado.

Un segundo artículo, titulado *Microplásticos en sedimentos fluviales en la cuenca baja del río Rímac, Perú*, escrito por Raúl Huanaco y Nadia Gamboa, aborda la existencia de partículas microscópicas de plástico en las aguas del río que abastece de agua a un gran porcentaje de la ciudad. Se trata de un problema ambiental serio que los autores abordan de forma oportuna, analizando el origen, la problemática —que tiene una dimensión global—, y revisando las posibles causas y las características de la contaminación por microplásticos en dicho río. Se menciona, además, la limitación de que en Perú existe solo un estudio sobre el tema, llevado a cabo en aguas fluviales de la costa. Este trabajo permite entender la clasificación de estos microplásticos y su extensión en la cuenca fluvial estudiada, ampliando el conocimiento que tenemos sobre este grave problema.

Como la geografía tiene una profunda dimensión social y espacial, el tercer artículo, escrito por Marisela Sotelo y Waldir Arias, titulado *¿Cuál es el efecto del rol de las mujeres rurales sobre la adecuada cloración del agua? Evidencia para el caso peruano*, aborda la relevancia de las mujeres en torno a la problemática de la obtención de agua potable en los poblados más pequeños en las zonas rurales de nuestro país. En ese sentido, menciona la vulnerabilidad de las mujeres para conseguir este preciado recurso debido a las desigualdades que existen en estos espacios, y propone un enfoque integral con perspectiva de desarrollo sostenible.

El cuarto artículo, escrito por Humberto Zelada y Carlos Reynel-Rodríguez, titulado *Estimando y contrastando la extensión de las formaciones vegetales microtermales del Perú de inicios del siglo XX*, vuelve a poner en valor el primer mapa de vegetación del Perú realizado por el investigador alemán Augusto Weberbauer (Breslavia 1871-Lima 1948) hace más de cien años. En dicho mapa, Weberbauer describió 25 formaciones vegetales, agrupadas en seis categorías, dentro de las cuales se hallaban las formaciones microtermales, de amplia distribución latitudinal a lo largo de los Andes peruanos. Zelada y Reynel-Rodríguez nos presentan los resultados de la digitalización y estimación de la extensión de las cuatro formaciones vegetales microtermales identificadas por Weberbauer, y nos presentan los hallazgos del contraste cartográfico realizado entre ellas y las coberturas vegetales altoandinas clasificadas en el mapa más actual en el Perú sobre esta temática. Los autores sostienen que el 63,92% del territorio que actualmente ocupan las coberturas vegetales altoandinas del Perú, coincide con lo cartografiado por Weberbauer como formaciones vegetales microtermales. Gracias al resultado de este estudio podemos comprender mejor la evolución de este tipo de formaciones vegetales, las cuales están sufriendo una fuerte presión por la sumatoria del cambio climático y los impactos antrópicos.

Finalmente, el volumen culmina con la reseña de Zaniel Novoa sobre el libro publicado en 2021 *Planificación regional y ordenación territorial: visiones contemporáneas de España y México*, cuya coordinación se debe a Javier Delgado, Andreas Hildenbrand & Rubén Garrido. Novoa destaca los aportes de este libro con miras a la actualización sobre los avances y dificultades en la planificación y ordenamiento territorial en México y España. La obra tiene varios coautores que abordan las diferentes ópticas de la planificación y la gestión territorial, de forma tal que se tiene una amplia perspectiva sobre estas políticas.

Nos alegra poner en sus manos el número 40 de la Revista *Espacio y Desarrollo*, acompañada del deseo de que los artículos contenidos en ella contribuyan a un amplio conocimiento de nuestros territorios y al desarrollo sostenible. *Espacio y Desarrollo* es una revista al cuidado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, pero nos pertenece a todos.

Carlos Tavares Correa, Director  
Marcelo Alarcón Álvarez, Coordinador Editorial

## UN BOSQUE URBANO EN EL DESIERTO: CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD EN LIMA, PERÚ

*Giancarlo Jeremy Orellana Asenjo*

<https://orcid.org/0000-0003-1873-1672>  
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)  
[giancarlo.orellana@estudiantat.upc.edu](mailto:giancarlo.orellana@estudiantat.upc.edu)

*Julio André Gamarra Bustamante*

<https://orcid.org/0000-0003-2535-8650>  
Universidad Nacional de Colombia (UNAL)  
[jgamarra@unal.edu.co](mailto:jgamarra@unal.edu.co)

*Maricel Jadith Móstiga Rodríguez*

<https://orcid.org/0000-0002-2604-463X>  
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)  
[m.mostiga@creaf.uab.cat](mailto:m.mostiga@creaf.uab.cat)

*Luisa Grisell Morales Moquillaza*

<https://orcid.org/0000-0002-0028-6294>  
Autora independiente  
[lgrisel73@yahoo.com](mailto:lgrisel73@yahoo.com)

*Carlos Fernando Bulnes Soriano*

<https://orcid.org/0000-0002-9491-6997>  
Universidad Nacional Agraria La Molina  
(UNALM)  
[cfbulnes@lamolina.edu.pe](mailto:cfbulnes@lamolina.edu.pe)

*Rocío Yovana Yance Velarde*

<https://orcid.org/0000-0002-5675-4640>  
Autora independiente  
[rocioyance@gmail.com](mailto:rocioyance@gmail.com)

Recibido: 24 de febrero, 2022  
Aceptado: 16 de enero, 2023

### RESUMEN

La creciente urbanización mundial convierte a la conservación de los bosques urbanos en una estrategia fundamental para alcanzar la sostenibilidad y el bienestar humano. Lima, una megaciudad ubicada en el desierto, no cuenta con la infraestructura verde para afrontar las múltiples problemáticas. Es así como en el “Vivero Forestal” de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se viene desarrollando el proyecto “Centro de la Diversidad Natural y Cultural del Perú”, que tiene por finalidad ser la principal muestra viva de la riqueza florística y cultural del país. Este estudio tiene por objetivo evidenciar la conservación de la biodiversidad presente en el bosque urbano Vivero Forestal. Para ello, se realizó un censo de los árboles, palmeras y algunos arbustos y herbáceas, y una revisión bibliográfica para identificar las especies de fauna silvestre. Asimismo, se identificó la procedencia según su distribución natural y aquellas que estuvieran amenazadas. El Vivero Forestal alberga en sus 25 hectáreas a 5898 individuos,



en su mayoría visualmente sanos (78 especies forestales y 31 familias botánicas), de los cuales el 25% se encuentra en peligro de extinción (11 especies). Además, presenta 32 especies forestales nativas del Perú (10 de la costa, siete de la sierra y 15 de la selva). El vivero es, principalmente, el hábitat de especies de la faunacostera. Hay 66 especies de aves, de las cuales tres están en peligro de extinción; una especie de anfibios; cuatro especies de murciélagos; una especie de roedores y cuatro especies de reptiles, de las cuales dos están amenazadas. El estudio resalta al Vivero Forestal como uno de los espacios más biodiversos de la ciudad de Lima y reconoce su potencial para convertirse en parte de la Red de Jardines Botánicos Nacionales del Perú.

*Palabras clave:* especies forestales urbanas, fauna silvestre urbana, especies amenazadas, desarrollo urbano, jardín botánico.

### **An urban forest in the desert: biodiversity conservation in Lima-Peru**

#### **ABSTRACT**

The conservation of urban forests is a fundamental strategy to achieve sustainability and human well-being in the context of accelerated global urbanization. Lima, a megacity located in the desert, does not have the green infrastructure necessary to face its multiple problems. Therefore, the Project “Centro de la Diversidad Natural y Cultural del Perú” is being developed in the “Vivero Forestal” of the Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) to be the main sample of the peruvian floristic and cultural richness. The aim of this study is to evidence the biodiversity conservation in the urban forest Vivero Forestal. We generated a census of trees, palms and some shrubs and herbaceous plants and a bibliographic review to identify the species of wild fauna. Furthermore, native species were identified according to their natural distribution and those that were threatened. The urban forest Vivero Forestal hosts in its 25 hectares 5 898 healthy individuals (78 forest species; 31 botanical families). 25% of the individuals are threatened (11 species). In addition, this urban forest has 32 native forest species of Peru (10 from the coast, seven from the highlands, and 15 from the rainforest). The Vivero Forestal is the habitat of species of fauna mainly of the coast: 66 birds (three threatened); one amphibian; four bats; one rodent and four reptiles (two threatened). Our study highlights this urban forest as the most biodiversity space in Lima; identifying the potential to become a Botanical Forest Park.

*Keywords:* Urban Forest Species, Urban Wildlife, Threatened Species, Urban Development, Botanical Garden.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Más del 54% de la población mundial vive actualmente en ciudades y se estima que estas áreas se ampliarán en un 185% hacia el 2030 (Calaza et al. 2018; Dobbs et al. 2018). Particularmente, en los países en vías de desarrollo, el crecimiento urbano es exponencial y no planificado. Generalmente, este crecimiento no ha estado acompañado del correspondiente aumento de la disponibilidad de bienes y servicios, lo cual pone en riesgo la seguridad hídrica y alimentaria. Además, la sobreexplotación de los recursos naturales en las áreas urbanas y sus alrededores provoca una mayor vulnerabilidad

de las ciudades ante desastres naturales, propagación de enfermedades infecciosas y una amplificación de los efectos del cambio climático, lo cual atenta contra el bienestar humano (Borelli et al. 2018).

Los bosques urbanos y periurbanos desempeñan un papel crucial al brindar una gama diversa de servicios ecosistémicos que abarcan aspectos culturales, de regulación y aprovisionamiento, además de mantener la biodiversidad de flora y fauna que depende de ellos. Estos bosques ofrecen soluciones a los problemas de las ciudades, como el aumento de temperaturas, la escasez hídrica, los deslizamientos, entre otros (Dobbs et al. 2018). La conservación de estos entornos urbanos boscosos se encuentra dentro de los dos principales acuerdos mundiales aprobados por la comunidad internacional: la Agenda 2030 y el Acuerdo de París por el Cambio Climático. A pesar de que la mayoría de los estudios están enfocados en los bosques urbanos en espacios públicos, existen trabajos recientes que señalan la necesidad de integrar espacios privados para el establecimiento y conservación de espacios verdes (Calaza et al. 2018; Ordóñez-Barona et al. 2021).

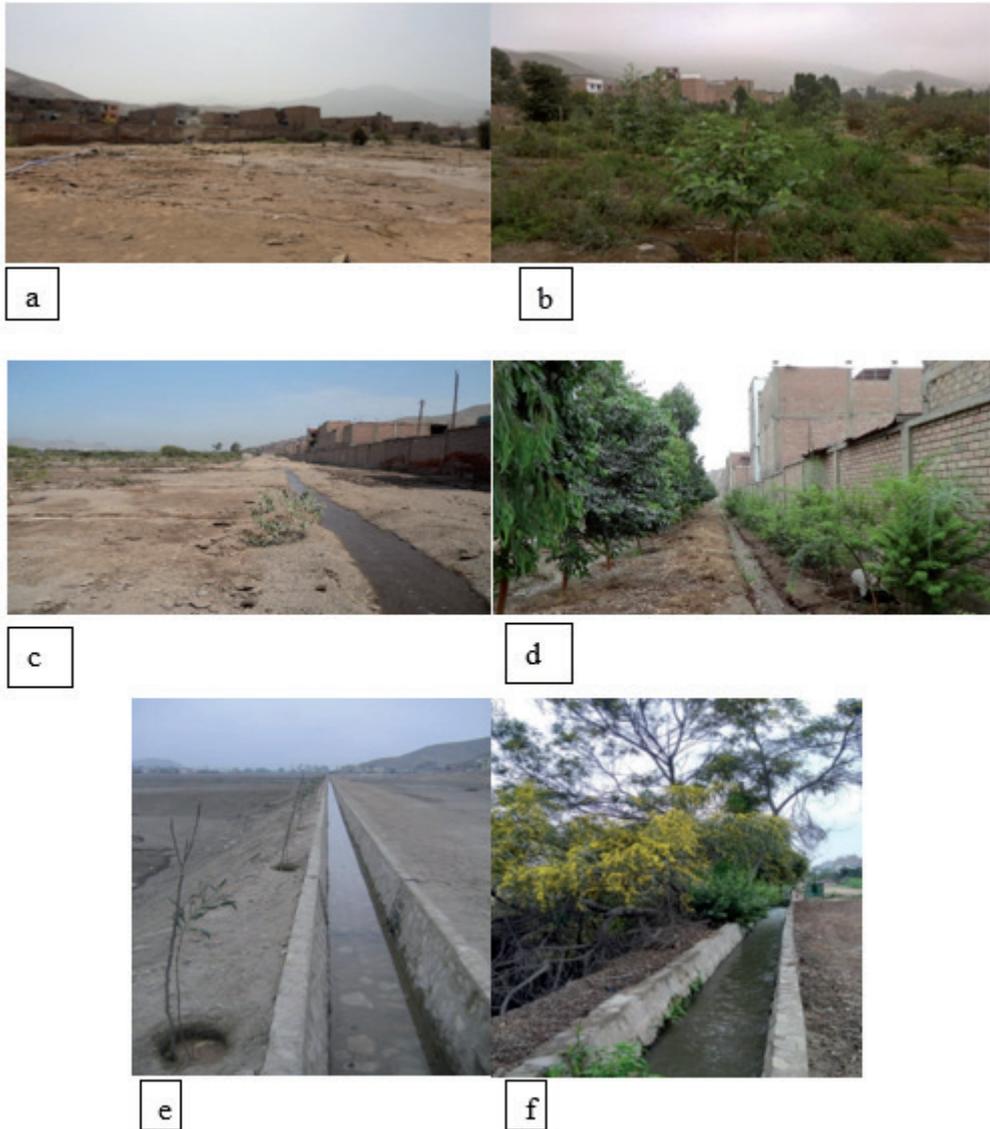
Lima es una ciudad con alta vulnerabilidad al cambio climático debido al incremento de la temperatura mundial, la escasez de agua, y la introducción y aparición de enfermedades sensibles al clima (Siña et al. 2016; Edelman 2018). La ciudad cuenta con espacios públicos verdes de importancia ecosistémica, como los que conforman parte del Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas del Perú (SINANPE), al que pertenecen el Sistema de Lomas de Lima (10.890,9 hectáreas) y el Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa (263 hectáreas) (Iannacone et al. 2010). Además, esta ciudad posee grandes parques como el Parque de las Leyendas (94 hectáreas, toda el área), los diversos Parques Zonales (hasta 66 hectáreas), el Parque de la Exposición (11 hectáreas), el Parque Mariscal Castilla (11 hectáreas), el Parque El Olivar de San Isidro (10 hectáreas), entre otros. Asimismo, hay grandes espacios verdes que pertenecen y están a cargo de instituciones públicas, como el campus de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) (220 hectáreas), y otros que se encuentran dentro de propiedades privadas, como el Lima Golf Club (49 hectáreas), el Centro Ecológico Recreacional Huachipa (11,2 hectáreas), algunos cementerios y otras áreas. Sin embargo, la superficie de áreas verdes en la ciudad de Lima es insuficiente (The Lancet Countdown 2021) y se encuentran aisladas, distribuidas desigualmente en la ciudad capital y con amenazas de reducción.

Una de estas áreas verdes es el “Vivero Forestal” de la UNALM. Esta área es una exitosa experiencia de transformación de tierras eriazas a bosque urbano (fig. 1). Las 25 hectáreas de los campos del lugar cumplen con los criterios para ser considerado como un bosque urbano dentro de la ciudad de Lima (FAO 2017). Los trabajos de forestación en sus campos han sido gestionados por la Facultad de Ciencias Forestales y tienen sus orígenes en la década de 1960, lo que se fue incrementando significativamente

a partir de 1990. Además, estos trabajos se desarrollaron mediante faenas cooperativas y voluntarias, así como el desarrollo de proyectos de investigación y de proyección social, donde se sumaron la participación de profesores, personal administrativo y estudiantes de la UNALM. La disponibilidad de agua para riego (construcción de canal de mampostería en piedra entre los años 2003-2006) fue un factor determinante en esta experiencia (fig. 1). En el año 2007 la coordinación del Vivero Forestal concibió el Proyecto “Centro de la Diversidad Natural y Cultural del Perú” que tiene por finalidad ser la principal muestra viva de la riqueza florística y cultural peruana. Desde entonces este proyecto ha conducido los trabajos de forestación y estudios de conservación que se han realizado en el bosque urbano, reuniendo un gran número de especies representativas de las tres regiones naturales del Perú. Además, los árboles han evitado que los campos del Vivero Forestal sean invadidos y han permitido concientizar a la población aledaña sobre la importancia de estos espacios en la ciudad (Bulnes et al. 2017). De igual manera, las promociones de alumnos ingresantes entre los años 2014 y 2019 fueron concientizadas mediante el “Programa de plantación y cuidado de un árbol” durante su período académico. También, este bosque urbano ha sido un aula-laboratorio vivo que ha contribuido con las generaciones de alumnos de la UNALM de diferentes niveles académicos durante los últimos 30 años.

Son escasos los estudios que reporten la biodiversidad, el estado del arbolado urbano y la sostenibilidad de las ciudades peruanas (SERPAR 2012; Bulnes et al. 2017; Quispe 2017; Móstiga & Lozada 2019; Zucchetti & Freundt 2019). Hasta la fecha, el censo completo del arbolado urbano en Lima no ha sido realizado, lo que implica una falta de conocimiento sobre su estado fitosanitario y los servicios ecosistémicos que ofrecen. A pesar de que el Perú es un país de gran riqueza de flora, aproximadamente con el 67% de su territorio cubierto por bosques (FAO 2020), y se encuentra como o uno de los 17 países megadiversos a nivel mundial (UNEP- WCMC 2020), sorprendentemente, aún no cuenta con un Jardín Botánico Nacional.

Este estudio tiene por objetivo evidenciar la conservación de la biodiversidad presente en el bosque urbano denominado Vivero Forestal en Lima, Perú. Los objetivos específicos de este trabajo son: 1) determinar la composición, la distribución espacial y el estado de las especies de árboles, palmeras y de algunos arbustos, y herbáceas forestales presentes en el Vivero Forestal; 2) determinar la procedencia de las especies forestales y de fauna silvestre presentes en dicha área; 3) identificar las especies forestales y de fauna silvestre amenazadas presentes en el mencionado bosque urbano; y 4) comparar la diversidad de especies forestales y de fauna silvestre presentes en el Vivero Forestal con los registros de otros espacios verdes en Lima, Perú.

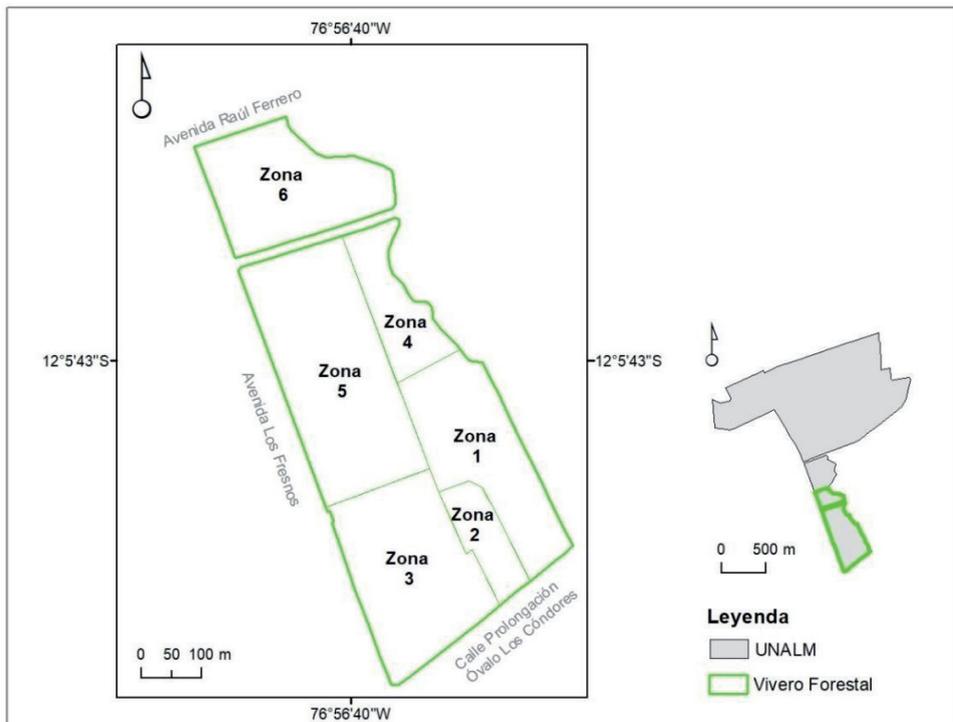


**Figura 1.** Transformación del paisaje bosque urbano en el Vivero Forestal: **a)** vista de tierras eriazas a comienzos de 2000; **b)** vista del bosque urbano en 2019; **c)** vista de tierras eriazas a inicios de 2000; **d)** vista del bosque urbano en 2019; **e)** canal de mampostería de piedra en 2005; **f)** canal de mampostería de piedra en 2019 (fotografías de los autores).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Área de estudio

La UNALM ( $12^{\circ}06' S$ ;  $76^{\circ}57' O$ ) está localizada en la ciudad de Lima, distrito de La Molina, a una altitud de 243,7 msnm y, de acuerdo con la clasificación bioclimática de Holdridge, corresponde a la zona de vida denominada desierto desecado Subtropical (dd-S). La temperatura anual promedio es de  $20^{\circ} C$ , la humedad relativa promedio es de 84% y la precipitación anual es de 11,9 mm (Takano & Castro 2007). El presente estudio se realizó en las plantaciones del área denominada Vivero Forestal (fig. 2), el cual tiene una superficie de 25 hectáreas. Para este estudio, se adoptó la zonificación establecida en el Proyecto “Centro de la Diversidad Natural y Cultural del Perú”, con la finalidad de facilitar tanto el levantamiento de datos como el análisis de estos, ya que dicho proyecto presenta una programación y distribución de los trabajos de forestación.



## 2.2. Composición, distribución espacial y estado de las especies forestales

En el área de estudio se realizó un censo de los árboles, las palmeras, y algunos arbustos y herbáceas plantadas, el cual fue concebido en agosto del 2018. Las mediciones de campo se efectuaron durante el primer trimestre del 2019. Asimismo, se recabó la información de los años de instalación de las plantaciones forestales. Se recogió la siguiente información por individuo:

- *Nombre científico y común* identificado en campo y verificado posteriormente según literatura taxonómica especializada o mediante la comparación con los especímenes existentes en la colección de la base de datos Tropicos.org (2022).
- *Georreferenciación*. Con el uso de un GPS Garmin 64sx se registraron las coordenadas Universal Transverse Mercator (UTM).
- *Altura total*. La altura se registró con el uso del hipsómetro SUUNTO y/o vara medidora. Según se requirió, se midió la distancia a lo largo del fuste desde el suelo a la parte superior del árbol.
- *Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)*. Con el uso de una cinta métrica se registró la circunferencia del tronco a una altura de 1,30 m y posteriormente se transformó a diámetro. En el caso de árboles bifurcados, se midieron hasta tres tallos con mayor diámetro y se promediaron.
- *Estado del individuo*; considerándose “bueno” a aquellos individuos sanos, “regular” a aquellos con presencia de síntomas en la copa a causa de insectos comedores o picadores- chupadores, y “malos” a aquellos con presencia de síntomas o signos de enfermedades (pudriciones y basidiocarpos) o gravemente afectados por insectos en cierta época del año (Orellana 2014; Cerna & Móstiga 2019; Colán de la Vega et al. 2020).

Utilizando el programa Excel se obtuvieron los siguientes datos: la composición forestal (familias botánicas y especies), la riqueza (abundancia de individuos por especie) y el promedio de alturas y DAP (por especie). Estos resultados fueron analizados para toda el área de estudio, por zonas y/o plantaciones. Por otro lado, se elaboraron mapas para visualizar la distribución espacial (especies y estado de los individuos) con el uso del sistema de información geográfica (SIG) ArcGIS 10.3.

## 2.3. Procedencia de las especies forestales y de fauna silvestre

Para las especies forestales se usó la base de datos Tropicos.org (2022) para identificar su procedencia en base a la distribución natural y clasificarlas como especies nativas del Perú (costa, sierra, selva) o exóticas (fuera del territorio nacional). Además, se

elaboraron mapas para visualizar la distribución espacial de los individuos según su procedencia.

Para la fauna silvestre se realizó una revisión de investigaciones previas que reportaran especies de fauna presentes en el área de estudio y se clasificaron como especies residentes, introducidas o asilvestradas. Se usó la base de datos de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) para identificar su distribución natural (UICN 2022). Asimismo, se indicó su distribución en Lima, Perú, costa Perú, costa norte Perú-Ecuador, costa Perú y/o Ecuador/Chile.

#### 2.4. Estado de conservación

El estado de conservación de las especies forestales y de fauna silvestre se obtuvo de la base de datos de la Lista Roja de UICN (UICN 2022), del Listado Oficial de Especies de Flora Amenazada (MINAGRI 2016) y de la Actualización de la Lista de Clasificación y Categorización de las Especies Amenazadas de Fauna Silvestre legalmente protegidas (MINAGRI 2014). Además, se elaboraron mapas para visualizar la ubicación de las especies forestales amenazadas.

#### 2.5. Comparación de la biodiversidad

La comparación de la riqueza de especies se realizó en base a la revisión de registros de especies forestales y de fauna silvestre de los espacios verdes (públicos o privados) dentro de Lima Metropolitana.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Composición, distribución espacial y estado de las especies forestales

Se identificaron 5898 individuos en toda el área de estudio correspondientes a 78 especies forestales: 64 especies de árboles, una especie de palmera, cuatro especies de arbustos y nueve especies de herbáceas. Estas especies se encuentran agrupadas en 31 familias botánicas, siendo las más abundantes las siguientes: Fabaceae (28%), Meliaceae (15%), Myrtaceae (15%) y Bignoniaceae (9%). Asimismo, ocho especies forestales (siete arbóreas y una arbustiva), representan el 53,1% de los individuos en la siguiente distribución: *Eucalyptus camaldulensis* (9,6%), *Caesalpinia spinosa* (8,9%), *Swietenia macrophylla* (8,6%), *Acacia horrida* (6,9%), *Tecoma stans* (6,8%), *Grevillea robusta* (5,7%), *Parkinsonia aculeata* (3,8%) y *Schinus molle* (3,7%) (tabla 1).

Tabla 1. Especies forestales presentes en el Vivero Forestal al año 2019.

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia botánica	Abundancia	Procedencia
Árbol	<i>Acacia macracantha</i> Humb. & Bonpl. ex Willd.	Huarango	Fabaceae	66	Costa
Árbol	<i>Acacia saligna</i> (Labill.) H. L. Wendl.	Mimosa	Fabaceae	100	Exótica
Árbol	<i>Acacia</i> sp.	Acacia negra	Fabaceae	6	Exótica
Árbol	<i>Acacia visco</i> Lorentz ex Griseb.	Acacia visco	Fabaceae	5	Exótica
Árbol	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i> Arn.	Cedro rosado	Fabaceae	10	Exótica
Árbol	<i>Albizia lebeck</i> (L.) Benth.	Albizia	Fabaceae	1	Exótica
Árbol	<i>Alnus acuminata</i> (L.) Gaertn.	Aliso	Betulaceae	19	Sierra
Árbol	<i>Araucaria excelsa</i> (Lamb.) W.T. Aiton	Araucaria	Araucariaceae	44	Exótica
Árbol	<i>Azadirachta indica</i> A. Juss.	Neem	Meliaceae	94	Exótica
Árbol	<i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze	Tara	Fabaceae	526	Sierra
Árbol	<i>Callistemon citrinus</i> (Curtis) Skeels	Calistemo	Myrtaceae	119	Exótica
Árbol	<i>Capparis scabrida</i> Kunth	Sapote	Capparaceae	3	Costa
Árbol	<i>Carya illinoensis</i> (Wangenh.) K. Koch	Pecano	Juglandaceae	32	Exótica
Árbol	<i>Casuarina cunninghamiana</i> Miq.	Casuarina	Casuarinaceae	137	Exótica
Árbol	<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae	159	Selva
Árbol	<i>Chorisia insignis</i> Kunth	Ceibo	Malvaceae	112	Costa
Árbol	<i>Cinchona officinalis</i> L.	Quina	Rubiaceae	1	Sierra
Árbol	<i>Colubrina glandulosa</i> Perkins	Shaina	Rhamnaceae	12	Selva
Árbol	<i>Cordia obliqua</i> (Ruiz & Pav.) Kunth	Overo	Cordiaceae	40	Costa
Árbol	<i>Corymbia citriodora</i> (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson	Eucalipto limón	Myrtaceae	55	Exótica
Árbol	<i>Croton lechleri</i> Müll. Arg.	Sangre de grado	Euphorbiaceae	6	Selva
Árbol	<i>Delonix regia</i> (Bojer ex Hook.) Raf.	Ponciana	Fabaceae	5	Exótica
Árbol	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.	Shihuahuaco	Fabaceae	2	Selva
Árbol	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Griseb.	Oreja de negro	Fabaceae	27	Selva
Árbol	<i>Erythrina smithiana</i> Willd.	Porotillo	Fabaceae	19	Costa
Árbol	<i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh.	Eucalipto costeño	Myrtaceae	568	Exótica

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia botánica	Abundancia	Procedencia
Árbol	<i>Eucalyptus</i> sp.	Eucalipto Australiano	Myrtaceae	107	Exótica
Árbol	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Eucalipto urograndis	Myrtaceae	30	Exótica
Árbol	<i>Ficus benjamina</i> L.	Ficus	Moraceae	102	Exótica
Árbol	<i>Ficus elastica</i> Roxb.	Caucho	Moraceae	5	Exótica
Árbol	<i>Geoffroea striata</i> (Willd.) J. F. Macbr.	Almendro de costa	Fabaceae	49	Costa
Árbol	<i>Gliricidia sepium</i> (Kunth) Urb.	Mata ratón	Fabaceae	3	Exótica
Árbol	<i>Grevillea robusta</i> A. Cunn. ex R. Br.	Grevillea	Proteaceae	338	Exótica
Árbol	<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	Bolaina negra	Malvaceae	11	Selva
Árbol	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Meijo	Malvaceae	3	Exótica
Árbol	<i>Inga</i> sp.	Inga	Fabaceae	58	Selva
Árbol	<i>Jacaranda mimosifolia</i> D. Don	Jacaranda	Bignoniaceae	11	Exótica
Árbol	<i>Kigelia africana</i> (Lam.) Benth.	Mata cojudo	Bignoniaceae	4	Exótica
Árbol	<i>koelreuteria paniculata</i> Laxm.	Papelillo	Sapindaceae	149	Exótica
Árbol	<i>Loxopterygium huasango</i> Spruce ex Engl.	Hualtaco	Anacardiaceae	32	Costa
Árbol	<i>Melia azedarach</i> L.	Melia	Meliaceae	126	Exótica
Árbol	<i>Moringa oleifera</i> Lam.	Moringa	Moringaceae	9	Exótica
Árbol	<i>Morus nigra</i> L.	Mora	Moraceae	23	Exótica
Árbol	<i>Myoporum laetum</i> G. Forst.	Mioporum	Scrophulariaceae	2	Exótica
Árbol	<i>Olea europaea</i> L.	Olivo	Oleaceae	27	Exótica
Árbol	<i>Parkinsonia aculeata</i> L.	Palo verde	Fabaceae	222	Costa
Árbol	<i>Pinus</i> spp.	Pino	Pinaceae	44	exótica
Árbol	<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guayamochil	Fabaceae	4	Exótica
Árbol	<i>Populus alba</i> L.	Álamo	Salicaceae	29	Exótica
Árbol	<i>Prosopis pallida</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth	Algarrobo	Fabaceae	47	Costa
Árbol	<i>Salix humboldtiana</i> Willd.	Sauce	Salicaceae	110	Sierra
Árbol	<i>Schinus molle</i> L.	Molle serrano	Anacardiaceae	215	Sierra
Árbol	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	Molle costeño	Anacardiaceae	66	Exótica

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia botánica	Abundancia	Procedencia
Árbol	<i>Spathodea campanulata</i> P. Beauv.	Tulipán africano	Bignoniaceae	10	Exótica
Árbol	<i>Swietenia macrophylla</i> King	Caoba	Meliaceae	508	Selva
Árbol	<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Tabebuia	Bignoniaceae	169	Exótica
Árbol	<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	Fabaceae	1	Exótica
Árbol	<i>Tamarix aphylla</i> (L.) Warb.	Tamarix	Tamaricaceae	29	Exótica
Árbol	<i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth	Huaranguay	Bignoniaceae	353	Sierra
Árbol	<i>Terminalia catappa</i> L.	Almendra de selva	Combretaceae	21	Exótica
Árbol	<i>Theobroma cacao</i> L.	Cacao	Malvaceae	13	Selva
Árbol	<i>Thuja occidentalis</i> L.	Tuja	Cupressaceae	26	Exótica
Árbol	<i>Tipuana tipu</i> (Benth.) Kuntze	Tipa	Fabaceae	26	Exótica
Árbol	<i>Triplaris peruviana</i> Fisch. & E. Mey. ex C.A. Mey.	Tangarana	Polygonaceae	11	Selva
Palmera	<i>Washingtonia robusta</i> H. Wendl.	Palmera abanico	Arecaceae	1	Exótica
Arbusto	<i>Acacia horrida</i> (L.) Willd.	Huaranguillo	Fabaceae	404	Exótica
Arbusto	<i>Cantua buxifolia</i> Juss. ex Lam.	Cantuta	Polemoniaceae	2	Sierra
Arbusto	<i>Leucaena glauca</i> Benth.	Leucaena	Fabaceae	85	Costa
Arbusto	<i>Retama sphaerocarpa</i> (L.) Boiss.	Retama	Fabaceae	12	Exótica
Herbácea	<i>Bambusa vulgaris</i> var. <i>Vittata</i> Rivière & C. Rivière	Guayaquil amarillo	Poaceae	9	Exótica
Herbácea	<i>Gigantochloa apus</i> (Schult. & Schult. f.) Kurz	Bambú	Poaceae	1	Exótica
Herbácea	<i>Guadua aff. angustifolia</i>	Bambú	Poaceae	31	Selva
Herbácea	<i>Guadua angustifolia</i> Kunth	Guayaquil	Poaceae	51	Selva
Herbácea	<i>Guadua lynclarkiae</i> Londoño	Marona	Poaceae	3	Selva
Herbácea	<i>Guadua</i> sp.	Bambú	Poaceae	1	Selva
Herbácea	<i>Guadua weberbaueri</i> Pilg.	Capiro	Poaceae	50	Selva
Herbácea	<i>Phyllostachys aurea</i> Carrière ex Rivière & C. Rivière	Bambucillo	Poaceae	11	Exótica
Herbácea	<i>Phytolacca dioica</i> L.	Ombú	Phytolaccaceae	76	Exótica

En la tabla 2 se detallan las principales especies que componen las plantaciones de las zonas mencionadas anteriormente. Cabe señalar que especies como *Eucalyptus* sp., *Grevillea robusta*, *Parkinsonia aculeata*, *Casuarina cunninghamiana* y *Acacia horrida* se encuentran en todas las zonas debido a que cumplen la función de cerco vivo o cortinas rompevientos.

Tabla 2. Principales plantaciones forestales del Vivero Forestal por zonas.

Zona	Especie	N° individuos	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Año de plantación
Zona 1 (Sierra) 40 especies, 1794 individuos	<i>Caesalpinia spinosa</i>	434	15	3,5	2003-2005
	<i>Corymbia citriodora</i>	35	5	2	2017
	<i>Pinus</i> spp.	44	2,7	1,3	2017
Zona 3 (Costa) 46 especies, 1106 individuos	<i>Loxopterygium huasango</i>	28	1	1,5	2015
	<i>Acacia macracantha</i>	24	3	4,5	2015
	<i>Capparis scabrida</i>	3	0,5	0,6	2015
Zona 4 (Selva) 23 especies, 444 individuos	<i>Swietenia macrophylla</i>	75	10	5	2014
	<i>Inga</i> sp.	35	6	4,5	2014
	<i>Cedrela odorata</i>	18	7	6,5	2014
	<i>Croton lechleri</i>	6	11	5	2014
	<i>Colubrina glandulosa</i>	12	2	1,5	2017
	<i>Theobroma cacao</i>	8	2,5	1,5	2017
	<i>Triplaris peruviana</i>	6	3,5	3	2017
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	2	1	1,5	2017
	<i>Terminalia catappa</i>	19	6	3	2018
	<i>Azadirachta indica</i>	15	3,5	2,5	2018
	<i>Pithecellobium dulce</i>	4	1	1,2	2018
Zona 5 (Mixta) 36 especies, 1347 individuos	<i>Swietenia macrophylla</i>	292	4	3,5	2015-2018
	<i>Chorisia insignis</i>	67	2,5	3	2015-2018
	<i>Cedrela odorata</i>	63	4	4	2015-2018
	<i>Prosopis pallida</i>	31	3	1,6	2015-2018
	<i>Caesalpinia spinosa</i>	40	2,5	1,2	2015-2018
	<i>Cordia obliqua</i>	32	2,2	2,7	2015-2018
	<i>Tabebuia rosea</i>	26	2,5	2,9	2015-2018
	<i>Araucaria excelsa</i>	36	5	3,5	2015-2018

Zona	Especie	N° individuos	DAP promedio (cm)	Altura promedio (m)	Año de plantación
	<i>Carya illinoensis</i>	32	2	1,8	2015-2018
	<i>Guadua weberbaueri</i>	50	-	1,0	2018
	<i>Guadua angustifolia</i>	31	-	1,8	2018
	<i>Guadua aff. angustifolia</i>	31	-	0,5	2018
	<i>Guadua lynnclarkiae</i>	3	-	0,5	2018
	<i>Phyllostachys aurea</i>	10	-	1,5	2018
	<i>Bambusa vulgaris</i>	7	-	1,5	2018
	<i>Gigantochloa apus</i>	1	-	1,0	2018
Zona 6 (Mixta)	<i>Tabebuia rosea</i>	136	10	4,5	2016-2018
19 especies, 895 individuos	<i>Swietenia macrophylla</i>	72	6	4,4	2016-2018
	<i>Geoffroea striata</i>	49	3	2	2016-2018
	<i>Theobroma cacao</i>	5	2	1,5	2016-2018
	<i>Eucalyptus urograndis</i>	30	4	4,5	2016-2018

El 87% de los individuos presentaron un estado bueno; el 11%, un estado regular; y el 3%, un estado malo. También se registraron síntomas y signos de insectos chupadores-picadores y masticadores, los cuales aumentan la severidad durante los meses de altas temperaturas (enero y febrero). Las principales especies afectadas son las siguientes: *Tecoma stans*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Ficus benjamina*, *Schinus molle*, *Croton lechleri*. Asimismo, algunos individuos de *Acacia saligna* y *Parkinsonia aculeata* presentaron síntomas de pudrición en el fuste, además de otros síntomas menos frecuentes en otras especies.

### 3.2. Procedencia de las especies forestales y de fauna silvestre

Se identificaron 32 especies forestales nativas del Perú –de las cuales 10 pertenecen a la región costa, siete a la sierra, y una a la selva– mientras que las otras 46 son especies exóticas (tabla 1). La distribución espacial de las especies forestales nativas y exóticas se muestra en la fig. 3. En cuanto a la fauna silvestre, la literatura señala la existencia de 66 especies de aves, una de anfibio, cuatro murciélagos, un roedor y cuatro reptiles dentro del Vivero Forestal y en los otros sectores del campus de la UNALM (Mena & Williams 2002; Takano & Castro 2007; Pérez et al. 2012; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019; Pellón et al. 2021). De las 66 especies de aves, 11 son asilvestradas, dos introducidas y las restantes residentes. Asimismo, el anfibio y el roedor son asilvestrados,

mientras que los murciélagos son residentes. Es importante mencionar que *Stenocercus modestus* y *Epictia tessellata* son especies de reptiles de distribución restringida (endémicas) de Lima. Por otro lado, cuatro especies de aves, un anfibio y un reptil son propias de la costa peruana, mientras que 15 especies de aves y un murciélago son propios de la costa de Perú y/o Ecuador y Chile, además de la presencia de tres especies de aves y un roedor asilvestrado, propias de la costa norte de Perú-Ecuador (tabla 3).

**Tabla 3.** Especies de fauna presentes en el Vivero Forestal.

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Aves	<i>Amazilia amazilia</i>	Amazalia costeña	Trochilidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Athene cunicularia</i>	Lechuzita de los arenales	Strigidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Brotogeris versicolurus</i>	Pihuicho de ala amarilla	Psittacidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Burhinus superciliosus</i>	Huerequeque	Burhinidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Campostoma obsoletum</i>	Mosqueta silbadora	Tyrannidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Catamenia analis</i>	Semillero de cola bandeada	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Charadrius vociferus</i>	Chorlo de doble collar	Charadriidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Coereba flaveola</i>	Mielero común	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Columba livia</i>	Paloma de Castilla	Columbidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Introducida	
Aves	<i>Columbina cruziana</i>	Tortolita	Columbidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo de cabeza negra	Cathartidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Aves	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Guardacaballo	Cuculidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Dives warszewiczi</i>	Tordo de matorral o chivillo	Icteridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	Falconidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Forpus coelestis</i>	Periquito esmeralda	Psittacidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	Costa norte Perú-Ecuador
Aves	<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina tijereta	Hirundinidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Icterus graceanae</i>	Bolsero de fillos blancos	Icteridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	Costa norte Perú-Ecuador
Aves	<i>Leistes bellicosus</i>	Huanchaco	Icteridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Mimus longicaudatus</i>	Chisco	Mimidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Molothrus bonariensis</i>	Tordo parásito o brillante	Icteridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Myrtis fanny</i>	Estrellita de collar púrpura	Trochilidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Parabuteo unicinctus</i>	Gavilán acanelado	Accipitridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Passer domesticus</i>	Gorrión europeo	Passeridae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Introducida	
Aves	<i>Psilopsiagon aurifrons</i>	Perico cordillerano	Psittacidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Pittacara erythrogaena</i>	Cotorra de cabeza roja	Psittacidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	Costa norte Perú-Ecuador

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Aves	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Santa rosita	Hirundinidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Pyrocephalus rubinus</i>	Turtupilín	Tyrannidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Rhodopis vesper</i>	Colibrí de oasis	Trochilidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Sicalis flaveola</i>	Botón de oro	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Spinus magellanicus</i>	Jilguero de cabeza negra	Fringillidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Sporophila simplex</i>	Espiguero simple	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú
Aves	<i>Sporophila telasco</i>	Espiguero de garganta castaña	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Thaumastura cora</i>	Colibrí de cora	Trochilidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú
Aves	<i>Thraupis episcopus</i>	Violinista	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Troglodytes aedon</i>	Cucarachero	Troglodytidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Pepite	Tyrannidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Volatinia jacarina</i>	Saltapalito	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Zenaida auriculata</i>	Tórtola orejuda	Columbidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Zenaida meloda</i>	Cuculí	Columbidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Aves	<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorrión americano	Emberizidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Anairetes reguloides</i>	Torito de cresta pintada	Tyrannidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú
Aves	<i>Chordeiles acutipennis</i>	Chotacabras menor	Caprimulgidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Egretta thula</i>	Garcita blanca	Ardeidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Pardirallus sanguinolentus</i>	Rascón plumizo	Rallidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Conirostrum cinereum</i>	Mielero gris	Thraupidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Glaucidium peruanum</i>	Paca paca	Strigidae	Takano & Castro 2007; Palacios et al. 2014; Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Pittacara wagleri</i>	Cotorra de frente escarlata	Psittacidae	Takano & Castro 2007; Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Ardea alba</i>	Garza grande	Ardeidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Butorides striata</i>	Garcita estriada	Ardeidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Diglossa sittoides</i>	Pincha flor de pecho canela	Thraupidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Elaenia albiceps</i>	Fío-fío de cresta blanca	Tyrannidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Falco peregrinus</i>	Halcón peregrino	Falconidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Gallinula galeata</i>	Polla de agua común	Rallidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Larus dominicanus</i>	Gaviota dominicana	Laridae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Myiophobus fasciatus</i>	Mosqueta modesta	Tyrannidae	Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Petrochelidon rufocollaris</i>	Golondrina de collar castaño	Hirundinidae	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Aves	<i>Poospiza hispaniolensis</i>	Monterita acollarada	Thraupidae	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Psittacara leucophthalmus</i>	Cotorra de ojo blanco	Psittacidae	Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Psittacara mitratus</i>	Cotorra mitrada	Psittacidae	Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Saltator striatipectus</i>	Saltador rayado	Thraupidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Spatula cyanoptera</i>	Pato colorado	Anatidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Sporophila luctuosa</i>	Espiguero negro y blanco	Thraupidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Sporophila peruviana</i>	Espiguero pico de loro	Thraupidae	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Systellura decussata</i>	Chotacabras de Tschudi	Caprimulgidae	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile
Aves	<i>Tyto alba</i>	Lechuza de los campanarios	Tytonidae	Guevara et al. 2019	Residente	
Aves	<i>Vireo flavoviridis</i>	Vireo verde amarillo	Vireonidae	Guevara et al. 2019	Asilvestrada	
Aves	<i>Circus cinereus</i>	Gavilán de campo	Accipitridae	Takano & Castro 2007	Residente	
Aves	<i>Metriopelia ceciliae</i>	Cascabelita	Columbidae	Takano & Castro 2007	Residente	
Aves	<i>Falco femoralis</i>	Halcón Perdiguero	Falconidae	Palacios et al. 2014	Asilvestrada	
Aves	<i>Sicalis raimondii</i>	Chiringue de Raymondii	Thraupidae	Palacios et al. 2014	Residente	Costa Perú
Aves	<i>Sicalis luteola</i>	Chiringue Común	Thraupidae	Palacios et al. 2014	Residente	
Anfibios	<i>Rhinella limensis</i>	Sapo de Lima	Bufo	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú
Anfibios	<i>Rhinella poeppigii</i>	Sapo Bufo Poeppigii	Bufo	Williams & Rey Sánchez 2014	Asilvestrada	
Mamíferos-Murciélagos	<i>Glossophaga soricina</i>	Murciélago lengüetón	Phyllostomidae	Mena & Williams 2002; Pellón et al. 2021	Residente	
Mamíferos-Murciélagos	<i>Artibeus fraterculus</i>	Murciélago frutero fraternal	Phyllostomidae	Mena & Williams 2002; Pellón et al. 2021	Residente	Costa Perú y/o Ecuador/ Chile

Grupo	Nombre científico	Nombre común	Familia	Fuente	Distribución	
Mamíferos-Murciélagos	<i>Anoura geoffroyi</i>	Murciélago rabón de Geoffroy	Phyllostomidae	Mena & Williams 2002	Residente	
Mamíferos-Murciélagos	<i>Lasiurus blossevillii</i>	Murciélago rojo del desierto	Vespertilionidae	Mena & Williams 2002	Residente	
Mamífero-Roedor	<i>Simosciurus neboxii</i>	Ardilla de nuca blanca	Sciuridae	Guevara et al. 2019	Asilvestrada	Lima
Reptiles	<i>Senocercus modestus</i>	Lagartija de cola estrecha	Tropiduridae	Pérez et al. 2012; Guevara et al. 2019	Residente	Lima
Reptiles	<i>Phyllodactylus</i> sp.	Geckos	Gekkonidae	Guevara et al. 2019	-	
Reptiles	<i>Dicrodon heterolepsis</i>	Lagartija cabeza roja	Teiidae	Guevara et al. 2019	Residente	Costa Perú
Reptiles	<i>Epictia tessellata</i>	Serpiente ciega	Leptotyphlopidae	Guevara et al. 2019	Residente	Lima

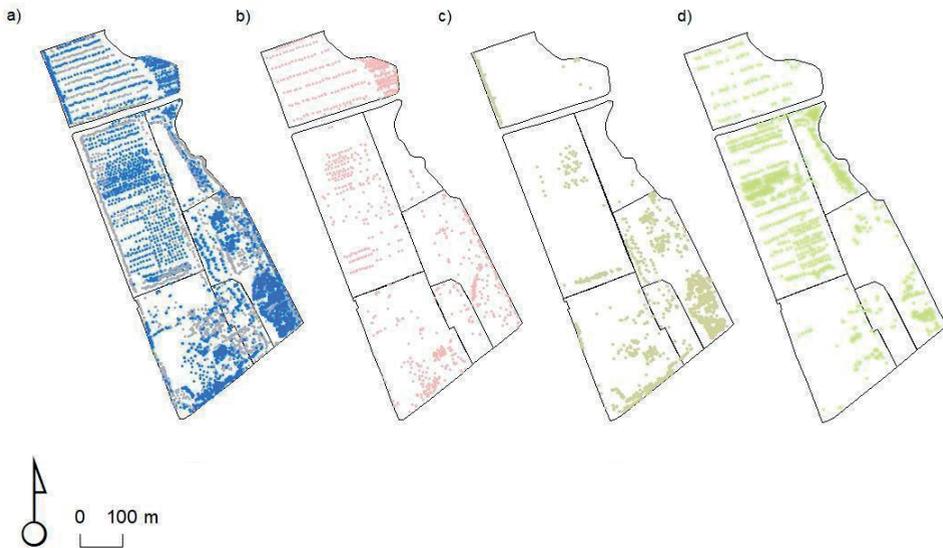


Figura 3. Distribución de especies según procedencia: a) nativas y exóticas; b) costa; c) sierra; d) selva.

### 3.3. Estado de conservación

El Vivero Forestal conserva 11 especies forestales amenazadas correspondientes a 1461 individuos (25%) (tabla 4). De acuerdo con la Lista Roja (UICN 2022) se identificaron cuatro especies, de las cuales dos son nativas: *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* –en estado vulnerable– y las otras dos son exóticas: *Jacaranda mimosifolia* –vulnerable– y *Eucalyptus camaldulensis* –casi amenazada–. Asimismo, según MINAGRI (2016) se identificaron nueve especies amenazadas: *Loxopterygium huasango* (crítico), *Swietenia macrophylla*, *Cedrela odorata*, *Dipteryx odorata* y *Prosopis pallida* (en peligro), *Chorisia insignis* (vulnerable); *Cinchona officinalis*, *Cantua buxifolia* y *Alnus acuminata* (casi amenazadas).

Tabla 4. Lista de especies amenazadas según zonas.

Especie	Zonas						Estado de conservación	
	1	2	3	4	5	6	UICN (2022)	MINAGRI (2016)
<i>Alnus acuminata</i>	18		1					Casi amenazada
<i>Cantua buxifolia</i>		2						Casi amenazada
<i>Cedrela odorata</i>	33	6	39	18	63		Vulnerable	En peligro
<i>Chorisia insignis</i>	13	3	24		67	5		Vulnerable
<i>Cinchona officinalis</i>	1							Casi amenazada
<i>Dipteryx odorata</i>				2				En peligro
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	83	41	217	1	3	223	Casi amenazada	
<i>Jacaranda mimosifolia</i>		1	7		3		Vulnerable	
<i>Loxopterygium huasango</i>			28			4		Estado crítico
<i>Prosopis pallida</i>		1			31	15		En peligro
<i>Swietenia macrophylla</i>	59	1	9	75	292	72	Vulnerable	En peligro
Total general	207	55	325	96	459	319	4	9

La figura 4 muestra la distribución espacial de las especies amenazadas, situación que se evidencia en todas las zonas. Las especies de árboles *Chorisia insignis*, *Cedrela odorata*, *Swietenia macrophylla* y *Eucalyptus camaldulensis* son las de mayor distribución en todo el Vivero Forestal, mientras que la *Prosopis pallida* y la *Loxopterygium huasango* se encontraron en áreas reducidas.

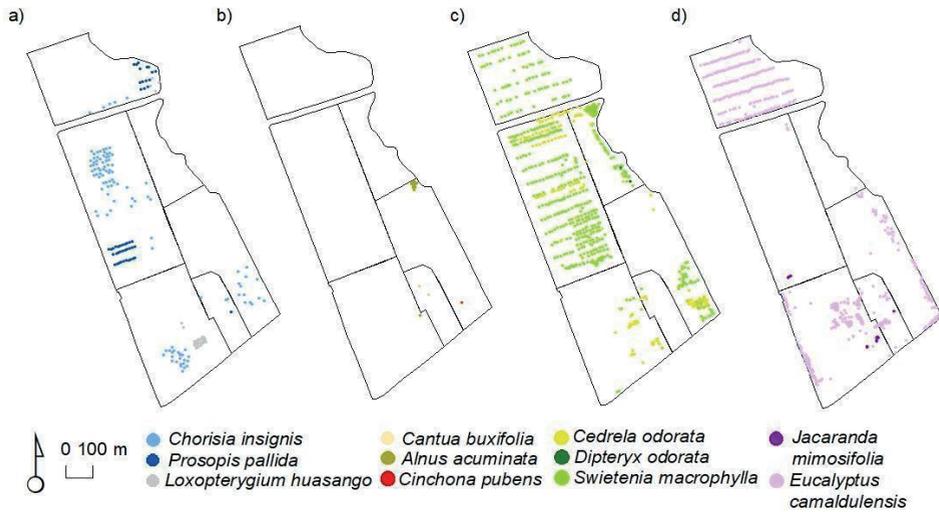


Figura 4. Distribución de especies amenazadas: a) de costa; b) de sierra; c) de selva; d) exóticas.

Tres de las especies de fauna registradas por la literatura en el Vivero Forestal se encuentran en la Lista Roja de la UICN (2022): *Stenocercus modestus* (en peligro) y *Psittacara erythrogenys* y *Psittacara wagleri* (casi amenazadas). Asimismo, según MINAGRI (2014) dos especies se encuentran amenazadas: *Falco peregrinus* y *Dicrodon heterolepsis* (casi amenazadas) (tabla 5).

Tabla 5. Lista de especies de fauna amenazadas.

Grupo	Especie	Estado de conservación	
		UICN (2022)	MINAGRI (2014)
Aves	<i>Psittacara erythrogenys</i> (Lesson 1844)	Casi amenazada	
	<i>Psittacara wagleri</i> (Gray 1845)	Casi amenazada	
	<i>Falco peregrinus</i> (Tunstall 1771)	Preocupación menor	Casi amenazada
Reptiles	<i>Stenocercus modestus</i> (Tschudi 1845)	En peligro	
	<i>Dicrodon heterolepsis</i> (Tschudi 1845)	Preocupación menor	Casi amenazada

### 3.4. Comparación de la biodiversidad

La tabla 6 muestra el listado de estudios que registran especies forestales y de fauna silvestre desarrollados en otros espacios verdes de Lima Metropolitana.

**Tabla 6.** Registros de especies forestales y fauna silvestre en espacios verdes de Lima.

Área verde	Superficie (ha)	Tipo de registro	N° de especies	N° de individuos	Fuente
32 parques de cuatro distritos de Lima Norte (Los Olivos, San Martín de Porres, Comas e Independencia)	No registra	forestal	37	1679	Arévalo 2020
13 distritos (Ancón, Independencia, Jesús María, Lince, Magdalena, Pachacamac, Pucusana, Pueblo Libre, San Bartolo, San Borja, Santa Anita, Santa Rosa y San Juan de Miraflores)	No registra	forestal	198	12 1457	Municipalidad de Lima 2021 (comunicación personal)
Campus UNALM - Sector I	160	forestal	46	1 838	Mostiga 2014; Orellana 2014
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)	14	forestal	No registra	3250	PUCP 2020
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)	66	forestal	No registra	3469	UNInforma 2019
Lima Golf Club	48	forestal	No registra	2000	Gonzales 2004
Área Natural Protegida Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa	263	Fauna-aves	58	No registra	Iannacone et al. 2010
Bosque de Ancón	115	Fauna-aves	57	No registra	Municipalidad de Lima 2020
Sector 1 del campus de la UNALM	161	Fauna-aves	48	No registra	Palacios et al. 2014
Parque de las Leyendas	94	Fauna-aves	45	No registra	Carazas et al. 2019
117 parques públicos y 3 jardines botánicos en 14 distritos de Lima	117	Fauna-aves	45	No registra	Nolazco 2012
Parque Zonal Huáscar	66	Fauna-aves	38	No registra	Municipalidad de Lima 2020
Lima Golf Club	49	Fauna-aves	34	No registra	Gonzales 2004
Parque El Olivar de San Isidro	10	Fauna-aves	29	No registra	Palacios et al. 2014

Área verde	Superficie (ha)	Tipo de registro	N° de especies	N° de individuos	Fuente
Parque de la Exposición	11	Fauna-aves	28	No registra	Municipalidad de Lima 2020
Campus UNALM - Sector I	160	fauna-murciélagos	4	No registra	Mena & Williams 2002; Pellón et al. 2021
Campus UNALM - Sector I	160	fauna-Simosciurus neboxii	1	No registra	Vilchez & Castañeda 2018
Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)	No registra	fauna-Simosciurus neboxii	1	No registra	Lajo-Salazar et al. 2018
Lima (periferia)	No registra	fauna-reptiles	27	No registra	Guzmán et al. 2017
Lima (periferia)	No registra	fauna-anfibios	4	No registra	Guzmán et al. 2017

#### 4. DISCUSIÓN

El Vivero Forestal cumple con lo establecido por la regla de diversidad de Santamour –a veces denominada *la regla del 10%* (Calaza et al. 2018)–, pues dentro de sus 25 ha no existe más de un 10% de una sola especie, ni más de un 20% de un solo género, ni más de un 30% de una sola familia (tabla 1). Por lo tanto, este estudio pone en evidencia la diversa composición de especies nativas y exóticas, que además incluye especies amenazadas, las cuales se encuentran ampliamente distribuidas en los campos del vivero.

El estado de los individuos indica que el manejo de las especies forestales ha permitido su desarrollo óptimo en condiciones diferentes a las de sus lugares de procedencia (para aquellas cuyo origen no es la costa). Sin embargo, es necesario continuar el seguimiento del crecimiento y estado de las plantaciones forestales, debido a que los estudios de introducción de especies conllevan varios años y este tipo de investigaciones son escasas para el ecosistema costero. Con base en las cuatro etapas de ensayo de introducción de especies forestales (Picard & Villar 1982), se considera que las variedades *Loxopterygium huasango*, *Dipteryx odorata*, *Alnus acuminata*, *Cinchona officinalis*, *Cantua buxifolia* y los bambúes se encuentran en la primera etapa denominada “etapa de eliminación”, en la cual estas categorías están en proceso de adaptación a las condiciones climáticas de la zona. Mientras que, especies como *Swietenia macrophylla*,

*Cedrela odorata*, *Chorisia insignis*, *Prosopis pallida*, se encuentran en la segunda etapa denominada “etapa de prueba”, pues fueron instaladas entre el 2015 y 2019, con lo que se comprobó la sobrevivencia a las condiciones del área.

El Vivero Forestal contiene el 25% de las especies de Lima Metropolitana. Además, existen otras 27 que no se registran en estos distritos (tabla 6), en especial aquellas que están en proceso de adaptación, como *Cinchona officinalis*, *Cantua buxifolia*, *Alnus acuminata*, *Dipteryx odorata*, ocho especies de bambúes, entre otras. Es importante mencionar que el 53,6% de los individuos de los distritos con censo en Lima Metropolitana se concentran en seis especies: *Ficus benjamina* (27,7%), *Schinus terebinthifolius* (6,7%), *Delonix regia* (6,5%), *Tecoma stans* (5,1%), *Salix humboldtiana* (3,9%) y *Schinus molle* (3,8%). Asimismo, el Vivero Forestal presenta el mayor número de especies forestales y familias botánicas en comparación al sector 1 del mismo campus de la UNALM, otros grandes campus universitarios y espacios verdes con registro (tabla 6).

En cuanto a la fauna silvestre, el área estudiada registra el mayor número de especies de aves reunidas en un mismo lugar en comparación con las documentadas por otros estudios en Lima (tabla 6). La presencia de los reservorios de agua en el vivero, han generado con el pasar del tiempo ambientes acuáticos con totoras, juncos, jacintos de agua, entre otros, los cuales han servido de refugio y hogar de aves acuáticas, escasamente avistadas en esa zona (Guevara et al. 2019).

Por otro lado, con respecto a los estudios previos a este, Pellón y colaboradores (2021) evidencian el impacto de la acelerada urbanización limeña en la dieta de los murciélagos que naturalmente se alimentan de cactus y que han adaptado su dieta a árboles de *Eucalyptus* spp. Asimismo, en Mena y colaboradores (2021) se documenta el efecto negativo de la iluminación artificial en la diversidad de murciélagos y registra 15 especies de murciélagos en Lima. Por lo tanto, al ser el Vivero Forestal un amplio espacio con escasa iluminación artificial y con gran cantidad de árboles de *Eucalyptus* spp. (13%), se asume que la diversidad de murciélagos podría ser mayor que las cuatro especies reportadas por Pellón y colaboradores (2021) para el sector 1 del campus de la UNALM (tabla 3). De igual manera, la presencia de la ardilla de nuca blanca –*Simosciurus neboxii*–, nativa de la costa norte Perú-Ecuador y reportada en Lima anteriormente (tabla 3), se debe a que ha adaptado su dieta a los entornos urbanos principalmente a la especie de *Tipuana tipu* (Vilchez & Castañeda 2018) y la construcción de madrigueras en especies de los géneros *Tipuana* y *Eucalyptus* (Lajo-Salazar et al. 2018), especies ampliamente distribuidas en el Vivero Forestal.

Por otra parte, en el Vivero Forestal se identificaron dos de las ocho especies de lagartijas registradas para Lima, de las cuales, se destaca la presencia de *Stenocercus modestus*, especie endémica del departamento de Lima con significativas amenazas de conservación (Pérez et al. 2012; tabla 5). Además, se han observado especies de geckos, las cuales no han sido identificadas, pero que podrían corresponder a algunas

de las seis especies registradas para Lima (tabla 6). Con respecto a la diversidad de culebras y serpientes (13 especies) presentes en Lima, solo se reporta una en el área estudiada. En cuanto a anfibios, se encuentra una de las cuatro especies registradas en Lima (tabla 3). Es importante mencionar que, según Guzmán y colaboradores (2017), la recopilación de los registros de anfibios y reptiles presentes en la ciudad se desarrolló en la periferia. De igual manera, conviene resaltar que estos registros en el Vivero Forestal no responden a un estudio específico en estos grupos, por lo que el número de especies podría ser mayor.

El aumento del interés mundial por la conservación de bosques en áreas urbanas y periurbanas se debe a su contribución significativa en la mejora de la biodiversidad, pues estos ecosistemas desempeñan un papel importante en la preservación de las especies nativas y las introducidas en la provisión de hábitats para diferentes especies de fauna (Livesley et al. 2016; Pedersen 2019). La cantidad de especies de fauna (tabla 3) presente en los campos del área investigada es una respuesta a la diversidad de especies forestales (nativas y exóticas) y las formaciones vegetales que generan microhábitats adecuadas para estas especies.

La comparación de la diversidad de especies forestales y de fauna silvestre presentes en el bosque urbano Vivero Forestal con otros espacios verdes dentro de la ciudad de Lima, resulta fundamental para comprender la importancia en la conservación in-situ y ex-situ de especies. Cabe resaltar que se realizó una búsqueda exhaustiva de la literatura científica disponible, sin embargo, la escasa información disponible solo ha permitido comparar con los espacios verdes documentados y a nivel de abundancia. Los parques zonales, conocidos por sus grandes áreas verdes, y otros grandes espacios verdes privados, como cementerios, zonas de golf, entre otros, no cuentan con información documentada acerca de su composición forestal.

La nueva agenda urbana, enmarcada dentro del programa de la ONU Hábitat (UN-HABITAT 2022), reconoce a la ecologización urbana como una importante estrategia para afrontar los desafíos ambientales y sociales más urgentes de las ciudades. A pesar de que las áreas verdes presentes en las ciudades peruanas, incluida la capital, son categorizadas como extremadamente escasas (The Lancet Countdown 2021), la reducción de áreas verdes y el acelerado crecimiento urbano son problemáticas crecientes en la ciudad de Lima reconocidas por Zucchetti y Freundt (2018), y Sabogal (2021). Estos desafíos, que deben ser afrontados mediante la conservación de los espacios verdes existentes en la ciudad, se encuentran dentro o fuera de la gestión municipal, como es el caso del bosque urbano Vivero Forestal. Sin embargo, existen limitaciones que dificultan que las administraciones locales eviten la reducción de espacios verdes fuera de su gestión.

En respuesta a esta problemática, varias ciudades en el mundo (EEUU, Canadá, la mayoría de los países europeos, China y Australia) están implementando innovadoras

estrategias de protección del arbolado en terrenos urbanos privados. Estas estrategias van desde la regulación o la entrega de incentivos, hasta el establecimiento de leyes u ordenanzas, más aún si se trata de proteger especies emblemáticas, patrimoniales o amenazadas (Ordóñez-Barona et al. 2021). Además, reconocemos que se podrían obtener mejores resultados al brindar incentivos (índices verdes o factor verde), como subvenciones, devoluciones de impuestos, asesoramiento en arboricultura o servicios gratuitos de cuidado de árboles, así como el apoyo a actividades dirigidas por ciudadanos centradas en plantar o proteger árboles en terrenos privados, e incluso otorgar premios por actividades de voluntariado.

Una estrategia de conservación efectiva que puede implementarse para proteger y fomentar la preservación de estos espacios consiste en otorgarles la designación de *jardines botánicos*. Actualmente, se reconocen tres de este tipo en la ciudad de Lima: el Jardín Botánico de la Facultad de Medicina de la Universidad Mayor de San Marcos (UNMSM) (3 ha), el Jardín Botánico Octavio Velarde Nuñez de la UNALM (2 ha), y el Jardín Botánico del Parque de las Leyendas (4,7 ha). Sin embargo, algunos autores (Matarazzo & Dourojeanni 2014; Dourojeanni 2020) señalan que en el Perú aún no existe un Jardín Botánico Nacional que cumpla con los estándares mundiales. En respuesta a esta necesidad, el Gobierno peruano ha establecido un Comité para el planteamiento de acciones conducentes a la creación e implementación del Jardín Botánico Nacional (JBN) en el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica – CONCYTEC (CONCYTEC 2021).

Ante la diversidad de ecosistemas presentes en el territorio nacional, varios especialistas reconocen la necesidad de la creación de una Red Nacional de Jardines Botánicos (CONCYTEC 2020). En este contexto, el bosque urbano Vivero Forestal, resultado de la primera etapa del Proyecto “Centro de la Diversidad Natural y Cultural del Perú”, emerge como candidato idóneo para ser considerado como parte de la Red de Jardines Botánicos Nacionales. Este espacio cuenta con una serie de criterios esenciales para esta distinción. En primer lugar, cuenta con la diversidad de flora y fauna evidenciada en este estudio, en especial el componente arbóreo cuyos procesos de adaptación y establecimiento son largos. Además, el Vivero Forestal se beneficia de su ubicación dentro de una universidad especializada en temas de biodiversidad y conservación de recursos forestales, lo que facilita la colaboración interdisciplinaria y el acceso a recursos y conocimientos especializados. Finalmente, la infraestructura y disponibilidad de agua para riego, la accesibilidad, entre otras características que han sido reconocidas previamente por Dourojeanni (2020), refuerzan también su idoneidad como un candidato viable para integrarse en la Red Nacional de Jardines Botánico.

## 5. CONCLUSIÓN

La diversidad de especies forestales y de fauna silvestre, la abundancia, la estructura de la vegetación, la presencia de especies amenazadas y las condiciones particulares del área (extensión, ubicación y disponibilidad de agua) convierten al bosque urbano Vivero Forestal de la UNALM en uno de los espacios verdes más diversos de Lima. Asimismo, se reconoce la necesidad de su conservación y el potencial para convertirse en parte de la Red de Jardines Botánicos Nacionales del Perú.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a las generaciones de profesores, alumnos y administrativos molineros que sumaron esfuerzos para hacer posible la existencia del bosque urbano Vivero Forestal, en particular aquellos que han defendido su conservación. Reconocemos la labor, dedicación y compromiso del ingeniero Antonio Santos, quien además compartió información valiosa acerca de la forestación de estos campos. Agradecemos, de manera especial, a todos los estudiantes de la Facultad de Ciencias Forestales (FCF) de la UNALM que plantaron y cuidaron su árbol (promociones 2014-2018).

Asimismo, extendemos nuestro agradecimiento a Gino Mondragón, Carlos Huamán, Nadia Mendieta, Alejandro Rodríguez, Diana Postigo, Melina Bocanegra, Lasmit Cerón y Úrsula Tafur, quienes participaron en el censo forestal. De igual manera, expresamos nuestro reconocimiento a Fabiola Laura, Kevin Sulca, Yamile Sánchez, Ruth Escobedo, Johoy León, Luz Pérez y Leonardo Izaguirre quienes participaron en las evaluaciones de las plantaciones de ingresantes a la FCF.

También deseamos expresar nuestra gratitud a la Subgerencia de Estrategia Ambiental y Cambio Climático de la Municipalidad de Lima por la data correspondiente al censo de trece distritos; y a Juan Pellón por sus comentarios sobre la fauna urbana de la ciudad de Lima y campus de la UNALM.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Arévalo, W. 2020. *La vegetación como función ambiental de los parques en ciudades del desierto costero peruano - estudio de caso. Lima Norte - 2016 - 2019*. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.
- Borelli, S., M. Conigliaro & F. Pineda 2018. Los bosques urbanos en el contexto global. *Unasylva* 250, 69 (1): 11-21.
- Bulnes, F., M. Orrego & A. Terán 2017. *Árboles y palmeras del Vivero Forestal: características, requerimientos y recomendaciones de 40 especies para la arboricultura urbana*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Calaza, P., P. Cariñanos, F. J. Escobedo, J. Schwab & G. Tobar 2018. Crear paisajes urbanos e infraestructura verde. *Unasyuva* 250, 69 (1): 11-21.
- Carazas, N., R. Salazar & J. Podestá 2019. Wild avifauna of the parque de las leyendas, Lima, Perú. *The Biologist* 17 (1): 61-72. <https://doi.org/10.24039/rtb2020182831>
- Cerna, N. & M. Móstiga 2019. Incidencia de *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink en plantación experimental de *Croton Lechleri* Müll.Arg en el Vivero Forestal DAMF, UNALM Lima. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable* 3 (3): 67-76. <https://doi.org/10.25127/aps.20193.503>
- Colán de la Vega, X., J. Cipra, A. Montoya, J. Adriano & M. Móstiga 2020. ¿Existe riesgo de caída de árboles de *Schinus molle* por la presencia de tumores en la ciudad de Lima? *Espacio y Desarrollo* 200 (34): 175-200. <https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.201902.008>
- Concytec. 2020. *Consultores y expertos locales y del Reino Unido discutieron el proyecto del Jardín Botánico Nacional*. <https://minedu.digital/en-el-marco-de-la-cooperacion-consultores-y-expertos-locales-y-del-reino-unido-debatieron-sobre-el-proyecto-del-jardin-botanico-nacional/> [consultado: 14-11-2023].
- Concytec. 2021. *Resolución Presidencial N° 077-2021-CONCYTEC*. 5-8.
- Dobbs, C., A. A. Eleuterio, J. D. Amaya, J. Montoya & D. Kendal 2018. Beneficios de la silvicultura urbana y periurbana. *Unasyuva* 250, 69 (1): 22-29.
- Dourojeanni, M. 2020. El lugar ideal para la sede Lima del Jardín Botánico Nacional. *SPDA, Actualidad Ambiental*, 17 de febrero de 2020. <https://www.actualidadambiental.pe/opinion-el-lugar-ideal-para-la-sede-lima-del-jardin-botanico-nacional/> [consultado: 14-11-2023].
- Edelman, D. J. 2018. Managing the Urban Environment of Lima, Peru. *Advances in Applied Sociology* 8 (03): 233-284. <https://doi.org/10.4236/aasoci.2018.83014>
- FAO. 2010. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010: términos y definiciones*.
- FAO. 2017. *Directrices para la silvicultura urbana y periurbana*. F. Salbitano, S. Borelli, M. Conigliaro & Y. Chen, eds. Roma: FAO.
- FAO. 2020. *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2020- Informe Perú*. <https://www.fao.org/3/cb0110es/cb0110es.pdf> [consultado: 15-11-2023].
- González, O. 2004. Variación espacio temporal de la diversidad de aves urbanas en un área verde de la ciudad de Lima. *Revista Científica Dillonia* 4 (1): 116-117.
- Guevara, D., M. Orrego & F. Bulnes 2019. *Aves del Vivero Forestal de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Guía para la identificación de 66 especies de aves de Lima y la costa central del Perú*. Lima: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Guzmán, R., E. Flores, J. Flores & R. Vásquez 2017. *Herpetofauna del departamento de Lima*. Lima: Allpa Wasi.

- Iannacone, J., M. Atasi, T. Bocanegra, M. Camacho, A. Montes, S. Santos, H. Zúñiga & M. Alayo 2010. Diversidad de aves en el humedal Pantanos de Villa, Lima, Perú: periodo 2004-2007. *Biota Neotrop* 10 (2): 295-304. <https://doi.org/10.1590/S1676-06032010000200031>
- IUCN 2022. *The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3*. <https://www.iucn-redlist.org/resources/spatial-data-download> [consultado: 14-11-2023].
- Lajo-Salazar, L., M. Williams & P. Vásquez 2018. Caracterización de la ubicación de madrigueras de *Simosciurus neboxii* en un área urbana de Lima, Perú. *Revista Forestal del Perú* 33 (2): 147-164. <https://doi.org/10.21704/rfp.v33i2.1227>
- Livesley, S., F. Escobedo & J. Morgenroth 2016. The biodiversity of Urban and Peri-Urban Forests and the diverse Ecosystem Services They Provide as Socio-Ecological Systems. *Forests* 7 (12): 10-14. <https://doi.org/10.3390/f7120291>
- Matarazzo, M. & M. Dourojeanni 2014. El jardín botánico que necesita el Perú. *El Comercio*, 28 de octubre, p. 14A.
- Mena, J. L., J. Rivero, E. Bonifaz, P. Pastor, J. Pacheco & M. Aide 2021. The Effect of Artificial Light on Bat Richness and Nocturnal Soundscapes along an Urbanization Gradient in an Arid Landscape of Central Peru. *Urban Ecosystems* 25: 563-574. <https://doi.org/10.1007/s11252-021-01163-x>
- Mena, J. L. & M. Williams 2002. Diversidad y patrones reproductivos de quirópteros en una área urbana de Lima, Perú. *Ecología Aplicada* 1 (1): 1-8. <https://doi.org/10.21704/rea.v1i1-2.222>
- MINAGRI. 2014. Decreto Supremo que aprueba la actualización de la lista de clasificación y categorización de las especies amenazadas de fauna silvestre legalmente protegidas. Decreto Supremo N° 004-2014-MINAGRI. *Diario Oficial El Peruano, Norma legal* N° 12813. <https://www.midagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2014/10837-decreto-supremo-n-004-2014-minagri> [consultado: 15-11-2023].
- MINAGRI. 2016. Resolución Ministerial N°0505-2016-MINAGRI Categorización de especies amenazadas de Flora Silvestre. *Diario Oficial El Peruano, Norma legal* N° 13822.
- Móstiga, M. 2014. *Prospección y evaluación de los insectos y ácaros perjudiciales en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina*. Tesis de título en Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de La Molina, Lima, Perú. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1923> [consultado: 14-11-2023].
- Móstiga, M. & P. Lozada 2019. Insectos y ácaros perjudiciales en los arboricultivos de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. *Idesia (Arica)* 37 (1): 115-124. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000503>.
- Municipalidad de Lima. 2020. Evaluación ornitológica en parques zonales y metropolitanos de Lima, Subgerencia de Estrategia Ambiental y Cambio Climático. Informe:

- Georreferenciación de estaciones de muestreo y ubicación de senderos y centros de interpretación para observación de aves. *Smia Munlima* 36. <http://smia.munlima.gob.pe/uploads/documento/2040696a6783105a.pdf> (sitio web en mantención al momento de la publicación).
- Municipalidad de Lima. 2021. Reporte de inventario forestal al 2020. *Subgerencia de Estrategia Ambiental y Cambio Climático*.
- Nolazco, S. 2012. Diversidad de aves silvestres y correlaciones con la cobertura vegetal en parques y jardines de la ciudad de Lima. *Boletín UNOP* 7 (1): 4-16.
- Ordóñez-Barona, C., J. Bush, J. Hurley, M. Amati, S. Juhola, S. Frank, M. Ritchie, C. Clark, A. English, K. Hertzog, M. Caffin, S. Watt & S. J. Livesley 2021. International Approaches to Protecting and Retaining Trees on Private Urban Land. *Journal of Environmental Management* 285: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112081>
- Orellana, G. 2014. *Prospección y evaluación de síntomas y signos de enfermedades en especies forestales del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina*. Tesis de título en Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/880> [consultado: 15-11-2023].
- Palacios, L., L. Castañeda & Z. Quinteros 2014. Aves del campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Lima-Perú)- una revisión de su abundancia, distribución y diversidad desde 1992 al 2010. *Ecología Aplicada* 13 (2): 117-128.
- Pedersen, M. 2019. Devising Urban Biodiversity Habitat Provision Goals: Ecosystem Services Analysis. *Forests* 10 (5): 1-17 <https://doi.org/10.3390/f10050391>
- Pellón, J., J. L. Mendoza, O. Quispe & F. Condo 2021. Exotic Cultivated Plants in the Diet of the Nectar-Feeding Bat *Glossophaga soricina* (Phyllostomidae: Glossophaginae) in the City of Lima, Peru. *Acta Chiropterologica* 23 (1): 107-117. <https://doi.org/10.3161/15081109ACC2021.23.1.009>
- Pérez, Z., L. Y. Echevarría, S. Álvarez, A. Vera, J. Gabriela Alarcón & M. Andía 2012. Ecología trófica de la lagartija *Stenocercus modestus* (Squamata: Tropicuridae) en una zona urbana, Lima, Perú. *Revista Peruana de Biología* 19 (3): 323-325. <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i3.1047>
- Picard, L. & M. Villar 1982. Metodología utilizada para la introducción de especies forestales en Cajamarca-Perú. *CICAFOR* 70.
- PUCP. 2020. *Flora y fauna de la Pontificia Universidad Católica del Perú*. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/la-pucp-frente-al-cambio-climatico/registro-de-flora-y-fauna-de-la-pucp/> [consultado: 15-11-2023].
- Quispe, E. 2017. Situación de las áreas verdes urbanas en Lima Metropolitana. *Universidad Nacional Agraria La Molina*, 1-62. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2990> [consultado: 15-11-2023].
- Sabogal, A. 202. *Urban Ecology A Case Study of Lima City, Perú*. Lima: Springer.

- SERPAR. 2012. Árboles de Lima. Lima: SERPAR.
- Siña, M., R. C. Wood, E. Saldarriaga, J. Lawler, J. Zunt, P. Garcia & C. Cárcamo 2016. Understanding perceptions of climate change, priorities, and decision-making among municipalities in Lima, Peru to better inform adaptation and mitigation planning. *PLoS ONE* 11 (1): 1-13. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147201>
- Takano, F. & N. Castro 2007. Avifauna en el campus de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), Lima - Perú. *Ecología Aplicada* 6 (1-2): 149-154. <https://doi.org/10.21704/rea.v6i1-2.351>
- The Lancet Countdown 2021. *Urban Green Space*. London. <https://www.lancetcountdown.org/data-platform/adaptation-planning-and-resilience-for-health/2-3-adaptation-delivery-and-implementation/2-3-3-urban-green-space> [consultado: 15-11-2023].
- Tropicos.org. Missouri Botanical Garden. (2022). *Tropicos v3.3.2*. <https://www.tropicos.org/home> [consultado: 15-11-2023].
- UN-HABITAT 2022. *The New Urban Agenda*. <https://www.habitat3.org/the-new-urban-agenda> [consultado: 15-11-2023].
- UNEP- WCMC. 2020. *Megadiverse Countries*. Cambridge. <https://www.biodiversitya-z.org/content/megadiverse-countries#:~:text=The> [consultado: 15-11-2023].
- UNInforma 2019. La UNI llegará al 2020 con más de 5 mil árboles. *Uninforma*, octubre 2019, número 17. <https://www.uni.edu.pe/images/Uninforma/UNINFORMA-17-2019.pdf> [consultado: 15-11-2023].
- Vilchez, A. & L. Castañeda 2018. Influencia de la fenología arbórea sobre la composición de la dieta de la ardilla nuca blanca (*Simosciurus neboxii*) en un socioecosistema urbano: una aplicación de la ciencia ciudadana. En *Compendio de trabajos de Investigación Junior 2016-2017*, E. Flores, J. Alarcón, C. Velezmoro, L. Aragón, V. Meza, C. Llerena, R. Sotomayor, L. Vargas, N. Montalvo, D. Roldán & F. Chávez, eds., pp. 76-77. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina
- Williams, M. & D. Rey Sánchez 2014. Primer registro de la presencia y reproducción del anuro *Rhinella poeppigii* (Tschudi, 1845) en un área antrópica del departamento de Lima, Perú. *Ecología Aplicada*, 13 (2): 109-115. <https://doi.org/10.21704/rea.v13i1-2.461>
- Zucchetti, A. & D. Freundt 2019. Ciudades del Perú. *Primer reporte Nacional de Indicadores Urbanos 2018*. Lima: Nova Print. [https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ciudades\\_sostenibles\\_1.pdf](https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/ciudades_sostenibles_1.pdf) [consultado: 15-11-2023].

## MICROPLÁSTICOS EN SEDIMENTOS FLUVIALES EN LA CUENCA BAJA DEL RÍO RÍMAC, PERÚ

*Raúl Huanaco Huamán*

<https://orcid.org/0009-0008-9998-3241>

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

[raul.huanaco@pucp.edu.pe](mailto:raul.huanaco@pucp.edu.pe)

*Nadia Rosa Gamboa Fuentes*

<https://orcid.org/0000-0003-0511-267X>

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

[ngamboa@pucp.pe](mailto:ngamboa@pucp.pe)

Recibido: 3 de septiembre, 2022

Aceptado: 3 de mayo, 2023

### RESUMEN

Los microplásticos están presentes en el ambiente, en especial en los ecosistemas acuáticos, y son de interés prioritario por el nivel de riesgo que representan. Este problema surge por los residuos de plásticos mal gestionados que, en su mayoría, terminan en vertederos, ríos, lagos y océanos, dando como resultado la generación de microplásticos por degradación física y química. Asimismo, las descargas de efluentes domésticos e industriales incrementan la presencia de microplásticos en los ríos. Esta investigación es el primer estudio sobre microplásticos que se desarrolló en la cuenca baja del río Rímac en los años 2017 y 2018, en la región Lima, Perú. Los resultados muestran 97 partículas de microplásticos correspondientes a noviembre de 2017, y 2982 que corresponden a agosto 2018. Las formas predominantes de microplásticos comprenden fragmentos, películas, filamentos y esférulas. La presencia de dichos materiales en los sedimentos está asociada a los residuos sólidos que se encuentran en el cauce del río y la descarga de efluentes en el mismo. Estos resultados son preocupantes, debido a que las aguas del río Rímac estarían siendo contaminadas por microplásticos, aun sabiendo que el río es la principal fuente de agua para las diferentes actividades que se desarrollan en la gran ciudad de Lima Metropolitana.

*Palabras clave:* Microplásticos, plásticos, residuos sólidos, río Rímac, sedimentos.

## Microplastics in fluvial sediments in the Rimac River low basin, Peru

### ABSTRACT

Microplastics are present in the environment, especially in aquatic ecosystems, and are of priority interest due to their level of risk. This problem arises from poorly managed plastic waste which mostly ends up in dumps, rivers, lakes, and oceans, generating microplastics through physical and chemical degradation. Likewise, the discharges of domestic and industrial effluents increase the presence of microplastics in rivers. This research is the first study on microplastics developed in the lower basin of the Rímac river in the years 2017 and 2018 in the Lima region, Peru. The results show 97 microplastic particles collected in November 2017 and 2982 microplastic particles in August 2018. The predominant forms of microplastics correspond to fragments, films, filaments, and spherules. Microplastics present in sediments are associated with solid wastes found in the riverbed and the discharge of effluents into the river. These results are worrying because the Rimac river would be contaminated by microplastics, moreover knowing that this river is an important source of freshwater for the different activities in the great city of Metropolitan Lima.

*Keywords:* Microplastics, Plastics, Rimac river, Sediments, Solid Wastes.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la última década se ha avanzado significativamente en cuanto a la presencia, el transporte, los procesos y las metodologías de muestreo y análisis de microplásticos. A partir de ello, se ha determinado que los océanos son el destino final de estos materiales desde sus fuentes originales en los continentes, y los procesos de fragmentación y disminución del tamaño de los plásticos que los originaron han llevado incluso a la aparición de nanoplásticos en distintas matrices (Allen et al. 2022). Además, la presencia de los microplásticos en las cadenas tróficas, e inclusive en sangre humana (Leslie et al. 2022), advierte sobre la necesidad urgente de monitorear las fuentes de aguas continentales en ciudades de países en desarrollo, amenazadas por la mala gestión de los residuos urbanos que contienen plásticos.

Lima, la capital del Perú, es una megaciudad (United Nations 2018) que presenta muchos problemas de gestión urbana y, en particular, de gestión de residuos sólidos. La presente investigación se propuso detectar, identificar y cuantificar la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales del río Rímac, ante la posible amenaza de este tipo de contaminantes a la población de la cuenca que ya sobrepasa los 10 millones de habitantes. Hay muy poca información de este tipo en el país y la que existe se enfoca en las playas del litoral costero, específicamente en la costa sur (Purca & Henostroza 2017; Dávila & Montalvan 2021), y en peces marinos de importancia económica (Iannacone et al. 2021). Por ello, es necesario estudiar la presencia de microplásticos en el río Rímac, el cual atraviesa la ciudad más poblada del Perú. La comprobación

de su presencia confirmaría la necesidad de establecer mecanismos de control más eficientes y eficaces que puedan disminuir la exposición de la población humana a estos materiales no biodegradables. Dichos elementos transportan y contienen, además, otros contaminantes adsorbidos, los que, por su muy pequeño tamaño, poseen una muy alta capacidad de penetración, aumentando así su peligrosidad.

Algunos autores definen a los microplásticos como partículas pequeñas con longitudes menores a 5 mm (Dris et al. 2015), e incluyen fibras y gránulos (Cole et al. 2011). Por otra parte, existen propuestas de definición de microplásticos como partículas sintéticas o en base polimérica que pueden tener forma y tamaño irregulares. Estos últimos están comprendidos entre 1  $\mu\text{m}$  y 5 mm (Frias & Nash 2019). En la presente investigación se estudiaron partículas con un tamaño comprendido entre 0,063 mm y 5 mm de longitud y con formas de filamentos, películas, fibras, esférulas y fragmentos.

Conviene presentar una breve revisión sobre microplásticos en aguas y sedimentos de cuerpos hídricos continentales. Los primeros reportes sobre microplásticos en agua dulce se realizaron en Estados Unidos, específicamente en un estudio desarrollado en los ríos Los Ángeles y San Gabriel en el año 2011, donde se estimó el aporte de microplásticos a las playas del sur de California (Moore et al. 2011). Asimismo, en Chicago, Illinois, se ha evaluado la presencia de microplásticos en el canal Norte, influenciado por la descarga de efluentes domésticos; además, se ha descubierto que la concentración aumenta después de la descarga del efluente (McCormick et al. 2014). También en los ríos del noreste de Illinois y noreste de Indiana, canal de Norte y río DuPage, se han reportado microplásticos en formas de *pellets*, fibras y fragmentos compuestos, en su mayoría, de polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS). En este estudio se determinó compatibilidad entre los microplásticos y las bacterias, es decir, los microplásticos sirven de sustrato (soporte) para la supervivencia de las bacterias (McCormick et al. 2016).

En los grandes lagos Erie y St. Clair se ha reportado una alta concentración de microplásticos de poliestireno (PS), gránulos y fragmentos de plásticos. Una posible causa de la presencia de partículas en el lago Erie son los desechos urbanos y la alta densidad poblacional (Zbyszewski et al. 2014). Del mismo modo, en los grandes lagos Laurentianos, situados en la frontera entre Estados Unidos y Canadá, se han realizado estudios sobre microplásticos en aguas superficiales que ingresan a través de sistemas de desagüe (Eriksen et al. 2013). Además, en las costas del lago Huron, tuvo lugar un estudio en el cual se registraron fragmentos y piezas de espuma de poliestireno sobre una superficie de tan solo 85 m<sup>2</sup>. Asimismo, en esa misma investigación, se han reportado partículas de polietileno, polipropileno y tereftalato de polipropileno (PET) (Zbyszewski & Corcoran 2011). En esa misma línea, se investigó la presencia de los microplásticos en los sedimentos del río San Lorenzo, los cuales están relacionados con la alta densidad demográfica y la presencia de industrias en el área de estudio

(Castañeda et al. 2014). Los microplásticos más comunes encontrados fueron espumas de poliestireno, seguidos por pellets de resina. Esta información es importante ya que los peces bentónicos se alimentan de los detritos y de las partículas en suspensión, por lo que tienen mayor probabilidad de ingerir microplásticos.

La exploración de los microplásticos en los lagos se extendió a Europa y Asia. En el lago Ginebra, Suiza, se realizó un estudio sobre macropelásticos y microplásticos en peces (Faure et al. 2012). Otra investigación se llevó a cabo en la costa sur del lago Garda, Italia, la que reportó una alta concentración de microplásticos y consideró que esta presencia podría haber sido transportada por el viento. A partir de ello, se hallaron microplásticos de poliestireno, polietileno y polipropileno (Imhof et al. 2013). Además, en el río Danubio, entre Viena y Bratislava, se han identificado microplásticos en el año 2010 y 2012. Las formas en mayor proporción en se encontraron son esférulas con 73,9% de abundancia (Keckeis et al. 2014; Lechner et al. 2014). Del mismo modo, en el estuario de Tamar (Inglaterra), se realizó un estudio sobre microplásticos en agua superficial, el que reportó la siguiente proporción: 40% polietileno, 25% poliestireno y 19% polipropileno, materiales que estaban constituidos por fibras, pellets y fragmentos (Sadri & Thompson 2014). Por otro lado, en Asia, específicamente en el lago Hovsgol, en Mongolia, se encontraron microplásticos compuestos por fragmentos, películas (láminas) y fibras. La abundancia de microplásticos en este lago está asociada a la falta de un adecuado sistema de gestión de residuos sólidos (Free et al. 2014).

Sin embargo, en Perú solo se ha realizado un estudio sobre la presencia de microplásticos en aguas fluviales costeras. En esta investigación, Manrique (2019) reportó microplásticos de un tamaño entre 500  $\mu\text{m}$  y 1 mm en la desembocadura del río Jequetepeque, La Libertad, e informó acerca de la distribución del material plástico por colores: 22,2 % como blanco, 16,7 % como rojo y 11,1 % como azul. Asimismo, se ha desarrollado una investigación en el mercado Belén, en la ciudad de Iquitos, en la cual se han encontrado microplásticos en el contenido estomacal de los peces comercializados. Se registraron 17 microplásticos en seis individuos de un total de 13 de la especie *Prochilodus nigricans* (pez boquichico), pertenecientes al orden Characiformes y a la familia Prochilodontidae. Se trata de una especie de importancia económica, debido a que es consumida por los habitantes de la ciudad antes mencionada. Las vías de ingreso de microplásticos podrían asociarse a la forma de alimentación de estos peces, pues se alimentan de detritos presentes en el agua y en el sedimento, por lo que podrían confundir a los microplásticos con sus alimentos (Chota-Macuyama & Chong 2020). Además, la presencia de microplásticos en los boquichicos representa un nivel de riesgo para la salud de la población que los consume.

Existen diversas ideas en torno a las fuentes de los microplásticos. Algunos defienden que estas se encuentran asociadas a las actividades en las playas y riberas, y a la descarga de efluentes en ellas (Faure et al. 2012). Otros postulan que algunos de los orígenes

principales de los plásticos y microplásticos son los vertederos, el vertimiento de efluentes domésticos y las actividades de turismo (Sadri & Thompson 2014). Mientras que otros señalan que la presencia de dichos materiales está asociada a plásticos de mayor tamaño que son desechados a los cuerpos de agua y se relacionan con regiones con alta población y zonas industriales (Zbyszewski et al. 2014).

A partir de lo anterior, las fuentes de los microplásticos se pueden establecer en primarias y secundarias. Las primarias están referidas a partículas nuevas usadas en diferentes industrias, es decir, partículas de polietileno, polipropileno y poliestireno contenidas en los productos de limpieza y cosméticos que ingresan al sistema acuático por las descargas de efluentes domésticos (Eerkes-Medrano et al. 2015). Las materias primas (pastillas, escamas y pellets) utilizadas para fabricar productos plásticos también son consideradas fuentes primarias (Lechner et al. 2014). Las fuentes secundarias están relacionadas con la descomposición y fragmentación de macroplásticos por acciones físicas y químicas (Cole et al. 2011), es decir, por la exposición a la intemperie. Las fibras eliminadas por el lavado de ropa fabricada con poliéster, poliacrilato y poliamida también son fuentes secundarias, y pueden llegar a generar hasta 100 fibras por litro de efluente (Eerkes-Medrano et al. 2015). Estos materiales pueden ser un problema en las plantas de tratamiento de aguas residuales tradicionales (Rout et al. 2022).

Los principales efectos de los microplásticos en algunas especies biológicas estarían asociados a daños fisiológicos, como obstrucción digestiva, heridas internas, sensación de falsa saciedad y muerte por inanición. Por ejemplo, las aves marinas y de agua dulce consumen microplásticos en forma directa (los confunden con los alimentos) e indirecta (a través de peces) (Eerkes-Medrano et al. 2015). Estos últimos ingieren microplásticos al creer que son con alimento y se encuentran en sus agallas y en sus tractos gastrointestinales de manera no intencional (Li et al. 2021).

Además, esta ingesta de microplásticos puede liberar los componentes propios y ocurrir la desorción de contaminantes peligrosos presentes en la superficie de los microplásticos al agua (Faure et al. 2012); es decir, los contaminantes orgánicos persistentes se adhieren a la superficie de microplásticos (Eriksen et al. 2013). Asimismo, los microplásticos contienen y absorben los microcontaminantes y agentes patógenos (Wagner et al. 2014). Entre los contaminantes persistentes que están relacionados con los microplásticos se encuentran los bifenilos policlorados y los productos utilizados en la producción de plásticos que pueden ser transferidos a los organismos acuáticos (Eerkes-Medrano et al. 2015). La presencia de microplásticos en ecosistemas marinos y de agua dulce podría afectar el ingreso de los rayos de luz en ellos, que son los que permiten el intercambio de nutrientes en dichos ecosistemas (Eerkes-Medrano et al. 2015).

En cuanto a los efectos de los microplásticos en la salud de las personas, estos son aún poco conocidos, pero es altamente probable que estén presentes en el agua potable y embotellada, e incluso se han identificado en la sal de mesa (Eerkes-Medrano et al.

2015; Yang et al. 2015). Como resultado, las personas se encuentran expuestas a microplásticos a través de la alimentación o la inhalación, lo cual ocasiona la acumulación de estos en los pulmones y en el sistema circulatorio (Wright & Kelly 2017). En esta misma línea se realizó en Países Bajos el año 2022 un estudio sobre la presencia de microplásticos en la sangre humana. En esta investigación se encontraron microplásticos en 17 muestras de sangre, de un total de 22. Los resultados muestran la presencia de microplásticos de tereftalato de polipropileno, poliestireno, polietileno y polimetilmetacrilato (Leslie et al. 2022).

## 2. METODOLOGÍA

El presente estudio se llevó a cabo en la cuenca del río Rímac, Lima, Perú, específicamente en la subcuenca del río Rímac bajo. Esta área geográfica posee su inicio en la latitud sur 11°55'23" y su final en la longitud oeste 76°40'8". El área del río Rímac bajo es de 441,03 km<sup>2</sup>, que representa 12,59% del área. Además, posee una longitud de 22,92 km desde la unión entre el río Santa Eulalia y el río Rímac, hasta la desembocadura en el océano Pacífico (Ministerio de Agricultura 2010).

El diseño y la selección de zonas de muestreo se llevaron a cabo tras un análisis de la información existente, un reconocimiento del entorno del área de estudio y la verificación de accesos seguros existentes a las zonas de muestreo. Estas muestras fueron recolectadas en los sedimentos laterales o sedimentos de borde del río (fig. 2) en épocas de avenida (noviembre del 2017) y estiaje (agosto del 2018), considerando el ciclo hidrológico de la cuenca de dicho río. A partir de un análisis de las actividades en las riberas y las características del río, se definieron un total de siete estaciones de muestreo, cuyas ubicaciones se muestran en la figura 1.

Los sedimentos laterales fueron recogidos con espátula de metal, de modo que cubren una superficie de 30 cm por 30 cm a 2,0 cm de profundidad y a 2 m de distancia en promedio desde la orilla del río. En la figura 2 se muestra el perfil de la zona de muestreo adaptada de la geología plana de Lima Metropolitana (Coll 2017). Además, en cada estación de muestreo se tomaron dos submuestras con una separación de 8 m aproximadamente (fig. 3).

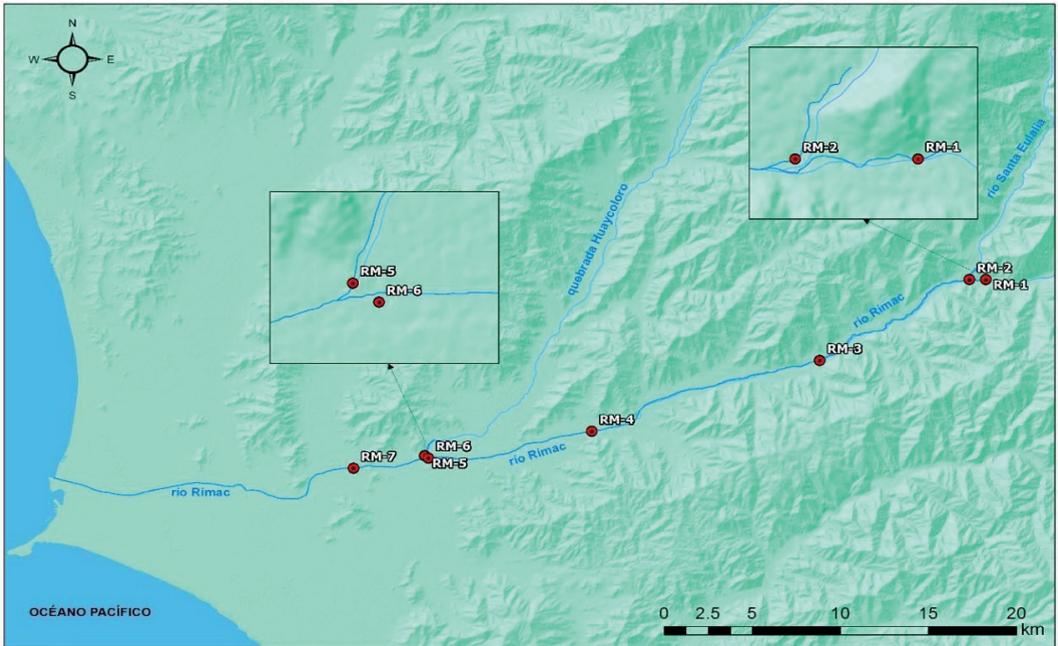


Figura 1. Ubicación de las estaciones de monitoreo.

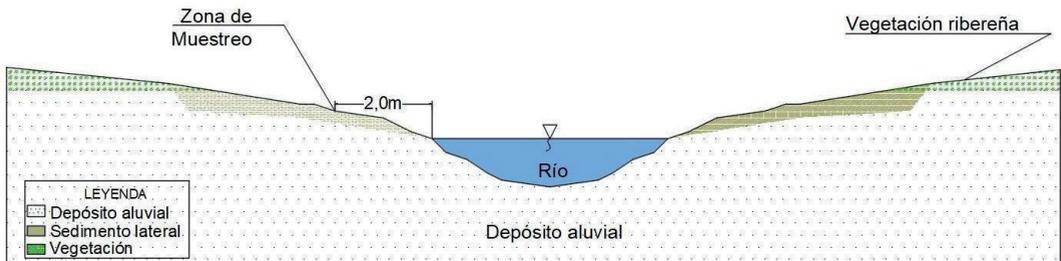


Figura 2. Sección de zona de muestreo (dibujo de los autores, basado en Coll 2017).

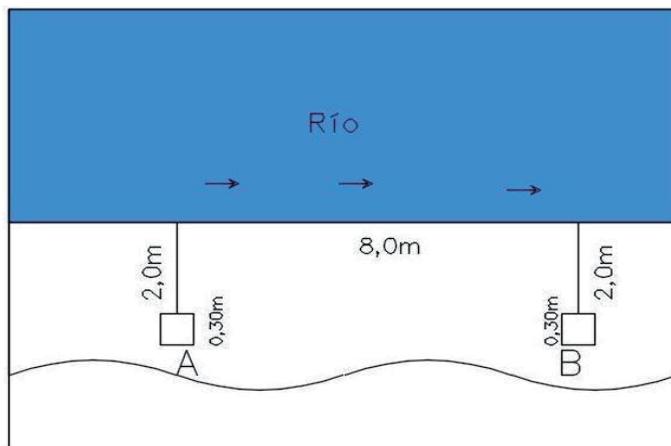


Figura 3. Distribución en zona de muestreo (dibujo de los autores).

## 2.2. Análisis de muestras

En primer lugar, se tomaron 400 g de cada muestra húmeda de sedimentos (Masura et al. 2015) y se secaron en estufa a 90 °C por 24 horas. Esta temperatura no altera la forma original de microplásticos a analizar (Masura et al. 2015; Horton et al. 2016).

Posteriormente, se tomaron 300 g de la muestra seca y se colocaron en un vaso de precipitado de 600 ml. Luego, se añadieron 300 ml de solución saturada de cloruro de sodio con densidad 1,2 g/cm<sup>3</sup>, posteriormente, se agitó la mezcla en forma manual con una espátula de madera. Después, se esperaron 30 minutos hasta observar la flotación de partículas. Por un lado, las muestras flotantes se pasaron por tamices de 0,5 mm y 0,63 mm. Más tarde, las fracciones recuperadas se secaron en la estufa a 90 °C por 24 horas. Por otro lado, las muestras superiores a 0,5 mm fueron guardadas para su análisis.

Seguidamente, se pesó la muestra seca con una balanza analítica de precisión de 0,1 g y se restó la masa del vaso de precipitado tarado. El resultado de lo anterior es la masa de microplásticos y muestras naturales. Posteriormente, las impurezas de las muestras se oxidarán con el peróxido de hidrógeno. Además, las muestras pesadas se cubrieron con papel aluminio para evitar la contaminación con otras partículas en el laboratorio (Masura et al. 2015).

Más tarde, se añadieron 20 ml de solución de hierro (II) y, a continuación, se colocaron 20 ml de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) al 30%. Después, se calentó la muestra con el peróxido y se agitó de manera constante. Durante este proceso, la temperatura de la muestra no debería de superar los 75 °C como se recomienda en el estudio de Masura et al. (2015). La adición de peróxido se prolongó hasta que se observó la ausencia de materia orgánica, lo cual se identifica por la ausencia de burbujeo en la muestra.

A continuación, se agregaron 6 g de cloruro de sodio por cada 20 ml de muestra oxidada y esta solución fue agitada hasta la disolución del cloruro de sodio. Este procedimiento tuvo como objetivo aumentar la densidad de la solución con el fin de recuperar la mayor cantidad de microplásticos. Luego, se transfirió la muestra al separador de densidad (instrumento usado para separar sólido y partículas flotantes), y se dejó reposar por 12 horas para que los sólidos pudieran sedimentar. Después de ese tiempo, la muestra que estaba en el separador de densidad se filtró con bomba de vacío para recuperar los microplásticos.

Finalmente, se fotografiaron las muestras con un estereoscopio marca Leica, modelo M80, con el fin de registrar las formas de los microplásticos. Posteriormente, se llevó a cabo el conteo de las unidades de microplásticos presentes y la medición de su tamaño, empleando el software libre ImageJ. Para terminar, se identificó el tipo de polímeros presente en cada microplástico aislado a través de Espectrofotómetro infrarrojo marca Perkin Elmer, modelo Frontier FT-IR.

### **3. RESULTADOS**

En la figura 4 se muestra la distribución de los microplásticos por estación de monitoreo. El máximo registro fue de 42 microplásticos en la estación RM-7, cercana al puente la Libertad, en el distrito El Agustino, y no se detectaron microplásticos en la estación RM-3, cercana al puente Los Ángeles, en el distrito Chaclacayo, correspondiente al año 2017. Mientras que, en la época de estiaje correspondiente al mes de agosto de 2018, el máximo registro fue de 1727 microplásticos en la estación RM-5, en la quebrada Huaycoloro, distrito San Juan de Lurigancho, y el mínimo fue de 13 en la estación RM-1, cercana al puente Ricardo Palma.

#### **3.1. Formas de microplásticos**

Los microplásticos registrados exhiben una variedad de colores, formas y tamaños. Por un lado, se han identificado 38 microplásticos de tipo fragmento que representan 39,2%; 32 de tipo película (33%), 20 de tipo filamento (20,6%) y 7 de tipo esférulas (7,2%) correspondientes al año 2017. Las diferentes formas de los microplásticos están asociadas a las fuentes secundarias, es decir, a la degradación fisicoquímica de plásticos mayores. Por otro lado, en la época de estiaje se han identificado 2657 microplásticos de tipo fragmento que representan un 89,1%, 167 de tipo película (5,6%), 101 de tipo filamento (3,39%) y 57 de tipo esférulas (1,9%). En la figura 5, se muestra la frecuencia de aparición de las formas de los microplásticos.

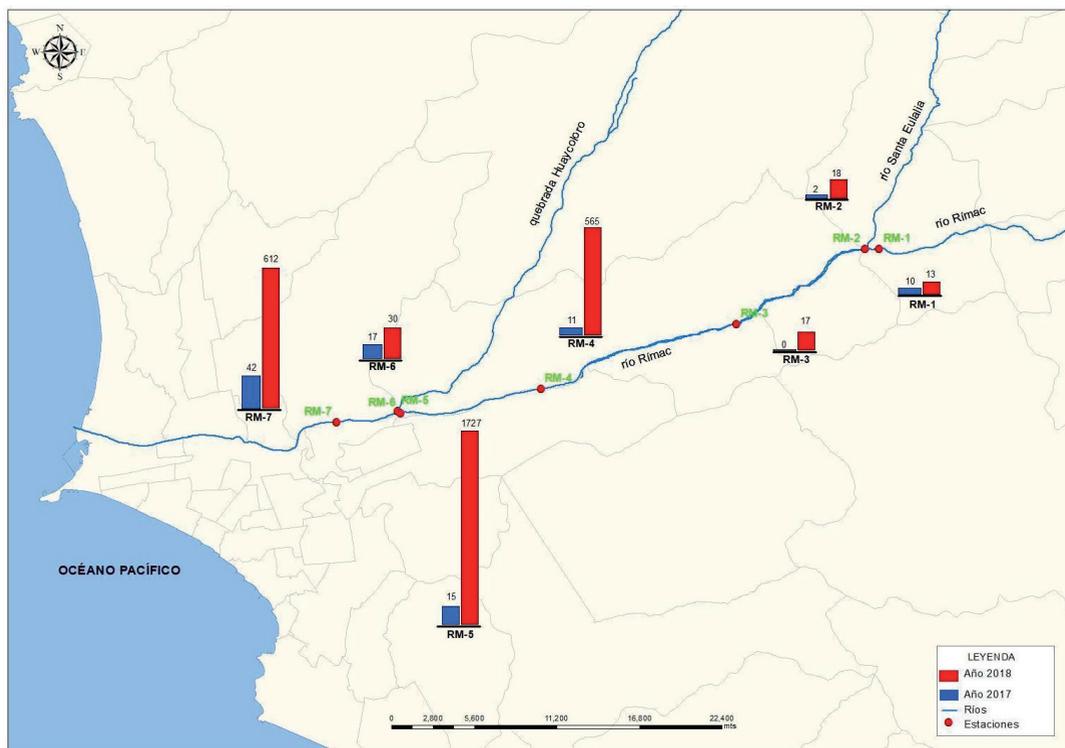


Figura 4. Microplásticos en el área de estudio. Registros durante noviembre 2017 y agosto de 2018.

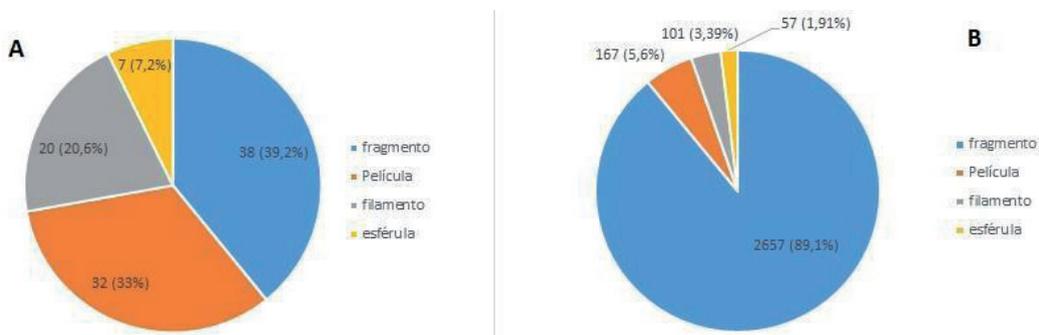


Figura 5. Forma de microplásticos: a) resultados de la época de avenida (noviembre 2017); b) resultados de la época de estiaje (agosto 2018).

### 3.2. Tamaño de microplásticos

Con la ayuda del software libre ImageJ se midió el tamaño de los microplásticos clasificados en cuatro grupos: el primero de tamaño 0,063-0,1 mm; el segundo 0,1-1,0 mm; el tercero 1,0-2,5 mm; y, finalmente, el cuarto con un tamaño de 2,5-5,0 mm (tabla 1) (fig. 6).

Tabla 1. Tamaño de microplásticos.

Grupos	Microplásticos	
	Noviembre de 2017	Agosto de 2018
0,063-0,1 mm	0	364
0,1-1,0 mm	35	1366
1,0-2,5 mm	42	966
2,5-5,0	20	286



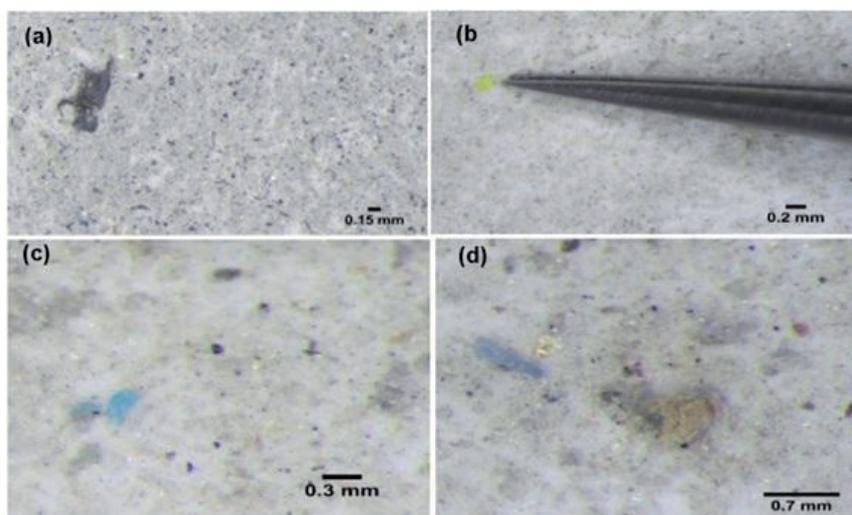
Figura 6. Tamaño de microplásticos: a) cantidad de microplásticos de acuerdo con el tamaño en noviembre de 2017; b) cantidad de microplásticos de acuerdo con el tamaño en agosto 2018.

En la época de avenida, el tamaño promedio de microplásticos es 1,64 mm, el máximo 4,86 mm, y el mínimo 0,15 mm; mientras que, en la época de estiaje, el máximo tamaño es 4,70 mm, el mínimo 0,063 mm, y el tamaño promedio 1,03 mm (tabla 2). Además, la mayor cantidad de microplásticos se encuentran en el segundo grupo 0,1 a 1,0 mm, con 1366 partículas que representan el 45,8%, y corresponden a la época de estiaje (agosto de 2018).

**Tabla 2.** Tamaños máximos, mínimos y promedios de los microplásticos.

Grupos	Microplásticos noviembre de 2017		Microplásticos agosto de 2018	
	Tamaño	Estación	Tamaño	Estación
Máximo	4,86 mm	RM-6	4,70 mm	RM-5
Mínimo	0,15 mm	RM-7	0,063 mm	RM-7
Promedio	1,64 mm	-	1,03 mm	-

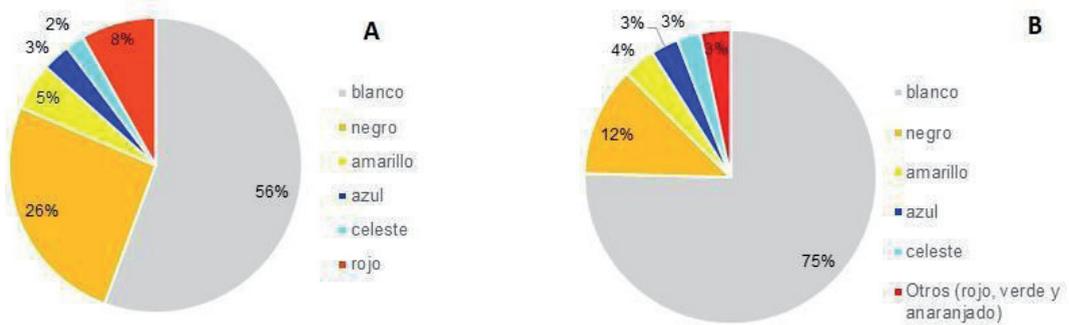
En la figura 7 se muestran los registros fotográficos de algunas formas de los microplásticos encontrados.



**Figura 7.** Registros fotográficos de microplásticos de 0,15 a 0,7 mm: **a)**, **b)**, y **c)** películas; **d)** fragmento.

### 3.3. Color de microplásticos

Los microplásticos registrados poseen diversos colores. En el muestreo de noviembre de 2017 predomina el color blanco con un 56%, seguido del negro con 26%. El color amarillo representa el 5%, el azul el 3%, y el celeste el 2%. En el muestreo de agosto de 2018 el color blanco representa el 75%, el negro el 12%, el amarillo el 4%, el azul el 3%, el celeste el 3%, y un 3% corresponde a otros colores. En la figura 8 se muestra la distribución porcentual del color de microplásticos.



**Figura 8.** Color de los microplásticos: **a)** porcentaje de los colores en noviembre 2017; **b)** porcentaje de los colores en agosto 2018.

Se han identificado 54 microplásticos de color blanco, 25 de color negro, 8 de color rojo, 5 de color amarillo, 3 de color azul y 2 de color celeste, correspondientes a noviembre 2017. Mientras que, en el muestreo de agosto 2018, se han identificado 2248 microplásticos de color blanco, 359 de color negro, 107 de color amarillo, 91 de color azul, 78 de color celeste y 99 conformados por color rojo, verde, anaranjado (tabla 3).

**Tabla 3.** Colores de los microplásticos.

Noviembre 2017			Agosto 2018		
Color de microplásticos	Cantidad	%	Color de microplásticos	Cantidad	%
Blanco	54	56	Blanco	2248	75
Negro	25	26	Negro	359	12
Amarillo	5	5	Amarillo	107	4
Azul	3	3	Azul	91	3
Celeste	2	2	Celeste	78	3
Rojo	8	8	Otros (rojo, verde y anaranjado)	99	3
Total	97	100	Total	2982	100

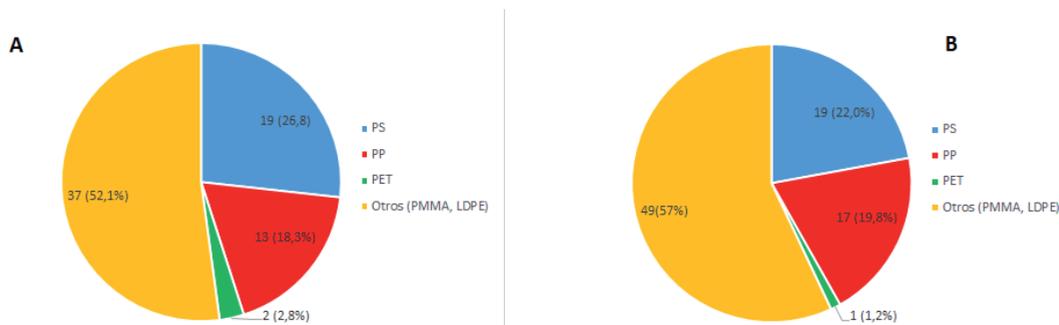
Para la identificación de los microplásticos aislados se seleccionaron las partículas al azar y, luego, fueron analizadas mediante el espectrómetro Frontier (FTIR). Los microplásticos identificados en la época de avenida corresponden 1 PET en la estación RM-1, 1 PP en la estación RM-2, 2 PP y 1 PET en la estación RM-4, 3 PP y 9 PS en la estación RM-5, 7 PP en la estación RM-6, y 10 PS en la estación RM-7. Por su parte, en la época de estiaje se ha identificado 3 PP en la estación RM-1, 1 PP

en la estación RM-2, 2 PP en las estaciones RM-3, RM-4 y RM-7, 5 PP y 19 PS en la estación RM-5, y 2 PP y 1 PET en la estación RM-6. Las partículas inferiores a 0,5 mm han dificultado la caracterización por FTIR debido a su difícil manipulación. En la tabla 4, se resumen los polímeros identificados en cada estación.

**Tabla 4.** Polímeros identificados en la época de avenida (noviembre 2017) y estiaje (agosto 2018).

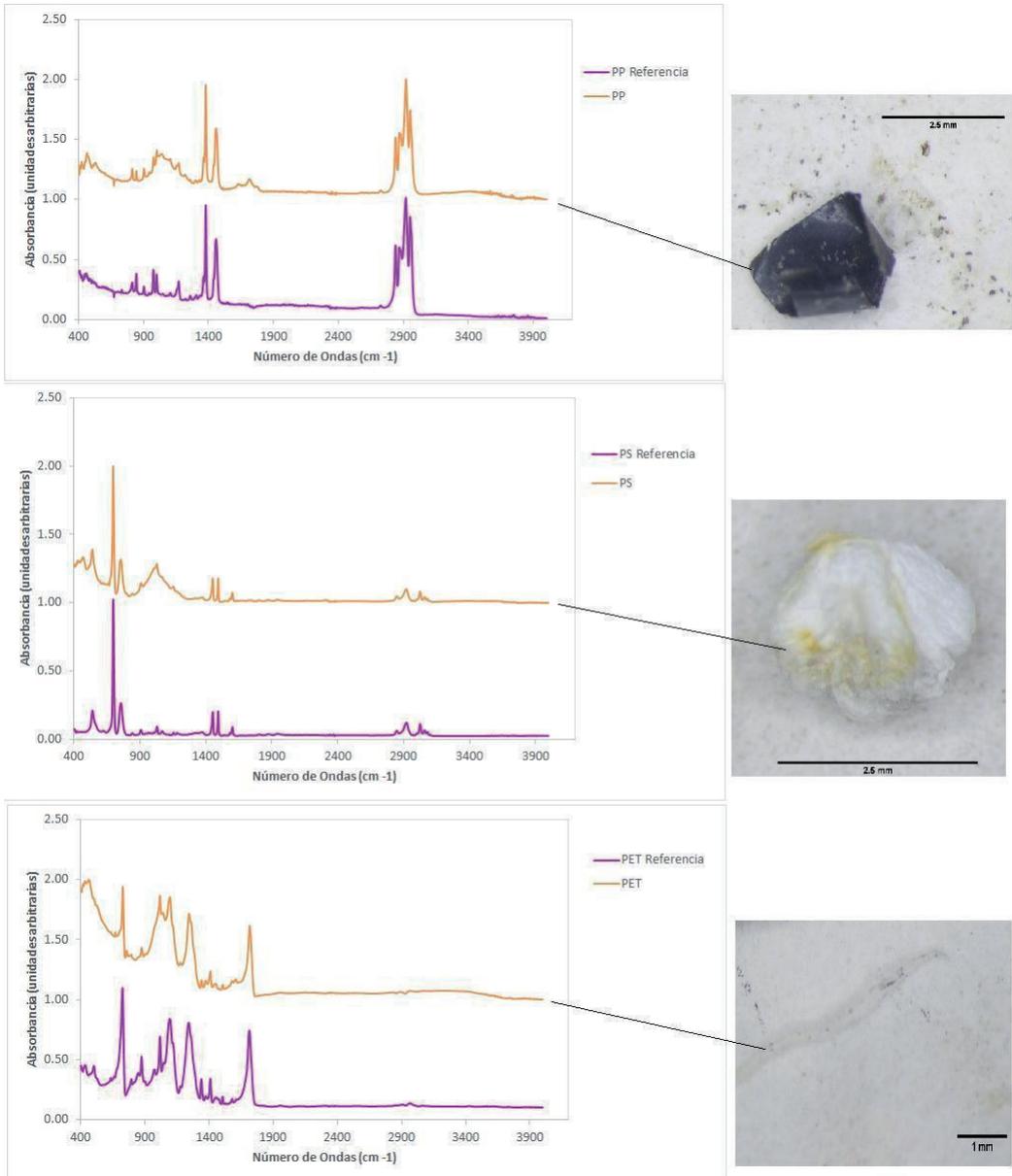
Estaciones	Polímeros identificados - noviembre 2017							Polímeros identificados - agosto 2018						
	Número de microplásticos	Microplásticos seleccionados al azar	PP	PS	PET	PVC	No identificados	Número de microplásticos	Microplásticos seleccionados al azar	PP	PS	PET	PVC	No Identificados
RM-1	10	5	0	0	1	0	4	13	4	3	0	0	0	1
RM-2	2	1	1	0	0	0	0	18	4	1	0	0	0	3
RM-3	--	--	--	--	--	--	--	17	7	2	0	0	0	5
RM-4	11	5	2	0	1	0	2	565	4	2	0	0	0	2
RM-5	15	15	3	9	0	0	3	1727	42	5	19	0	0	18
RM-6	17	17	7	0	0	0	10	30	5	2	0	1	0	2
RM-7	42	28	0	10	0	0	18	612	20	2	0	0	0	18
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>71</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>37</b>	<b>2982</b>	<b>86</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>49</b>

También se han identificado 71 polímeros en la época de avenida, de los cuales 19 son partículas de PS (26,8%), 13 de PP, 2 de PET, y 37 de otros polímeros (PMMA y LDPE). En la época de estiaje se han identificados 86 polímeros de los cuales 19 corresponden a partículas de PS (22,1%), 17 de PP, 1 de PET, y 49 de otros polímeros (PMMA y LDPE) (fig. 9).



**Figura 9.** Polímeros identificados en ambas campañas: a) en la avenida; b) en la época de estiaje.

Por otra parte, en la figura 10 se muestran los espectros FTIR de PP, PS y PET comparados con el espectro obtenido de plásticos comercialmente disponibles.



**Figura 10.** El área espectral el polipropileno (PP) se encuentra entre  $1400\text{ cm}^{-1}$  y  $2900\text{ cm}^{-1}$ , el poliestireno (PS) entre  $400\text{ cm}^{-1}$  y  $900\text{ cm}^{-1}$ , y el tereftalato de polipropileno (PET) entre  $400\text{ cm}^{-1}$  y  $1900\text{ cm}^{-1}$ .

### 3. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados obtenidos en la investigación confirman la presencia de microplásticos (MP) en sedimentos del cauce del río Rímac. Estos hallazgos poseen una gran relevancia y suscitan preocupación, tanto para la salud de las personas como la del ecosistema acuático, debido a que los ríos son medios conductores hacia los ecosistemas del mar peruano.

Uno de los resultados obtenidos es la cantidad de MP en la época de estiaje, la cual fue de 97 partículas, con registro máximo de 42 partículas en la estación RM-7 y con registro 0 en la estación en la estación RM-3. Por otro lado, en la época de avenida, la cantidad de microplásticos fue de 2982 partículas, con registro máximo de 1727 en la estación en la estación RM-5 y con registro mínimo de 13 en la estación RM-1 (tabla 5).

**Tabla 5.** Cantidad de Microplásticos en las siete estaciones.

Estación	Noviembre 2017	Agosto 2018
RM-1	10	13
RM-2	2	18
RM-3	0	17
RM-4	11	565
RM-5	15	1727
RM-6	17	30
RM-7	42	612
Total	97	2982

A partir de lo anterior, se puede determinar que los registros de MP en época de avenida son menores en relación con la época de estiaje. Esto podría estar asociado con la variabilidad climática y las altas precipitaciones, tal como señala Crawford y Quinn (2017a) en su estudio *Microplastic collection techniques*.

Además, los microplásticos están presentes en diversas formas, tamaños y colores en ecosistemas marinos, lagos, ríos (Klein 2015; Crawford & Quinn 2017b). Esto se confirma mediante esta investigación, ya que se obtuvo un registro de 3709 partículas de MP, de las cuales el mayor número corresponde a fragmentos, con 2695 partículas, representando un 87,6%, 199 partículas de película (6,5%), 121 partículas de filamento (3,9 %), y 64 partículas de esférulas (2,1%).

Con respecto a los colores de los MP en el muestreo de noviembre 2017 en el Rímac el 56% correspondió al color blanco, 8% al rojo, 3% al azul. En esa misma línea, Manrique (2019) reporta en el río Jequetepeque 22,2% como blanco, 16,7% como

rojo, 11,1% como azul. Evidentemente, la coloración de los MP varía en los sedimentos fluviales. Además, existen algunas especies de peces de importancia económica que son depredadores visuales y que podrían confundir las presas con MP de color amarillo, beige y blanco (Martínez 2014).

Para el análisis de MP con el FTIR se seleccionaron al azar las partículas de MP y se obtuvo como resultado 71 polímeros en la época de estiaje y 86 polímeros en época de avenida. Se han identificado los polímeros PP, PS y PET en ambas épocas de monitoreo: 3 MP de PET que representan un 1,9%, 30 MP de PP (19,1%), y 36 MP de PS (24,2%).

En el presente estudio se han identificado en total 0 MP de PP en comparación con otros estudios realizados en los sedimentos de lago Huron (12), lago Garda (2) y lago Erie (11). Este dato indica que el PP es de mayor abundancia en los ecosistemas de agua dulce (Zbyszewski & Corcoran 2011; Imhof et al. 2013; Zbyszewski et al. 2014). En los tres estudios, no se ha reportado el PS, mientras que en el río Rímac se han identificado 38 PS. El PVC no se ha encontrado en este estudio, lo que podría estar asociado a que este material tiene mayor densidad que el agua, por lo que se encontraría a mayor profundidad en los sedimentos lacustres y fluviales (Zbyszewski et al. 2014). Se precisa que en los tres estudios se reportaron PP y PE. En la tabla 6, se muestra la comparación de polímeros identificados con estudios similares.

**Tabla 6.** Comparación de reporte de polímeros analizados en diferentes estudios en sedimentos.

Autores	PS	PP	PE	PET	PVC	Zona de estudio
Zbyszewski et al. 2011	sd	12	32	1	na	Lago Huron-Canadá
Imhof et al. 2013	sd	2	6	na	sd	Lago Garda-Italia
Zbyszewski et al. 2014	sd	11	17	na	na	Lago Erie-Estados Unidos
Presente estudio	38	30	na	3	0	Río Rímac-Perú

Símbología: **na**: no forma parte del estudio; **sd**: sí forma parte del estudio, pero sin dato.

La abundancia de los PS identificados en esta investigación podría asociarse con los patrones de consumo de la población de utensilios como platos, vasos, bandejas de tecnopor. Este polímero no se recicla, por lo que, generalmente, termina en los botaderos o rellenos sanitarios. De modo que urge fortalecer las normativas existentes para la regulación de plásticos de un solo uso.

En las aguas que se encuentran por debajo de las descargas de efluentes se reporta generalmente mayor cantidad de microplásticos (McCormick et al. 2014), lo cual es concordante con los registros obtenidos en el presente estudio en las estaciones RM-5 (1727 partículas de microplásticos) y RM-7 (612 partículas). Durante las visitas a

campo se ha evidenciado en las dos épocas la descarga de efluentes aguas arriba de las dos estaciones de monitoreo. Los efluentes industriales también podrían ser fuente de microplásticos (Zbyszewski et al. 2014). En la zona de estudio, la quebrada Huaycoloro (M-5) podría ser el mayor aportante de microplásticos según los registros obtenidos (tabla 5). En esta quebrada, Korea Water Resources Corporation (K-WATER), Pyunghwa Engineering Consultants y Yooshin Engineering Corporation (2015) han identificado fábricas industriales informales que descargan los efluentes sin control.

Otra de las fuentes de microplásticos son los residuos urbanos por falta de un sistema de gestión adecuado (Free et al. 2014; Purca & Henostroza 2017). En Perú, los residuos sólidos son arrojados a los botaderos informales y a los cauces de los ríos (Ruíz et al. 2009; Durand 2012).

#### 4. CONCLUSIONES

En conclusión, se confirma la presencia de microplásticos en los sedimentos laterales del río Rímac. Esta situación podría estar afectando al ecosistema de la cuenca baja de dicho río. Sin embargo, es necesario realizar estudios más detallados, tanto en los sedimentos como en el agua superficial, para confirmar los efectos negativos. Por lo tanto, no se puede determinar la afectación a la salud de las personas por los microplásticos.

Por otro lado, se han obtenido 97 partículas de microplásticos correspondientes a la época de avenida (noviembre 2017) y 2982 partículas correspondientes a la época de estiaje (agosto 2018). Los microplásticos identificados corresponden a 38 partículas de poliestireno, 30 de polipropileno y 3 de polietileno tereftalato. Estos resultados son producto del diseño de una red de monitoreo de microplásticos, la que fue establecida previa visita a la zona de estudio y de la ejecución de los monitoreos. Estas redes se han asociado a las fuentes de microplásticos, como la presencia de residuos de plásticos en el cauce, y la descarga de efluentes industriales y domésticos. Asimismo, se han identificado 2695 microplásticos de tipo fragmento, 199 de tipo película, 121 de tipo filamento y 64 de tipo esférulas, correspondientes a las dos temporadas de evaluación.

Por otra parte, el tamaño de microplásticos es variable según la clasificación por grupos. En el primer grupo, cuyo tamaño es 0,063-0,1 mm, posee 364 microplásticos; el segundo grupo (0,1-1,0 mm), 1401 microplásticos; el tercero (1,0-2,5 mm), 1008 microplásticos; y, finalmente, el cuarto (2,5-5,0 mm), 306 microplásticos. Además, los microplásticos registrados comprenden diversos colores, siendo el blanco el color predominante, en segundo lugar el negro, luego el amarillo, y, en menor proporción, los colores azul, celeste, rojo, verde y anaranjado.

Finalmente, los residuos de plásticos son una de las fuentes de microplásticos detectados en los sedimentos muestreados. Dichos residuos están asociados a la mala gestión de residuos sólidos en alguna etapa de la cadena de las actividades productivas,

falta de cobertura de recojo y los malos hábitos de las poblaciones asentadas cerca al cauce del río Rímac. Otras de las fuentes son las descargas de efluentes industriales, provenientes de la industria informal.

## REFERENCIAS

- Allen, S., D. Allen, S. Karbalaei, V. Maselli & T. Walker 2022. Micro(nano)Plastics Sources, Fate, and Effects: What We know after Ten Years of Research. *Journal of Hazardous Materials Advances* 6. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100057>
- Castañeda, R., S. Avlijas, M. Simard & A. Ricciardi 2014. Microplastic Pollution in St. Lawrence River Sediments. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71 (12): 1767-1771. <https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0281>
- Chota-Macuyama, W. & J. Chong 2020. Primer registro de ingestión de microplásticos por un pez de importancia comercial en la ciudad de Iquitos, amazonía Peruana. *Folia Amazónica, Revista del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana* 29 (2): 179-188. <https://doi.org/10.24841/fa.v29i2.521>
- Cole, M., P. Lindeque, C. Halsband & T. S. Galloway 2011. Microplastics as Contaminants in the Marine Environment: a Review. *Marine Pollution Bulletin* 62 (12): 2588-2597. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.025>
- Coll, J. 2017. Investigación geotécnica para la red del metro de Lima. *Perfiles de Ingeniería* 13: 25-33.
- Crawford, C. B. & B. Quinn 2017a. Microplastic Collection Techniques. *Elsevier* 179-202. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00008-6>
- Crawford, C. B. & B. Quinn 2017b. Microplastics, Standardisation and Spatial Distribution. *Microplastic Pollutants*: 101-130. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00005-0>
- Dávila, Y. & R. Montalvan 2021. Análisis de la presencia de microplásticos en la arena de las playas de la costa sur del Perú. *Sincretismo, Revista de Divulgación Científica* 1: 5-9.
- Dris, R., H. Imhof, W. Sanchez, J. Gasperi, F. Galani, B. Tassin & C. Laforsch 2015. Beyond the Ocean: Contamination of Freshwater Ecosystems with (Micro-) Plastic Particles. *Environmental Chemistry* 12 (5): 539-550. <https://doi.org/10.1071/EN14172>
- Durand, M. 2012. La gestión de los residuos sólidos en los países en desarrollo: ¿cómo obtener beneficios de las dificultades actuales? *Espacio y Desarrollo* 23: 115-130.
- Eerkes-Medrano, D., R. C. Thompson & D. C. Aldridge 2015. Microplastics in Freshwater Systems: a Review of the Emerging Threats, Identification of Knowledge Gaps and Prioritisation of Research Needs. *Water Research* 75: 63-82. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.012>
- Eriksen, M., S. Mason, S. Wilson, A. Zellers, W. Edwards, H. Farley & S. Amato 2013. Microplastic Pollution in the Surface Waters of the Laurentian Great

- Lakes. *Marine Pollution Bulletin* 77 (1/2): 177-182. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.10.007>
- Faure, F., M. Corbaz, H. Baecher & L. F. De Alencastro 2012. Pollution due to Plastics and Microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. *Archives Des Sciences* 65 (1/2): 157-164. <https://doi.org/10.1071/EN14218>
- Free, C. M., O. P. Jensen, S. A. Mason, M. Eriksen, N. J. Williamson & B. Boldgiv 2014. High-levels of Microplastic Pollution in a large, remote, Mountain Lake. *Marine Pollution Bulletin* 85 (1): 156-163. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.06.001>
- Frias, J. P. & R. Nash 2019. Microplastics: Finding a Consensus on the Definition. *Marine Pollution Bulletin* 138: 145-147. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.022>
- Horton, A. A., C. Svendsen, R. J. Williams, D. J. Spurgeon & E. Lahive 2016. Large Microplastic Particles in Sediments of Tributaries of the River Thames, UK - Abundance, Sources and Methods for Effective Quantification. *Marine Pollution Bulletin* 114 (1): 218-226. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.09.004>
- Iannacone, J., F. Principe, D. Minaya, G. Panduro, M. Carhuapoma & L. Alvariano 2021. Microplásticos en peces marinos de importancia económica en Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú* 32 (2): 1-15. <https://doi.org/10.15381/rirep.v32i2.20038>
- Imhof, H., N. Ivleva, J. Schmid, R. Niessner & C. Laforsch 2013. Contamination of Beach Sediments of a Subalpine Lake with Microplastic Particles. *Current Biology* 23 (19): 867-868. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.09.001>
- Klein, S. 2015. *Microplastics in Freshwater Systems: Analysis, Occurrence, and Sorption of Organic Contaminants*. Tesis para optar al grado de Doctor rerum naturalium (Dr. rer. nat.) Technische Universität Dresden Supervisors/Examiners. <https://d-nb.info/1100355952/34> [consultado: 28-11-2023].
- Korea Water Resources Corporation (K-WATER), Pyunghwa Engineering Consultants & Yooshin Engineering Corporation 2015. *Plan Maestro del Proyecto Restauración del Río Rímac*. Informe Final. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/637> [consultado: 19-11-2023].
- Lechner, A., H. Keckeis, F. Lumesberger-Loisl, B. Zens, R. Krusch, M. Tritthart, M. Glas & E. Schludermann 2014. The Danube so Colourful: a Potpourri of Plastic Litter Outnumbers Fish Larvae in Europe's Second largest River. *Environmental Pollution* 188: 177-181. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2014.02.006>
- Leslie, H. A., M. J. van Velzen, S. H. Brandsma, A. D. Vethaak, J. J. Garcia & M. H. Lamoree 2022. Discovery and Quantification of Plastic Particle Pollution in Human Blood. *Environment International* 163: 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2022.107199>
- Li, B., W. Liang, Q. X. Liu, S. Fu, C. Ma, Q. Chen, L. Su, N. J. Craig & H. Shi 2021. Fish Ingest Microplastics Unintentionally. *Environmental Science and Technology* 55 (15): 10471-10479. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c01753>

- Manrique, R. 2019. *Microplásticos en sedimentos fluviales de la cuenca baja y desembocadura del río Jequetepeque, Perú*. Tesis de magíster en Química. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima.
- Martínez, A. 2014. *Análisis y caracterización de microplásticos presentes en limpiadores faciales y su impacto sobre el medio ambiente*. Tesis de magíster en Ingeniería Ambiental y Procesos Sostenibles. Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.
- Masura, J., J. Baker, G. Foster & C. Arthur 2015. Laboratory Methods for the Analysis of Microplastics in the Marine Environment: Recommendations for Quantifying Synthetic Particles in Waters and Sediments. *NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-48*. [https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/1076/noaa\\_microplastics\\_methods\\_manual.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.oceanbestpractices.org/bitstream/handle/11329/1076/noaa_microplastics_methods_manual.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [consultado: 28-11-2023].
- McCormick, A., T. J. Hoellein, S. A. Mason, J. Schluep & J. J. Kelly 2014. Microplastic is an Abundant and Distinct Microbial Habitat in an Urban River. *Environmental Science and Technology* 48 (20): 11863-11871. <https://doi.org/10.1021/es503610r>
- McCormick, A. R., T. J. Hoellein, M. G. London, J. Hittie, J. W. Scott & J. J. Kelly 2016. Microplastic in Surface Waters of Urban Rivers: Concentration, Sources, and Associated Bacterial Assemblages. *Ecosphere* 7 (11): 1-22.
- Ministerio de Agricultura. 2010. Evaluación de los Recursos Hídricos en la Cuenca del Río Rímac. *Autoridad Nacional del Agua* 1: 1-225. <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/5> [consultado: 19-11-2023].
- Moore, C. J., G. L. Lattin & A. F. Zellers 2011. Quantity and Type of Plastic Debris flowing from Two Urban Rivers to Coastal Waters and Beaches of Southern California. *Revista de Gestão Costeira Integrada* 11 (1): 6573. <https://doi.org/10.5894/rgci194>
- Purca, S. & A. Henostroza 2017. Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Perú. *Revista Peruana de Biología* 24 (1): 101-106. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Rout, P. R., A. Monhanty, Aastha, A. Sharma, M. Miglani, D. Liu & S. Varjani 2022. Micro- and Nanoplastics Removal Mechanisms in Wastewater Treatment Plants: a Review. *Journal of Hazardous Materials Advances* 6. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2022.100070>
- Ruíz, A., C. Zela, M. Pajuelo, P. Roldán & J. C. Rodríguez 2009. *Desde la basura, cambiando mentes y corazones*. Lima: Ciudad Saludable.
- Sadri, S. S. & R. C. Thompson 2014. On the Quantity and Composition of Floating Plastic Debris Entering and Leaving the Tamar Estuary, Southwest England. *Marine Pollution Bulletin* 81 (1): 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.020>
- United Nations 2018. *The World's Cities in 2018*. New York: Economic and Social Affairs [https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the\\_worlds\\_cities\\_in\\_2018\\_data\\_booklet.pdf](https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/urbanization/the_worlds_cities_in_2018_data_booklet.pdf) [consultado: 19-11-2023].

- Wagner, M. C. Scherer, D. Alvarez, N. Bernnholt, X. Bourrain, S. Buchinger, E. Fries, C. Grosbois, J. Klasmeier, T. Marti, S. Rodriguez, R. Urbatzka, A. D. Vethaak, M. Winther & G. Reifferscheid 2014. Microplastics in Freshwater Ecosystems: What We Know and What We Need to Know. *Environmental Sciences Europe* 26 (1): 1-9. <https://doi.org/10.1186/s12302-014-0012-7>
- Wright, S. L. & F. J. Kelly 2017. Plastic and Human Health: a Micro Issue? *Environmental Science & Technology* 51: 6634-6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>
- Yang, D., H. Shi, L. Li, J. Li, K. Jabeen & P. Kolandhasamy 2015. Microplastic Pollution in Table Salts from China. *Environmental Science and Technology* 49 (22): 13622-13627. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03163>
- Zbyszewski, M. & P. L. Corcoran 2011. Distribution and Degradation of fresh Water Plastic Particles along the Beaches of Lake Huron, Canada. *Water, Air, and Soil Pollution* 220 (1/4): 365-372. <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0760-6>
- Zbyszewski, M., P. L. Corcoran & A. Hockin 2014. Comparison of the Distribution and Degradation of Plastic Debris along Shorelines of the Great Lakes, North America. *Journal of Great Lakes Research* 40 (2): 288-299. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.02.012>

*Espacio y Desarrollo* N° 40, 2023, pp. 58-86 (e-ISSN 2311-5734)  
<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.2023.003>

¿CUÁL ES EL EFECTO DEL ROL DE LAS MUJERES RURALES SOBRE LA  
ADECUADA CLORACIÓN DEL AGUA? EVIDENCIA PARA EL CASO PERUANO

*Marisela Sotelo Tornero*

<https://orcid.org/0000-0001-7498-862X>

Instituto de Estudios Peruanos (IEP)

[marisela.sotelo@pucp.pe](mailto:marisela.sotelo@pucp.pe)

*Waldir Arias Callupe*

<https://orcid.org/0009-0009-8603-9240>

Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP)

[waldir093@gmail.com](mailto:waldir093@gmail.com)

Recibido: 12 de agosto, 2022

Aceptado: 7 de noviembre, 2022

## RESUMEN

Esta investigación analiza la relevancia del rol de las mujeres rurales sobre la adecuada cloración del agua, considerando una evaluación a nivel nacional rural, así como las diferencias que existen entre los centros poblados concentrados y dispersos. Este estudio enfoca su análisis en aquellos centros poblados con menos de 2000 habitantes y que son abastecidos en los servicios de agua y alcantarillado por algún prestador rural denominado en Perú *organización comunal*. De acuerdo con la revisión de la literatura, se sugiere que, una escasa participación de las mujeres en organizaciones comunales representa uno de los factores que contribuyen a que el índice de agua apta para consumo humano siga siendo muy bajo. En esta línea, para llevar a cabo el estudio, se emplearon los datos recopilados del informe *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020*, publicado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) (2020), que brinda información sobre los servicios de saneamiento en los centros poblados rurales. Las afirmaciones planteadas en la hipótesis se validan en la sección Resultados mediante un análisis de regresión probabilística, utilizando un índice de calidad del servicio de agua que se representa a través de la adecuada cloración de la misma.

*Palabras clave:* agua, cloración, calidad, rural, género.



## What is the impact of the role of rural women on proper water chlorination? Evidence from the Peruvian case

### ABSTRACT

This research analyzes the relevance of the role of rural women in ensuring proper water chlorination, taking into account an evaluation at the national rural level, as well as the differences between the concentrated and dispersed population centers. Specifically, this study focuses its analysis on those population centers with under 2000 inhabitants that are supplied with water and sewerage services by a rural service provider known as a *communal organization* in Peru. Based on a review of the literature, it is suggested that the low female participation in these communal organizations is one of the factors contributing to the persistently low rate of water suitable for human consumption. To conduct this study, data were collected from the *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020* of the Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) (2020). This report provides information about sanitation services in rural population centers. Furthermore, the hypotheses formulated in this study were validated in the Results section through probabilistic regression analysis, utilizing a water service quality index represented by proper chlorination.

*Keywords:* Water, Chlorination, Quality, Rural, Gender.

## 1. INTRODUCCIÓN

Aunque en los últimos años ha habido un leve aumento en el acceso al servicio de agua en nuestro país, este avance no se refleja en su calidad, especialmente en el ámbito rural. Según los datos de la *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales* (ENAPRES) (INEI 2021), la disparidad es evidente. En el área rural, el porcentaje de la población que consume agua con adecuado nivel de cloro residual es igual al 2,9%, en marcado contraste con el 49,5% del área urbana. Esta brecha, que asciende a casi 48 puntos porcentuales, subraya la notable diferencia en las condiciones de acceso y calidad del agua entre ambas áreas. La magnitud de esta disparidad resulta preocupante debido a los efectos adversos que el agua no desinfectada tiene sobre la salud y las habilidades cognitivas de los hombres, mujeres y niños.

Al revisar la literatura existente, se evidencia una significativa influencia entre los roles de género en la dinámica familiar y en el proceso de toma de decisiones relacionadas con el agua. De manera específica, se analiza la participación activa de las mujeres y niñas en la administración del recurso hídrico dentro del entorno doméstico, en contraste con el mayor involucramiento de los hombres en la toma de decisiones relacionadas con los usos del agua con fines económicos. Además, es importante tener en cuenta la marcada segregación de roles que existen en los Consejos Directivos de los prestadores de servicios de saneamiento rural. En este contexto, es evidente que

los cargos de *presidencia* son en su mayoría asumidos por hombres, en contraposición con la limitada representación de las mujeres, que solo alcanza el 7% (MVCS 2020).

En este contexto, surge el interés por realizar un estudio destinado a establecer cuáles son los factores determinantes que influyen en la adecuada cloración del agua. Asimismo, se busca evaluar en qué medida diversas características relacionadas con las mujeres que residen en las comunidades rurales pueden tener un efecto en este indicador. Entre estas características se consideran aspectos como la edad, el nivel de capacitación, la percepción de ingresos, el acceso a la conectividad, entre otros.

Con este propósito, y considerando que este estudio se adscribe a un enfoque cuantitativo, se plantea la realización de un análisis de regresión probabilística. Este análisis utiliza un índice que evalúa la calidad del servicio de agua, la cual se representa mediante la adecuada cloración de dicho recurso. Asimismo, se emplea la base de datos de *Diagnóstico sobre el abastecimiento del agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020*, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), que cuenta con información de alrededor 100.000 centros poblados del país.

Esta investigación aspira a ofrecer una contribución significativa al evidenciar la influencia de los factores relacionados con el rol de las mujeres y la adecuada gestión en la provisión de servicios de agua sobre la calidad del recurso hídrico en zonas rurales. Este análisis puede proporcionar valiosas perspectivas para la formulación de políticas públicas específicas para la mejora del sector saneamiento.

## **2. MARCO TEÓRICO**

A nivel mundial, la deficiente calidad de los servicios de saneamiento y la inadecuada disposición sanitaria de excretas y aguas residuales tienen un impacto significativo en la salud pública. Las enfermedades transmitidas por el uso y consumo de agua de baja calidad e insuficientes prácticas de higiene, incluyendo el lavado, de manos, junto con las enfermedades diarreicas agudas, son consecuencia del limitado acceso al agua potable y la inadecuada gestión de excretas. En este contexto, se estima que el 10% de la carga de enfermedades a nivel mundial puede prevenirse mediante intervenciones que mejoren los servicios de saneamiento y la higiene de la población (OECD 2011).

### **2.1. Cloración del agua**

En relación con este tema, estudios internacionales han demostrado que el mejoramiento de la calidad del agua destinada al consumo humano, incluyendo la cloración y la implementación efectiva de tratamientos de desinfección, podría reducir los casos de diarrea en un rango que oscila entre el 28% y el 45%. Por lo tanto, se recomienda el uso de cloro como agente desinfectante, principalmente debido a su efectividad en

la eliminación de microorganismos patógenos y su capacidad de mantener un efecto residual (WHO 2014). En otras palabras, el uso de este elemento, no solo se distingue por su sencillez y eficacia en la desinfección del agua, sino que también se destaca por ser una práctica ampliamente utilizada para garantizar la ausencia de organismos patógenos durante la *distribución* a través de las tuberías y el *almacenamiento* en los reservorios.

De esta manera, el cloro, además de ser una opción económica, se destaca por sus propiedades desinfectantes que son altamente eficaces para combatir una gran variedad de microorganismos patógenos presentes en el agua. La presencia de estos microorganismos, como bacterias, virus, hongos, algas, levaduras, entre otros, puede afectar la salud de las personas. Esto se ve respaldado por el estudio de Dadonailte (2019), que evidencia la persistente relevancia de las enfermedades diarreicas como una causa significativa de mortalidad a nivel global. Según este estudio, aproximadamente 1,6 millones de personas mueren cada año en el mundo debido a enfermedades diarreicas, siendo la tercera parte de esas personas niños y niñas menores de cinco años.

## 2.2. Género

La gestión sostenible de los recursos naturales involucra la participación de diversos actores sociales y partes interesadas (*stakeholders*), entre los cuales las mujeres desempeñan un papel relevante en los procesos de toma de decisiones (Vernooy 2006). Dentro de este marco, la gobernanza de estos recursos implica la producción, el empleo y la lucha de enfoques e identidades de género. En las comunidades, las mujeres a menudo se encuentran en una posición subordinada respecto a los hombres, lo cual repercute en su acceso a los recursos, la calidad de estos, y su participación en la toma de decisiones y en el ejercicio de poder (Eminel 2018).

Para promover relaciones más equitativas entre los hombres y las mujeres, el enfoque de género en la gestión de los recursos hídricos sugiere una distribución más equilibrada de las responsabilidades relacionadas con el trabajo físico, el acceso a la información, la toma de decisiones, el tiempo, así como el acceso y la gestión de los recursos (United Nations Secretariat 2005). Además, este enfoque cuestiona la subordinación de las mujeres en las interacciones sociales y busca identificar las jerarquías y normas que determinan estas condiciones en general. Del mismo modo, dicha aproximación intenta revelar las diferencias de género basadas en características demográficas, tales como la etnicidad, riqueza, edad, entre otros.

### 2.2.1. Género y medio ambiente

La literatura relacionada con el género y el medio ambiente está dividida principalmente en dos ejes: a) la perspectiva liberal, que incorpora el enfoque de género en la política y práctica de desarrollo; y b) el énfasis en las relaciones binarias de poder entre

hombres y mujeres. Ambos enfoques parten del supuesto de que hombres y mujeres experimentan contextos distintos, debido a que sus actividades y responsabilidades diarias no son equivalentes (Elmhirst & Resurreccion 2008).

Desde la perspectiva liberal, se reconoce al género como una variable esencial para el cambio climático, la ecología y el desarrollo sostenible. En contraste, la perspectiva relacional se centra en examinar las relaciones y luchas de poder entre hombres y mujeres en lo que respecta al acceso y control de los recursos naturales.

Para comprender mejor estas perspectivas, se puede analizar el financiamiento de programas que abordan la relación entre género, ecología, situación económica y disposición normativa legal (Eminel 2018). A su vez, los derechos de propiedad, en particular en tierra y agua en función del género, han sido estudiados ampliamente por autores como Brunt (1992), Agarwal (1994), Meinzen y colaboradores (1997), entre otros. De igual manera, la participación de las mujeres en el desarrollo local y comunitario constituye también una importante área de investigación en el contexto medioambiental y de servicios de agua y alcantarillado (Villareal 1992; Guijt & Shah 1998; Colfer 2005). En otros estudios, se considera al género como una categoría de análisis central, que está constituida por otros aspectos de diferenciación social y lucha de poderes a partir de las diferentes clases y etnias (Saunders 2002; Nfah-Abbenyi 2005).

Por otro lado, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe-CEPAL (1998), el enfoque de *medio ambiente y género* debe tener en cuenta que, en los países en vías de desarrollo, las mujeres enfrentan una sobrecarga de tareas que afecta su salud y tiempo disponible. Por lo tanto, las recomendaciones referentes a su participación deben de considerar el contexto por el que atraviesan muchas mujeres; por ejemplo, no se puede esperar que aquellas que viven en comunidades en situación de vulnerabilidad resuelvan solas las problemáticas del sector ambiental. Es esencial que las nuevas responsabilidades que se les asigne contemplen previamente nuevas alternativas para mejorar su bienestar.

### *2.2.2. Enfoque de género en la gobernanza del agua*

En las comunidades rurales y periurbanas, muchas mujeres enfrentan una mayor vulnerabilidad en relación con el acceso y la calidad del agua, debido a su posición en la sociedad caracterizada por desventajas políticas y económicas (Figueiredo & Perkins 2013).

De manera particular, las limitaciones concernientes i) al uso de agua doméstica están ligadas a derechos sociales, bienestar, salud e higiene, mientras que las restricciones del ii) riego se relacionan más con factores de eficiencia económica y productiva (Meinzen & Zwartveen 1998). En ambos casos, existe una marcada conexión entre el género y el agua. En esta línea, mientras que el uso doméstico del agua se asocia a

las necesidades básicas de las mujeres, en el ámbito del riego y la agricultura persiste la creencia de que estas actividades deben ser realizadas por varones, lo que a menudo ha llevado a que las opiniones de las mujeres sean subestimadas. En consecuencia, el rol de las mujeres es más reconocido en el sector del agua doméstica que en el riego.

En otro orden de ideas, las decisiones que toman las mujeres en temas ambientales pueden ser analizadas desde una perspectiva de desarrollo sostenible. Autores como Dernbach (2003), Cerin (2006), y otros, destacan la importancia del capital intergeneracional. En este marco, el principal objetivo de la política del desarrollo sostenible es poder lograr, a largo plazo, la estabilidad de la economía, el medio ambiente, y las preocupaciones sociales a través de su integración y toma de decisiones (OECD 2001).

En otras palabras, hacer frente a un problema integral requiere de un conjunto de objetivos sociales, económicos y ambientales, que al mismo tiempo implican la intervención de distintos sectores, territorios y generaciones (Elmhirst & Resurreccion 2008). De esta manera, uno de los aspectos relevantes para la aceleración del desarrollo sostenible es la eliminación de cualquier forma de discriminación hacia la mujer (PNUD 2018). Por ello, para lograr el desarrollo sostenible, resulta necesario empoderar a las mujeres, otorgándoles derechos a recursos económicos como el agua.

En cuanto al papel que tienen las mujeres en el desarrollo, gestión y uso de los recursos hídricos, es fundamental señalar que este comprende una participación de redes sociales muy activa, caracterizada por normas de confianza y reciprocidad (Bouman-Dentener 2018). Esto se debe a que las mujeres, al generar confianza en sus comunidades, tienen la habilidad de llegar a diferentes segmentos de la sociedad: ellas pueden informar y generar compromisos por parte de los miembros de la comunidad, y, en consecuencia, promover que existan más proyectos locales con mejores resultados. La eficacia y sostenibilidad de estos últimos tiene un notorio vínculo con la incorporación de la igualdad de género (World Bank 2017).

Tomando como referencia lo anterior, se sugiere prestar especial atención a la distribución de roles, así como a sus implicaciones en la asignación de recursos y poder, con el objetivo de lograr una mayor equidad de género en la gestión del recurso hídrico. Esto implica reconocer que, tanto los hombres como mujeres, valoran y priorizan el agua de manera diferente, y que ello a su vez influye en el conocimiento que tienen respecto a su uso.

Es necesario señalar que las políticas relacionadas con la gobernanza del agua están formuladas, en gran parte, en función de las necesidades, experiencias y prioridades de los hombres, lo que las hace inadecuadas para abordar las exigencias y preferencias del resto de la comunidad. En este contexto, es esencial que cada individuo tome consciencia de que el derecho al agua es un derecho social inherente a todas y todos.

### **2.3. El nexo entre el rol de las mujeres y el servicio del agua**

Según Khandker y colaboradores (2020), la baja participación de las mujeres en la gestión del agua está relacionada con factores como los derechos de propiedad. Por lo general, los derechos del agua se asignan en función de los derechos de propiedad de la tierra. Sin embargo, las mujeres suelen quedar excluidas en esta asignación, dado que son los hombres quienes representan a los hogares, mientras que las mujeres son consideradas más como un rol de apoyo. Además, según Goetz (1995), los hombres suelen estar más involucrados en la administración de las actividades económicas de la vida, mientras que las mujeres se ocupan de los asuntos domésticos. Esto conduce a que la mayoría de las organizaciones comunitarias estén dominadas por hombres, lo que invisibiliza a las mujeres de las áreas rurales en lo que respecta a la gestión del agua.

De esta manera, la baja participación de las mujeres en la gestión del agua está estrechamente relacionada con las relaciones de poder, la política, las dinámicas de género, y los roles limitados en el hogar y la sociedad (Hawkins & Seager 2010). Además, las mujeres adultas y casadas podrían ser menos activas en la gestión del agua en comparación a las más jóvenes, debido a que tienen más responsabilidades en el hogar. Al mismo tiempo, en las áreas rurales, la baja participación de las mujeres puede deberse a su falta de familiaridad para hablar en público, la falta de reconocimiento de su autoridad, su bajo nivel educativo o su desconocimiento en el tema. En muchos casos, es complejo capacitar a las mujeres, debido a las brechas de comunicación existentes entre ellas y sus pares, lo cual dificulta aún más su inclusión (Ibrahim 2006).

Así, las principales limitaciones que enfrentan las mujeres en relación con los recursos hídricos están vinculadas a su participación en la toma de decisiones, el acceso, el control, y el fortalecimiento de capacidades en el tema. Dentro de este panorama, se considera indispensable fortalecer la igualdad de género a través de un enfoque integral y sostenible de acceso al agua. En este sentido, no se puede dejar de reconocer la importancia que tienen las redes de las mujeres, tanto formales como informales, para la gestión del recurso hídrico (Elmhirst & Resurreccion 2008).

### **2.4. Efecto del rol de las mujeres en la adecuada cloración del agua**

Como se ha mencionado anteriormente, se puede establecer que hay un vínculo significativo entre el papel desempeñado por las mujeres y la gestión y calidad de los servicios de saneamiento. De manera particular, se ha observado que si se empodera y se da las herramientas necesarias a las mujeres de las áreas rurales, ellas podrán contribuir a la mejora de la prestación de los servicios básicos en las comunidades. En otras palabras, una mayor participación de las mujeres en las directivas de las organizaciones comunitarias conducirá a una mejora en la calidad del servicio de agua, y uno de los parámetros claves en este proceso es la adecuada cloración del agua.

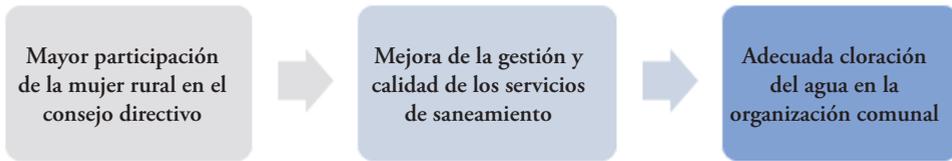


Figura 1. Efecto del rol de las mujeres en la adecuada cloración del agua (elaboración de los autores).

En otra perspectiva, a partir de las observaciones realizadas en las visitas a comunidades de las áreas rurales, se ha constatado que existen variables adicionales que también explican la mejora de la calidad del agua. Estas variables incluyen factores como la capacitación, la ubicación geográfica, los ingresos, el acceso a los servicios básicos, la etnicidad, la comunicación, la valoración del servicio de agua, el seguimiento a los gobiernos locales, el tamaño de la población, entre otros (PNUD 2006).

## 2.5. Cloración del agua en el Perú

Según datos de la *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales* (ENAPRES) de 2021, en el ámbito rural, el porcentaje de la población que consume agua con adecuado nivel de cloro residual es igual al 2,9%, en comparación con el 49.5% en áreas urbanas, lo que revela una brecha de casi 48 puntos porcentuales (fig. 2).<sup>1</sup>

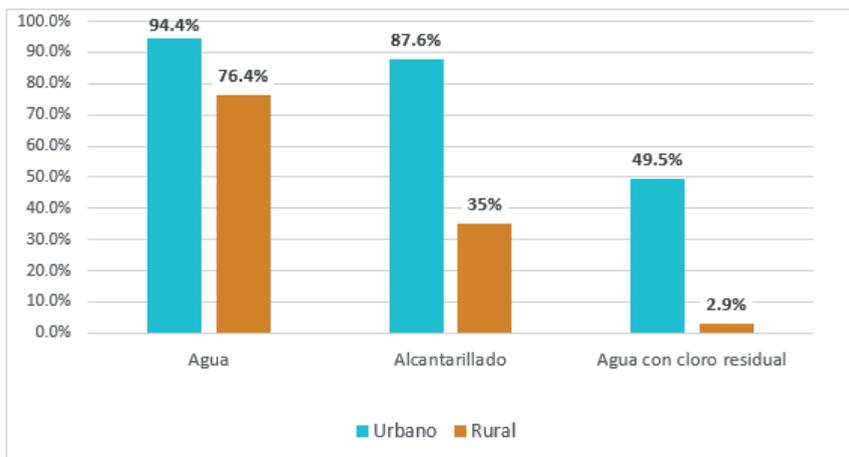


Figura 2. Porcentaje de la población peruana con acceso a los servicios de agua, alcantarillado y agua con cloro residual (elaboración de los autores con datos de ENPARES [2021]).

<sup>1</sup> Por su parte, en el ámbito urbano, el acceso a la red pública de alcantarillado es igual al 88%; mientras que, en el rural, es de alrededor el 35%, lo que muestra una brecha de más del 50% en este indicador.

A pesar del incremento en el acceso de agua en los hogares rurales de Perú, la calidad del agua distribuida no alcanza los estándares óptimos, por lo que la probabilidad de padecer enfermedades es alta. En un estudio específico realizado por Sotelo (2016), se observa que en nuestro país el impacto que tiene el agua clorada sobre la desnutrición crónica infantil (DCI) es hasta 10 veces mayor en comparación con el agua no clorada sobre este indicador.

Según el informe *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020*, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se constata que en el 93% de las organizaciones comunales dedicadas a la prestación de los servicios de saneamiento los presidentes (o encargados) son del sexo masculino. Esto significa que menos del 10% de los proveedores en las comunidades rurales son dirigidos por mujeres.

## **2.6. La edad y participación de las mujeres peruanas en las áreas técnicas municipales**

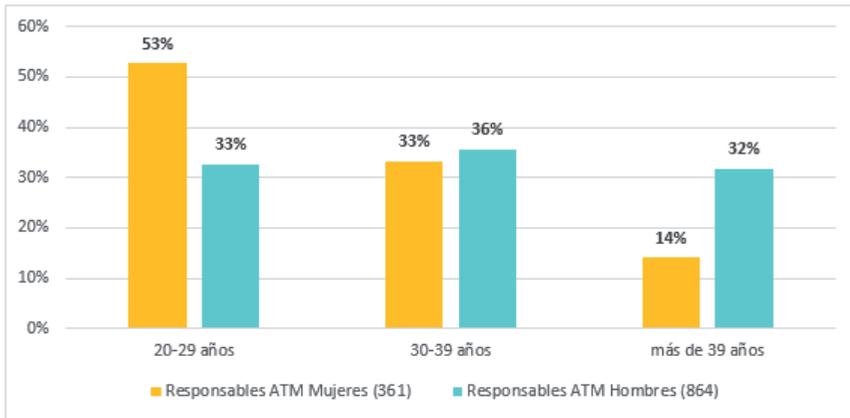
El Decreto Legislativo Número 1280 establece que las áreas técnicas municipales (ATM en adelante) son órganos de línea de las municipalidades encargadas de monitorear, supervisar, fiscalizar, y brindar asistencia y capacitación técnica a las organizaciones comunales. Su objetivo principal es asegurar la sostenibilidad de los servicios de saneamiento. En este contexto, resulta conveniente conocer algunas de las características de aquellos y aquellas que se responsabilizan de dirigir a estas oficinas, dado que las tareas que estos realizan tienen una alta repercusión sobre la calidad de la prestación de las organizaciones comunales.

Considerando las cifras obtenidas a través del sistema Web ATM 2021 de la SUNASS,<sup>2</sup> se destaca que, de las 1225 municipalidades que registraron su información de manera completa, 361 municipios tienen a mujeres desempeñando roles de responsabilidad en las ATM, lo que representa una participación del 29%. En aras de un análisis más detallado, se consideró conveniente clasificar las edades de los responsables de las ATM a través de la siguiente manera: a) de 20 a 29 años; b) de 30 a 39 años; y c) de más de 39 años.

En relación con este tema, se observa que la participación de las mujeres como responsables de las áreas técnicas municipales (ATM) varía significativamente según su grupo de edad. En el rango de edades de 20 a 29 años, se registra la mayor representación femenina en este cargo, alcanzando un 53%. Sin embargo, la participación

---

<sup>2</sup> Este sistema ATM de la SUNASS pone a disposición información del ámbito rural referida a la gestión que desarrollan los prestadores y las condiciones de los servicios de saneamiento. Asimismo, es una herramienta de ayuda en el planeamiento y gestión de las acciones del sector, incluyendo gobiernos locales y regionales, por lo que los resultados del mismo sirven para destacar a prestadores y ATM que se están desempeñando de manera eficiente.

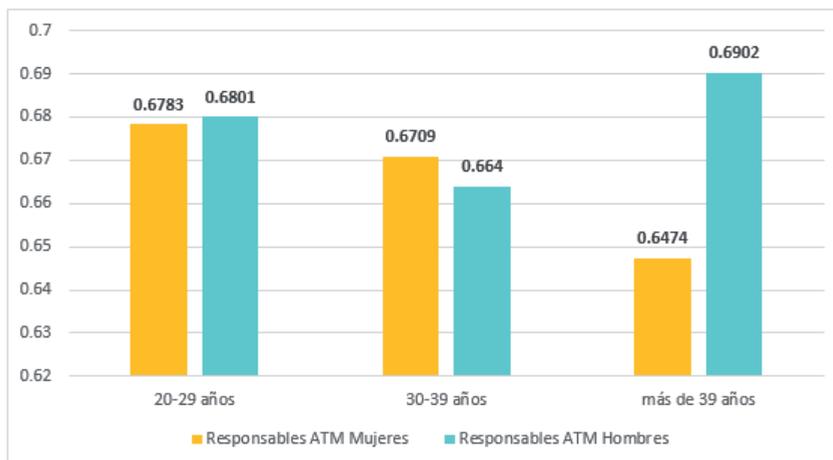


**Figura 3.** Participación de los responsables de las áreas técnicas municipales en Perú según sexo y edad, de acuerdo con el Sistema ATM de la SUNASS 2021-I (elaboración de los autores).

de las mujeres disminuye notablemente a medida que aumenta la edad, alcanzando solo a un 14% en el grupo de más de 39 años. Esto sugiere una tendencia en la que las mujeres más jóvenes tienen una mayor probabilidad de ser asignadas a las ATM. En contraste, en el caso de los varones no se observa una relación tan marcada entre su participación y la edad. Sin embargo, se puede notar una ligera tendencia hacia una mayor proporción en el rango de los de 30 a 39 años.

A continuación, se presenta el índice de calidad de la prestación de las organizaciones comunales. Este índice se compone de los siguientes seis indicadores: a) la cantidad del agua; b) la calidad, la cual consiste en el cloro residual dentro del rango de 0,5 a 1 mg/l en forma permanente; c) la continuidad, es decir la provisión de agua de 24 horas al día o superior a las 18 horas; d) la cuota familiar; e) la cobertura, la cual hace alusión a que el 90% o más de la comunidad tenga acceso al agua; y f) la operación y mantenimiento, cuyo término refiere a que se dé mantenimiento al sistema de manera periódica. Dicho esto, es conveniente indicar que en el sistema ATM, la calificación que se da a los prestadores rurales es realizada por parte de las y los responsables de las ATM.

En este contexto, se observa que, si bien hay una ligera mejora en la calidad de la prestación de servicios por parte de las organizaciones comunales cuando son lideradas por hombres de 20 a 29 años, en comparación con las mujeres en el mismo grupo de edad, se puede notar claramente que las responsables de ATM mujeres en el rango de edad de 20 a 29 años presentan un nivel de calidad (0,6783) superior a aquellas responsables ATM mujeres cuyas edades superan los 39 años (0,6474). Es decir, las mujeres jóvenes que ocupan roles de responsabilidad demuestran tener un buen desempeño para la mejora de la calidad de los prestadores rurales, tanto en términos de calidad del agua como de gestión.



**Figura 4.** Índice de calidad en la prestación de servicios de las organizaciones comunales en Perú segmentado por sexo y edad del responsable ATM, según el sistema ATM de la SUNASS durante el primer semestre de 2021 (elaboración por los autores).

De esta manera, se constata que la variable edad, particularmente la juventud, desempeña un componente importante para las mujeres en este cargo en las municipalidades. Promover su participación permitiría que más organizaciones comunales puedan mejorar la calidad del servicio, lo que a su vez tendría un impacto positivo en la salud y el bienestar de las familias de las áreas rurales. De modo diferenciado, en el caso de los varones, se observa que los prestadores rurales obtienen mejores resultados cuando estos asumen el cargo de responsable ATM después de los 39 años.

Estas disparidades en los índices entre los varones y las mujeres según el rango de edad pueden llevar a inferir que, mientras más edad tienen las mujeres, más labores y carga pueden obtener, lo que dificultará el normal desarrollo de sus actividades en el aspecto laboral. En este sentido, desde las instituciones públicas, resulta necesario generar incentivos para que las mujeres puedan continuar desempeñando su cargo en las áreas técnicas municipales sin que otros elementos influyan de modo negativo. Para ello, es importante seguir fortaleciendo el trabajo interinstitucional, de manera que se cumplan indicadores ligados a este tema.

### 3. EVIDENCIA EMPÍRICA

#### 3.1. Datos

De acuerdo con lo descrito en las secciones anteriores, y siguiendo la línea de continuidad de esta investigación, en este apartado se presenta el diseño del estudio cuantitativo. Para ello, se realiza una presentación de la base de datos utilizada, además de

una descripción de las variables empleadas en el modelo econométrico. Finalmente, se proporcionan estadísticas descriptivas de las variables con el objetivo de permitir un mejor entendimiento del modelo.

A continuación, se presenta la hipótesis que guía esta investigación, cuyos resultados serán sometidos a prueba para su aceptación o rechazo. Asimismo, se añaden dos hipótesis secundarias surgidas de la información recopilada.

*Hipótesis principal:*

H1: Existe algún grado de relación entre el género de los representantes de un prestador de los servicios de saneamiento rural y la calidad del agua que se brinda en el mismo.

*Hipótesis secundarias:*

H2: La calidad del agua que brinda un prestador de servicios de saneamiento rural es mejor en las zonas rurales de mayor población (concentradas).

H3: La calidad del agua que brinda una organización comunal en un centro poblado rural es mejor si los miembros de esta recibieron capacitación en temas ligados con este rubro.

Con el objetivo de dar respuesta a las hipótesis, esta investigación utiliza una metodología cuantitativa que permite encontrar relaciones entre las variables de nuestro modelo. Para ello, se utiliza el informe de *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS (2020)*, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, que brinda información detallada acerca de los servicios de saneamiento en los centros poblados del ámbito rural.

En este artículo, el análisis se dirige hacia aquellos centros poblados a nivel nacional que cuentan con una población menor a los 2000 habitantes, los que, según la normativa, son considerados centros poblados rurales, y son abastecidos en los servicios de agua y alcantarillado por algún prestador rural (organización comunal). En este punto, es conveniente señalar que no se están considerando aquellas zonas abastecidas por una empresa prestadora cuyo accionariado es municipal y que tienen recursos suficientes para brindar el servicio a centros poblados de más de 2000 habitantes. Esta selección se realiza con el objetivo de analizar, específicamente, la calidad del servicio de agua prestado en el ámbito rural, y su relación con el entorno social y económico del núcleo familiar. Asimismo, un elemento importante a tener en cuenta es el término *adecuada calidad del agua*, definido en este análisis como aquel servicio que se brinda después de haber pasado previamente por un proceso de desinfección, en el cual se emplea un sistema que está operativo y en buen estado, y en el que, además, se lleva el registro del nivel de cloro. Este registro proporciona una orientación de la regulación que se realiza en el prestador rural respecto a la adecuada cloración o, en otras palabras, adecuada calidad del agua.

La cloración tiene un papel importante en el servicio de agua potable, ya que se ha comprobado que permite una mejora en la calidad de vida de las personas y evita la aparición de distintas enfermedades. Por ello, se vio conveniente asociar la calidad del agua con un adecuado proceso de cloración.

### 3.2. Las variables

En este estudio, la variable dependiente es la *calidad del agua* que, como se mencionó anteriormente, se refiere a una adecuada cloración realizada por parte de los prestadores de los servicios de agua y alcantarillado.

Por otro lado, las variables exógenas o independientes se han agrupado en cuatro secciones relacionadas con i) variables de género, ii) variables poblacionales, iii) variables socioculturales, y iv) variables de formación. Estos cuatro aspectos agrupan un total de 10 variables exógenas, que se utilizarán para validar las tres hipótesis planteadas en los párrafos iniciales de esta sección.

Tabla 1. Descripción de las variables de la investigación.

Variable endógena o dependiente		
Variable	Descripción	Fuente
Calidad del agua	<p>Variable que indica si el servicio de agua y saneamiento proporcionado por un prestador en el ámbito rural cuenta con una cloración adecuada. Esto implica que el prestador cumpla con los siguientes criterios:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuenta con el equipo clorado operativo y en buen estado, los cuales pueden ser cloro a gas, goteo u otro que se maneje).</li> <li>• Se realiza la cloración a la totalidad del centro poblado al que abastece.</li> <li>• Se debe llevar el registro de los resultados obtenidos al momento de realizar la cloración. Es importante mencionar que esta variable tomará los valores de 1 o 0. Esto será así en la siguiente situación: tomará el valor de 1 si la calidad del agua que se brinda es adecuada en el centro poblado que abastece, y tomará el valor de 0 si, por el contrario, la calidad del agua que se brinda no es adecuada o es de mala calidad.</li> </ul>	<p><i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i>, Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.</p>

Variable exógena o independiente		
Variables de género		
Variabes	Descripción	Fuente
Presidenta-mujer	Esta variable adquiere el valor 1 si el género de quien ejerce la presidencia del consejo directivo de una organización comunal o prestador rural es femenino; en caso contrario, obtendrá el valor 0.	<i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i> , Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Secretaria-mujer	Esta variable toma el valor 1 si la persona que está a cargo de la secretaría del consejo directivo de una organización comunal o prestador rural es de género femenino; en caso contrario, será designada con el valor de 0.	
Tesorera-mujer	Esta variable se establecerá con el valor 1 si la persona que maneja el área de tesorería del consejo directivo de una organización comunal o prestador rural es de género femenino; de lo contrario, tomará el valor 0.	
Variables de población		
Variable	Descripción	Fuente
Población dispersa	Esta variable adquiere el valor 1 si la población del centro poblado en el que la organización comunal presta el servicio de agua es menor o igual a los 200 habitantes. En cambio, toma el valor 0 si el centro poblado cuenta con más de 200, pero menos de 2000 habitantes.	<i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i> , Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Variables socioculturales		
Variable	Descripción	Fuente
Ingreso	Esta variable refleja el ingreso mensual promedio, expresado en soles, de una organización comunal en un centro poblado específico bajo análisis.	<i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i> , Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Nivel educativo presidente/a organización comunal	Esta variable muestra el grado de instrucción de quien ejerce la presidencia del consejo directivo de una organización comunal. Toma el valor 1 si el/la presidente/a de la organización cuenta con un nivel de instrucción superior y 0 cuando solo tiene el grado de instrucción escolarizado.	
Nivel educativo tesorero/a organización comunal	Esta variable muestra el grado de instrucción de quien está a cargo de la tesorería del consejo directivo, de una organización comunal. Es designada con el valor 1 si el/la tesorero/a de la organización cuenta con un nivel de instrucción superior y 0 cuando solo tiene el grado de instrucción escolarizado.	

Variables socioculturales		
Variable	Descripción	Fuente
Nivel educativo secretario/a organización comunal	Esta variable muestra el grado de instrucción de la persona encargada de la secretaría del consejo directivo de una organización comunal. Toma el valor 1 si el/la secretaria/o de la organización cuenta con un nivel de instrucción superior y 0 cuando solo tiene el grado de instrucción escolarizado.	<i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i> , Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Lengua	Esta variable muestra la lengua más hablada en el centro poblado en análisis. Se establece con el valor 1 si la lengua más hablada es el español. Sin embargo, tomará el valor 0 si la lengua más hablada es cualquier otra al español (quechua, aimara, etc.)	
Electricidad	Esta variable toma el valor 1 si el centro poblado en análisis cuenta con luz eléctrica propia. En caso contrario, toma el valor 0.	
Internet	Esta variable toma el valor 1 si el centro poblado en análisis cuenta con conexión de internet. En cambio, toma el valor 0 en caso contrario.	
Variables de formación		
Variable	Descripción	Fuente
Capacitación en manejo administrativo	Esta variable es designada con el valor 1 si la organización comunal que presta los servicios de saneamiento ha recibido capacitación o asistencia técnica por parte de la municipalidad en lo relacionado al manejo administrativo. En caso contrario, toma el valor 0.	<i>Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020</i> , Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
Capacitación en mantenimiento de los sistemas de agua	Esta variable toma el valor 1 si la organización comunal que presta los servicios de saneamiento ha recibido capacitación o asistencia técnica por parte de la municipalidad en lo relacionado a mantenimiento de los sistemas de agua. Si ese no es el caso, toma el valor 0.	

En relación con la base de datos utilizada, se abarca una muestra que comprende 21.718 organizaciones comunales (OC), distribuidas en las 24 regiones del área rural del país. La variable dependiente en consideración es la *calidad del agua* que, en términos generales, representa la adecuada cloración del agua proporcionada por un prestador rural. Esta variable presenta un porcentaje de 41,3% en el valor uno (indicando una cloración adecuada del agua), mientras que el 58,7% restante se designa con el valor de cero.

En cuanto a las variables independientes, *la población dispersa* en los centros poblados alcanza en nuestra muestra un 59,2%, lo que significa que, un poco más de la mitad de los centros poblados, tienen una población menor o igual a los 200 habitantes. Además, el 55,9% de las 21.718 OC recibió capacitación en mantenimiento del sistema

de agua, mientras que el 46,1% de los miembros de la organización comunal fueron capacitados en manejo administrativo.

En lo que respecta a la composición del consejo directivo, un dato representativo de las diferencias en los roles de género es que, del total de la muestra en análisis, solo el 6,6% de las mujeres (1427 de 21.718) son presidentas en una organización comunal. Este porcentaje se eleva a un 35,2% y 21,8% cuando se trata de ejercer en las directivas de una OC los cargos de tesorera y secretaria respectivamente.

Las estadísticas revelan que los presidentes del consejo directivo de los prestadores de servicios de saneamiento en el ámbito rural, para la muestra utilizada, cuentan con un grado de instrucción superior de solo el 5,8%; mientras que el 94,2% cuentan como máxima educación el nivel educativo escolarizado. Estos porcentajes son aún más cuestionables cuando se trata del área de tesorería: solo el 3,7% de tesoreros cuentan con un nivel de educación superior, mientras que el 96,3% solo ha concluido el colegio o tiene algunos años de escolarización. Respecto al sistema eléctrico, el 92,1% de los centros poblados cuenta con luz eléctrica; mientras que, si se habla de la conectividad a internet, solo el 10,9% cuenta con ella.

A continuación, se presentan las estadísticas más representativas de las variables utilizadas en el modelo, las cuales permitirán tener un mejor entendimiento respecto al contexto al que se pretende dar respuestas según las interrogantes planteadas en las hipótesis. La variable *Ingresos* se ha excluido de los cuadros de *Frecuencia*, *Porcentaje*, *Porcentaje válido* y *Porcentaje acumulado*, debido a su naturaleza cuantitativa, pues dichos cuadros son más apropiados para variables *dummy* con valores binarios (0 y 1).

**Tablas 2a-n.** Estadísticas descriptivas de las variables de la investigación (elaboración de los autores).

2a. Estadísticos

	Calidad_Agua	Lengua	Electricidad	Internet	Capac_Ma nejoAdmini strativo	Capac_Ma ntenSistem aDeAgua	Población_ Dispersa	IngresoPro medio_mes	Sexo_ Presidente	NivelEducativo_ Presidente	Sexo_ Tesorero	NivelEducativo_ Tesorero	Sexo_ Secretario	NivelEducativo_ Secretario	
N	Válido	21.718	21.718	21.718	21.718	21.718	21.718	21.718.000	21.718	21.718	21.718	21.718	21.718	21.718	
	Perdidos	85.366	85.366	85.366	85.366	85.366	85.366	85.366.000	85.366	85.366	85.366	85.366	85.366	85.366	
	Media	0,41	0,57	0,92	0,11	0,46	0,56	0,59	148.969	0,07	0,06	0,35	0,04	0,22	0,07
	Varianza	0,242	0,245	0,073	0,097	0,249	0,247	0,242	23.1625.811	0,061	0,055	0,228	0,035	0,170	0,066
	Asimetría	0,352	-0,299	-3,112	2,512	0,156	-0,236	-0,373	12.951	3,506	3,776	0,621	4,943	1,367	3,349
	Error estándar de asimetría	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017
	Rango	1	1	1	1	1	1	19.725.000	1	1	1	1	1	1	
	Percentiles	25	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		50	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	1,00	36.000	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		75	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	115.000	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00

**Tabla 2b.** Calidad del agua.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	12.742	11,9	58,7	58,7
	1	8976	8,4	41,3	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2c.** Lengua.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	9254	8,6	42,6	42,6
	1	12.464	11,6	57,4	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2d.** Electricidad.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	1724	1,6	7,9	7,9
	1	19.994	18,7	92,1	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2e.** Internet.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	19.354	18,1	89,1	89,1
	1	2364	2,2	10,9	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2f.** Capacitación en manejo administrativo.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	11.701	10,9	53,9	53,9
	1	10.017	9,4	46,1	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2g.** Capacitación en mantenimiento de los sistemas de agua.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	9588	9,0	44,1	44,1
	1	12.130	11,3	55,9	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2h.** Población dispersa.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	8869	8,3	40,8	40,8
	1	12.849	12,0	59,2	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2i.** Sexo presidente/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	20.291	18,9	93,4	93,4
	1	1427	1,3	6,6	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2j.** Nivel educativo presidente/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	20.455	19,1	94,2	94,2
	1	1263	1,2	5,8	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2k.** Sexo secretario/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	16.987	15,9	78,2	78,2
	1	4731	4,4	21,8	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2l.** Nivel educativo secretario/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	20.182	18,8	92,9	92,9
	1	1536	1,4	7,1	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2m.** Sexo tesorero/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	14.080	13,1	64,8	64,8
	1	7638	7,1	35,2	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

**Tabla 2n.** Nivel educativo tesorero/a.

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válido	0	20.925	19,5	96,3	96,3
	1	793	0,7	3,7	100
	Total	21.718	20,3	100	
Perdidos	Sistema	85.366	79,7		
Total		107.084	100		

### 3.3. Metodología

En la siguiente ecuación, el indicador  $y_j$ , hace referencia a la calidad del suministro hídrico y determina si el agua brindada al centro poblado rural está adecuadamente clorada:

$$P(y_j = 1 | X) = G(\beta_0 + \beta_1 PreMuj_j + \beta_2 TeMuj_j + \delta PobDi_j + \Phi I_j + \alpha Edu_j + \vartheta L_j + \partial Cap_j + \theta_1 Elect_j + \theta_2 Internet_j + \varepsilon_j)$$

Para la construcción de este indicador, se consideró que el prestador i) cuente con equipo clorador operativo y en buen estado, ii) realice la cloración a todos los centros poblados que abastece, y del mismo modo iii) que realice el registro de los resultados que se obtuvieron al momento de la cloración.

Asimismo,  $PreMuj_j$  y  $TeMuj_j$  expresan la presencia de una mujer presidenta y una mujer tesorera en el consejo directivo de la organización comunal; por su parte,  $PobDi_j$  hace referencia a la población del centro poblado cuando es menor a los 200 habitantes;  $I_j$  representa el ingreso promedio mensual de la organización comunal;  $L_j$  es la lengua más hablada en el centro poblado rural;  $Edu_j$  es un vector del grado de instrucción de los y las presidentas, tesoreras y secretarías de las organizaciones comunales; y  $Cap_j$  es un vector de la capacitación que ha recibido la organización comunal tanto en manejo administrativo como en mantenimiento de sistema de agua. Finalmente, se considera  $Elect_j$  e  $Internet_j$ , las cuales representan que el centro poblado cuente con electricidad e internet en su jurisdicción, tomando los valores de 0 y 1.

En el contexto de la metodología empleada, se utiliza una técnica de regresión probabilística para analizar cómo estas variables independientes afectan la variable resultado, que en este caso se traduce en la probabilidad de realizar una adecuada cloración del agua. De este modo, la variable dependiente toma dos (2) valores: 1, cuando la calidad del agua brindada en el centro poblado es adecuada; y 0, cuando no lo es.<sup>3</sup>

<sup>3</sup> La calidad del agua no es adecuada o es mala.

Es importante destacar que se otorga especial importancia a la presencia de mujeres en la presidencia de las organizaciones comunales, lo que constituye una variable independiente de máxima relevancia en este análisis.

#### 4. RESULTADOS

Descritas las variables a utilizar y considerando que el agua potable es un bien fundamental para el desarrollo de las personas, esta alcanza una mayor preponderancia cuando se enmarca en contextos rurales. Por lo tanto, la adecuada cloración en la prestación de los servicios de saneamiento por parte de las organizaciones comunales resulta crucial. En esta sección, se presentan los hallazgos encontrados bajo un modelo probabilístico, en relación con la adecuada calidad del agua, y cómo esta se encuentra influenciada en cierta medida por determinadas características socioculturales, de formación y género para un determinado centro poblado. Cabe resaltar que los distintos modelos presentados en los siguientes cuadros muestran una significancia menor al 5%, lo que sugiere que la relación entre las variables dependientes e independientes en su conjunto puede ser explicada mediante una relación probabilística.

De este modo, en la tabla 3, se presentan los márgenes probabilísticos asociados con la obtención de una adecuada cloración del agua en centros poblados específicos. Este análisis se subdivide en tres grupos claramente definidos. El primero presenta los resultados para una muestra a nivel nacional rural, que incluye 21.718 centros poblados. El segundo se enfoca en el ámbito rural, pero se limita a aquellos centros poblados con una población dispersa dentro de los límites geográficos del centro poblado (menor a los 201 habitantes). Esto se consideró así, porque la literatura sugiere que estos centros pueden tener una mayor probabilidad de no contar con una adecuada calidad del agua, debido a la distancia entre las viviendas y la falta de coordinación entre las familias. El tercer grupo también se encuentra en el ámbito rural, pero se refiere a centros poblados no dispersos, sin embargo, a diferencia del segundo grupo, estos tendrían una mayor probabilidad de obtener mejoras en la calidad del agua que se brinda en el centro poblado.

En cuanto a los resultados mostrados en la tabla 3, se observa que en el ámbito rural disperso (menor a los 201 habitantes) el poder explicativo del modelo es menor en comparación con los modelos enmarcados en una población concentrada, pues obtienen un pseudo  $r^2$  igual a 8,65%. Por su parte, la variable electricidad, que representa una *dummy*, muestra una relación positiva entre esta y una mejora en la calidad del agua, teniendo un efecto mayor en los centros poblados concentrados (8,73%), es decir, en comunidades de 201 a 2000 habitantes. En ese sentido, contar con electricidad en comunidades del ámbito rural aumenta la probabilidad de contar con un servicio de agua debidamente clorada, y esto es significativo para los grupos de análisis.

Seguidamente, la variable internet presenta una relación positiva con la calidad del agua, con una probabilidad mayor de cloración en centros poblados concentrados.

En lo que respecta a las variables que reflejan las capacitaciones a los miembros de las organizaciones comunales, se puede observar que tanto la capacitación en manejo administrativo como en desinfección son positivas y significativas para los tres modelos en análisis. Cabe destacar que, en comparación con la asistencia en manejo administrativo, cuando los miembros de las organizaciones comunitarias son capacitados en temas de mantenimiento del sistema de agua, esto representa una mayor probabilidad de mejoras en la calidad del agua. En promedio, este tiene un efecto positivo del 20% para los tres grupos analizados (nacional rural, rural disperso y rural concentrado). Además, según los resultados, hay una mayor probabilidad de mejora en la cloración del agua a través de la capacitación en mantenimiento del sistema de agua, especialmente, cuando se aplica en los centros poblados del ámbito rural concentrados (21%).

Con relación al sexo de quienes presiden una organización comunal, los hallazgos son los siguientes: en los centros poblados rurales concentrados, es decir, aquellos de 201 a 2000 habitantes, la variable presidente de la organización de sexo femenino es claramente significativa, mientras que el nivel educativo del mismo no lo es. Así, en una organización comunal (OC en adelante), la variable presidentas mujeres de una OC muestran una probabilidad positiva de obtener mejoras en la calidad del agua de 4,3%. No obstante, estas variables no resultan significativas cuando se trata de un centro poblado disperso (con menos de 200 habitantes), posiblemente, debido a la falta de coordinación y agrupamiento que existe cuando los hogares se encuentran alejados unos de otros. Sin embargo, cuando se realiza el análisis a nivel nacional rural, se observa que la variable presidenta mujer sí es positiva y significativa, lo que sugiere que el rol de la presidenta mujer en una organización comunal es fundamental para la mejora de la calidad del servicio de agua, expresada en una adecuada cloración de este. En resumen, se confirma la hipótesis principal de este estudio.

Respecto a la variable tesorera mujer, esta muestra una significancia aceptable en los tres grupos de modelos probabilísticos. Específicamente, se observa que, en los centros poblados concentrados, esta variable obtiene una mayor probabilidad de generar una mejora en la cloración del agua (6,7%) en relación con los ámbitos nacional rural como rural dispersa, los cuales tienen probabilidades de 5,8% y 5,1% respectivamente. Estos resultados respaldan la hipótesis de esta investigación, que resalta el rol que tienen las mujeres tesoreras en las directivas de las organizaciones comunitarias para una mejor gestión y calidad del servicio de agua. También es importante destacar que la función de las tesoreras es realizar el cobro de la cuota familiar, lo cual resulta necesario para obtener una mayor sostenibilidad de la prestación de los servicios de saneamiento en el ámbito rural.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Con el monto recaudado, se realizan pagos que se requieren para la administración y mantenimiento.

**Tabla 3.** Ámbito rural. El efecto sobre la adecuada cloración del agua, 2020.  
Simbología: \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,10$  (elaboración de los autores con datos de MVCS 2020).

Variable endógena Cloración adecuada = 1 Cloración no adecuada = 0	Calidad_agua		
	Ámbito rural a nivel nacional	Ámbito rural población dispersa	Ámbito rural población concentrada
<b>Variables independientes</b>	Coeficiente	Coeficiente	Coeficiente
Lengua	-0,0978508*	-0,0707819*	-0,1451451*
Electricidad	0,0804333*	0,0775475*	0,087326*
Internet	0,0811265*	0,0459442	0,0996425
Capacitación manejo administrativo	0,1048651*	0,1029644*	0,1040266*
Capacitación mantenimiento sistema de agua	0,2092069*	0,2059267*	0,2100759*
Población dispersa	-0,0266691*	-	-
Ingreso promedio mes	0,0000385*	0,0001988*	0,000029*
Presidenta mujer	0,0307682*	0,0216035	0,0431762*
Nivel educativo presidente/a	-0,0012207	0,0079409	-0,012477
Tesorera mujer	0,0586192*	0,0512336*	0,0671505*
Nivel educativo tesorero/a	0,0110863	-0,0077493	0,0207035
Secretaria mujer	0,0329018*	0,0296087*	0,0354722*
Nivel educativo secretario/a	0,025328*	0,0121341	0,0393852*
N	21,718	12,849	8869
LR Chi2(12)	2795,21	1488,12	1314,6
Prob>Chi2	0	0	0
Pseudo R2	0,0949	0,0865	0,1079

En la tabla 4, se presentan los márgenes probabilísticos para la variable dependiente (calidad del agua), ahora agrupada en dos grupos definidos por presidentas y tesoreras mujeres de una determinada organización comunal. El primer grupo está definido en el ámbito rural y se centra en aquellos centros poblados cuya organización comunal está presidida por una presidenta del sexo femenino. El segundo grupo también se encuentra definido en el ámbito rural, pero se centra en aquellas organizaciones comunales en el que la presidenta y tesorera son del sexo femenino.

De este modo, en la tabla 4, se presenta el modelo *probit* enmarcado en dos grupos. El primero hace alusión a aquellas organizaciones comunales cuya presidenta es del sexo femenino, mientras que el segundo modelo se concentra en aquellas organizaciones en el que tanto la presidenta como la tesorera son mujeres.

**Tabla 4.** Ámbito rural. Efectos heterogéneos: organizaciones comunales con presidentas y tesoreras mujeres, 2020. Simbología:  $p < 0,05$ ;  $** = p < 0,10$  (elaboración de los autores con datos de MVCS 2020).

Variable Endógena Cloración adecuada = 1 Cloración no adecuada = 0	Calidad_agua	
	Ámbito rural presidentas mujeres	Ámbito rural presidentas y tesoreras mujeres
<b>Variables independientes</b>	Coeficiente	Coeficiente
Lengua	-0,079568*	-0,1274244*
Electricidad	0,0435409	-0,0079294
Internet	0,0873754*	0,0582744
Capacitación manejo administrativo	0,1134752*	0,1178879*
Capacitación mantenimiento sistema de agua	0,1886654*	0,1208339*
Población dispersa	-0,0552028*	-0,1072614*
Ingreso promedio mes	0,000033	0,0000503
Presidenta mujer	-	-
Nivel educativo presidente/a	-0,0524829	-0,0350668
Tesorera mujer	0,0327317	-
Nivel educativo tesorero/a	0,0122993	0,0422104
Secretaria mujer	0,030206	0,0318129
Nivel educativo secretario/a	0,0151099	-0,0391793
N	1427	744
LR Chi2(12)	149,28	66,14
Prob>Chi2	0	0
Pseudo R2	0,0756	0,0641

Respecto a las variables capacitaciones que se dan a las organizaciones comunales en manejo administrativo y mantenimiento del sistema de agua, los resultados muestran que ambos grupos de análisis son significativos y con probabilidades positivas, de alrededor del 11% y 18% respectivamente, cuando la mujer preside a la organización comunal. Esto quiere decir que, para estos dos grupos de análisis, la capacitación es relevante para obtener una mejora en la calidad del servicio de agua en el ámbito rural. Asimismo, el modelo presenta un mayor ajuste cuando el grupo de análisis se concentra en las presidentas mujeres con un  $r^2$  de 7,6%.

Finalmente, la variable dispersión en un centro poblado presenta una relación inversa respecto a la calidad del agua. Es decir, si el centro poblado presenta una población menor o igual a los 200 habitantes (dispersa), la probabilidad de que se obtenga

una calidad de agua óptima es negativa. Por el contrario, en centros poblados con población concentrada (de 201 a 2000 habitantes), sí existe una relación positiva para obtener mejoras en la calidad del servicio de agua, lo cual tiene en cierta medida un vínculo con la distancia que existe entre los hogares y las instituciones públicas (entre ellas, las municipalidades) y otras organizaciones más próximas a recurrir.

## 5. CONCLUSIONES

Este estudio se enfoca en analizar el impacto del rol de las mujeres rurales en la adecuada cloración del agua. Para ello, se empleó la técnica de regresión *probit*, y la base de datos *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural - DATASS 2020*, del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, correspondiente al año 2020.

Los resultados de las estimaciones del modelo *probit* revelan que la participación activa de las mujeres en los consejos directivos de las organizaciones comunales aumenta la probabilidad de mejorar la calidad del servicio de agua, manifestada en una adecuada cloración del mismo. Asimismo, a nivel nacional rural, se observa que la participación de las presidentas mujeres en las organizaciones comunales tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre nuestra variable endógena (3%). En cuanto al análisis según el tamaño poblacional, se encuentra que, en aquellos centros poblados que tienen de entre 201 a 2000 habitantes (considerados como concentrados), el efecto también es significativo, con una probabilidad equivalente al 4,3%. Además, la participación de las mujeres como tesoreras también tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre la calidad del servicio de agua en los tres grupos de análisis: ámbito rural disperso (5,1%), nacional rural (5,8%), y el rural concentrado (6,7%). De esta manera, a partir de las estimaciones realizadas, se puede señalar que la hipótesis principal de la investigación ha sido validada.

Asimismo, se destaca la importancia de la capacitación que reciben las organizaciones comunales en temas de manejo administrativo y de mantenimiento del sistema de agua. No obstante, es relevante mencionar que el aspecto que tiene mayor repercusión entre estas dos capacitaciones es el del mantenimiento del sistema de agua, cuyos efectos sobre la adecuada cloración del agua son los siguientes: 20,9% (nacional rural), 20,5% (rural dispersa), y 21% (rural concentrada).

Por otro lado, es conveniente señalar que los hogares que residen en centros poblados rurales dispersos, es decir, los de menos de 200 habitantes, enfrentan mayores dificultades en relación con los que viven en centros poblados concentrados. Esto afecta a varios aspectos ligados entre sí, como el acceso a servicios básicos, la limitada comunicación y tecnología (baja señal de internet y teléfono) y, en algunos casos, la distancia a la municipalidad, al centro de salud y otros servicios. Esta disparidad también resulta en

que las mujeres rurales de los centros poblados dispersos tengan menores oportunidades en comparación con sus pares en localidades concentradas. Debido a esto, muchas de ellas no pueden recibir capacitación de manera continua y enfrentan dificultades debido a la falta de igualdad de condiciones para alcanzar el nivel educativo mínimo necesario para participar en otras actividades, incluido el ámbito laboral.

En esta situación particular, las mujeres rurales en comunidades dispersas a menudo enfrentan desafíos adicionales, como la necesidad de desplazarse continuamente durante largos periodos para obtener agua doméstica. Esto aumenta su vulnerabilidad, puesto que están más expuestas a sufrir algún tipo de violencia en el trayecto. Además, otro aspecto relevante es la edad y el estado civil de las mujeres que participan en las directivas. Se ha observado que las mujeres jóvenes suelen disponer de más tiempo en comparación con aquellas que tienen hijas e hijos menores. Por otro lado, las mujeres adultas enfrentan barreras en distintos aspectos de su vida, lo que limita su capacidad para llevar a cabo actividades con normalidad, en contraste con sus pares hombres. Esto se relaciona con la percepción de que estas deben permanecer en el hogar y enfocarse, principalmente, en las tareas domésticas antes que tomar decisiones sobre lo que ocurre en el hogar y en otros espacios.

A pesar de las limitaciones mencionadas, las mujeres rurales han demostrado que, cuando se les asigna una función en su comunidad, han podido realizarla de la mejor manera, como cuando asumen un rol como tesoreras en las organizaciones comunales. Esta área ha sido ocupada, en su mayoría, por mujeres. Esto puede atribuirse a que generan mayor confianza en su localidad y a que demuestran gran eficiencia en sus funciones. En síntesis, este estudio reafirma el rol fundamental que desempeñan las mujeres en la mejora de la calidad del servicio de agua, especialmente, en las directivas de los prestadores de servicios de saneamiento en las comunidades rurales.

## **6. AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos el financiamiento recibido de parte del Premio Nacional Cultura del Agua 2021 - H2O Investigaciones, mediante un convenio de cooperación entre la Autoridad Nacional del Agua, Perú y Forest Trends Association en representación del Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. El Proyecto es financiado gracias al apoyo de los Estados Unidos de América, a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá. Los contenidos de este trabajo son responsabilidad de los autores y no reflejan necesariamente las opiniones de USAID, ni de los gobiernos de Estados Unidos de América y de Canadá.

## 7. REFERENCIAS

- Agarwal, B. 1995. *A field of one's own: Gender and Land Rights in South Asia*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Ahmad, N. 2010. *Making Infrastructure Work for Women and Men. A Review of World Bank Infrastructure Projects (1995-2009)*. Washington DC: The World Bank.
- Bouman-Dentener, A. & B. Devos 2018. Civil Society: Key Contributors to Water and Sustainable Development. UN-Water Annual International Zaragoza Conference. [https://www.un.org/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/OP\\_CivilSociety\\_4themes\\_FORMAT.pdf](https://www.un.org/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/OP_CivilSociety_4themes_FORMAT.pdf) [consultado: 18-11-2023].
- Brunt, D. 1992. *Mastering the Struggle: Gender, Actors and Agrarian Change in a Mexican Ejido*. Amsterdam: CEDLA Publications.
- CEPAL 1998. *Género, medio ambiente y sustentabilidad del desarrollo*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y El Caribe.
- Cerin, P. 2006. Bringing Economic Opportunity Into Line With Environmental Influence: A Discussion on the Coase Theorem and the Porter and van der Linde Hypothesis. *Ecological Economics* 56 (2): 209-225. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2005.01.016>
- Colfer, C. 2005. The Equitable Forest: Diversity, Community, and Resource Management. *Natural Resources Journal* 49 (1): 313-316.
- Dadonaité, B. 2019. More than Half Million Children die from Diarrhea each Year. How do we prevent this? *Our World in Data*. <https://ourworldindata.org/childhood-diarrheal-diseases> [consultado: 18-11-2023].
- Dernbach, J. 2003. Achieving sustainable Development: the Centrality and Multiple Facets of Integrated Decisionmaking. *Indiana Journal of Global Legal Studies* 10 (1): 247-284.
- Elmhirst, R. & B. Resurreccion 2008. Gender, Environment and Natural Resource Management: New Directions, New Debates. En *Gender and Natural Resource Management: Livelihoods, Mobility and Interventions*, B. Resurreccion & R. Elmhirst, eds., pp. 3-20. Londres: Earthscan.
- Eminel, E. 2018. Women, Water Resource Management and Sustainable Development: the Turkey North Cyprus Water Pipeline Project. *Resources* 7 (50): 1-13.
- Figueiredo, P. & P. Perkins 2013. Women and Water Management in Times of Climate Change: Participatory and Inclusive Processes. *Journal of Cleaner Production* 60: 188-194. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.02.025>
- Goetz, A. 1995. The Politics of Integrating Gender to State Development Processes: Trends, Opportunities and Constraints in Bangladesh, Chile, Jamaica, Mali, Morocco and Uganda. En *United Nations. Digital library*, ed., pp. 1-64. Ginebra: United Nations Research Institute for Social Development. <https://digitallibrary.un.org/record/227389> [consultado: 05-12-2023].
- Guijt, I. & M. Shah 1998. *The Myth of Community: Gender Issues in Participatory Development*. Intermediate Technology Publications. Londres: Practical Action Publishing.

- Hawkins, R. & J. Seager 2010. Gender and Water in Mongolia. *The Professional Geographer* 62 (1): 16-31.
- Ibrahim, S. 2006. Brief Overview on the Current Situation on Gender and Water Management in Egypt. En *Third Arab Water Regional Conference Research Advancement in Managing Monitoring and Evaluation Limited Water Resources*, pp. 1-6. El Cairo: Third Arab Water Regional Conference.
- IELRC 2001. *Bonn International Conference on Freshwater Ministerial Declaration (2001)*. Ginebra: International Environmental Law Research Centre (IELRC). <https://www.ielrc.org/content/e01111.pdf> [consultado: 18-11-2023].
- INEI 2021. *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES) 2021*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-de-programas-presupuestales-enapres-2021-instituto-nacional-de-estad%C3%ADstica> [consultado: 18-11-2023].
- INEI 2022. *Encuesta Nacional de Programas Presupuestales (ENAPRES) 2022*. Lima: Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-de-programas-presupuestales-enapres-2022-instituto-nacional-de-estad%C3%ADstica> [consultado: 18-11-2023].
- Khandker, V., V. Gandhi & N. Johnson 2020. Gender Perspective in Water Management: The Involvement of Women in Participatory Institutions of Eastern India. *Water* 12 (196): 1-20.
- Meinzen, R., L. Brown, H. Sims. & A. Quisumbing 1997. Gender and Property Rights: an Overview. *World Development* 25 (8): 1299-1302.
- Meinzen, R. & M. Zwartveen 1998. Gender Participation in Water management: Issues and Illustrations from Water Users' Associations in South Asia. *Agriculture and Human Values* 15: 337-345.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento 2020. *Diagnóstico sobre el abastecimiento de agua y saneamiento en el ámbito rural – DATASS*. Lima: MVCS. <https://www.gob.pe/880-diagnostico-sobre-el-abastecimiento-de-agua-y-saneamiento-en-el-ambito-rural-datass> [consultado: 05-12-2023].
- Nfah-Abbenyi, J. 2005. Gender, Feminist Theory, and Post-Colonial (Women's) Writing. En *African Gender Studies A Reader*, O. Oyèwùmí, ed., pp. 259-260. Nueva York: Palgrave Macmillan.
- OECD 2001. *Policies to Enhance Sustainable Development. Meeting of the OECD Council at Ministerial Level*. París: OECD. <https://www.oecd.org/greengrowth/1869800.pdf> [consultado: 05-12-2023].
- OECD 2011. Benefits of investing in water and sanitation: an OECD Perspective Art. En *OECD Studies on water*, pp. 3-144. París: OECD Publishing.
- PNUD 2006. Transversalización del enfoque de género en la gestión del agua. *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/>

- files/publications/IWRMGenderResourceGuide-Spanish-200610.pdf [consultado: 05-12-2023].
- PNUD 2018. *Género en el sector salud: feminización y brechas laborales*. Buenos Aires: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnud\\_informedeGenero\\_2018.04.04.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/pnud_informedeGenero_2018.04.04.pdf) [consultado: 08-12-2023].
- Saunders, K. 2002 (Ed.). Introduction: Towards a deconstructive Post-development Criticism. En *Feminist Post-Development Thought: Rethinking Modernity, Post-Colonialism and Representation*, K. Saunders, ed., pp. 1-38. Londres: Zed Books.
- Sotelo, M. 2016. *El impacto del acceso a los servicios de agua y saneamiento sobre la desnutrición crónica infantil: evidencia del Perú*. Tesis de licenciatura en Economía, Facultad de Ciencias Sociales, Pontificia Universidad Católica de Lima. [http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9841/SOTELO\\_TORNERO\\_MARISELA\\_IMPACTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/9841/SOTELO_TORNERO_MARISELA_IMPACTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y) [consultado: 05-12-2023].
- SUNASS 2021. *Sistema de áreas técnicas municipales*. SUNASS. <https://www.sunass.gob.pe/prestadores/prestadores-del-ambito-rural/area-tecnica-municipal-atm/> [consultado: 18-11-2023].
- United Nations Secretariat 2005. *Women 2000 and beyond: Women and Water IRC*. Nueva York: ONU. <https://www.ircwash.org/resources/women-2000-and-beyond-women-and-water> [consultado: 18-11-2023].
- Venero, H., J. Venero & M. Sotelo 2016. Brechas en el acceso a los servicios de agua potable y saneamiento: ¿cómo afecta la salud de los niños rurales del Perú? En *Perú: El problema agrario en debate. SEPIA XVI*, J. Durand, J. Urrutia & C. Yon, eds., pp. 735-782. Lima: SEPIA.
- Vernooy, R. 2006. *Social and Gender Analysis in Natural Resource Development: Learning Studies and Lessons from Asia*. Nueva Delhi: Sage India-CAP-IDRC.
- Villareal, M. 1992. The Poverty of Practice: Power, Gender and Intervention from an Actor-oriented Perspective. En *Battlefields of Knowledge: The Interlocking of Theory and Practice in Social Research and Development*, N. Long & A. Long, eds. pp. 247-267. Londres: Routledge.
- World Bank 2017. *The Rising Tide: A New Look at Water and Gender*. Washington DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/d7a66aac-0a27-5539-b84f-66955540c0b8/content> [consultado: 08-12-2023].
- World Health Organization 2014. *Preventing Diarrhoea Through Better Water, Sanitation and Hygiene. Exposures and Impacts in Low- and Middle- Income Countries*. Ginebra: WHO.
- World Water Council. *2nd World Water Forum, the Hague. 2000. Ministerial Declaration of The Hague on Water Security in the 21st Century*. World Water council. <https://www.worldwatercouncil.org/en/hague-2000> [consultado: 18-11-2023].

ESTIMANDO Y CONTRASTANDO LA EXTENSIÓN DE LAS FORMACIONES  
VEGETALES MICROTERMALES DEL PERÚ DE INICIOS DEL SIGLO XX

*Humberto Zelada Gárate*

<https://orcid.org/0000-0003-1944-4106>

Investigador y consultor independiente  
[humbertzg07@gmail.com](mailto:humbertzg07@gmail.com)

*Carlos Augusto Reynel-Rodríguez*

<https://orcid.org/0000-0002-6173-9023>

Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)  
[reynel@lamolina.edu.pe](mailto:reynel@lamolina.edu.pe)

Recibido: 14 de noviembre, 2022

Aceptado: 23 de febrero, 2023

**RESUMEN**

Augusto Weberbauer publicó en 1922 el primer Mapa de Vegetación del Perú, en el que representó y describió 25 formaciones vegetales, las cuales agrupó en seis categorías, considerando ámbitos altitudinales definidos en función de su temperatura. Dentro de esas categorías están las formaciones microtermales que, generalmente, se encuentran por encima de los 3400 msnm y tienen amplia distribución latitudinal a lo largo de los Andes peruanos. En aras de revalorizar aquel mapa histórico, en primer lugar, se presentan los resultados de la digitalización y estimación de la extensión de las cuatro formaciones vegetales microtermales identificadas por Weberbauer y, en segundo lugar, se exponen los hallazgos del contraste cartográfico realizado entre dichas formaciones microtermales y las coberturas vegetales altoandinas clasificadas en el mapa más actual en el Perú sobre esta temática. En ese sentido, se aprecia que el investigador alemán cartografió una extensión de 183.445,30 km<sup>2</sup> para el conjunto de las cuatro formaciones vegetales microtermales: formaciones típicas altoandinas (61,67%); estepa herbácea microtérmica (17,93%); tolar microtérmico (17,47%); los glaciares y la nieve perpetua (2,93%). Asimismo, en la comparación cartográfica se observó que el 63,92% del territorio que actualmente ocupan las coberturas vegetales altoandinas del Perú coincide con lo cartografiado e identificado por Weberbauer como formaciones vegetales microtermales. Estos resultados contribuyen a comprender la evolución de este tipo de formaciones vegetales, las cuales están sufriendo una fuerte presión por la sumatoria del cambio climático y los impactos antrópicos.

*Palabras clave:* Andes peruanos, fitogeografía, historia natural, mapa de vegetación, Sistema de Información Geográfica.



## Estimating and contrasting the extent of microthermal plant formations in early 20<sup>th</sup> century Peru

### ABSTRACT

Augusto Weberbauer published, in 1922, the first vegetation map of Peru, where he showed and described twenty-five plant formations, grouped into six categories, considering altitudinal ranges defined according to their temperature. Within these categories are the microthermal formations that are generally found above 3400 masl and have a wide latitudinal distribution throughout the Peruvian Andes. To revalue that historical map, we present, firstly, the results of digitalization and estimation of extension of the four microthermal vegetation formations identified by Weberbauer, and secondly, the findings of cartographic contrasting between these microthermal formations, and the high Andean vegetation covers as classified in the most updated map on this subject. Weberbauer mapped an area of 183.445,30 km<sup>2</sup> for the four microthermal vegetation formations: typical high Andean formations (61,67%); microthermal herbaceous steppe (17,93%); microthermal tolar (17,47%); glaciers and perpetual snow (2,93%). Likewise, a cartographic comparison showed that 63,92% of the territory currently occupied by high Andean vegetation cover in Peru is coincident with that mapped by Weberbauer as microthermal vegetation formations. These results contribute to the understanding of the evolution of these formations, which are under climate change and anthropogenic pressures.

*Keywords:* Geographical Information Systems, Natural history, Peruvian Andes, Phytogeography, Vegetation maps.

### 1. INTRODUCCIÓN

En el último tercio del siglo XIX se empezaban a consolidar los primeros trabajos de cartografía moderna para el Perú. Entre ellos, se cuentan los de Mariano Felipe Paz Soldán (1821-1866), quien publicó el *Atlas Geográfico del Perú* (1865) (Basadre 2014a), y Antonio Raimondi (1826-1890), reconocido como el padre de la moderna geografía peruana (Basadre 2014b). Sin embargo, anteriormente no se tenía una idea clara de la distribución de la cobertura vegetal en el territorio peruano. Además, durante las primeras décadas del siglo XX, el país aún no terminaba de afianzar sus límites fronterizos (Basadre 2014c).

En tal contexto, Augusto Weberbauer (1871-1948), considerado el padre de la fitogeografía peruana (Zelada & Reynel 2023), contribuyó a llenar parte de dicho vacío, y publicó en Alemania, en 1922, el *Mapa Fitogeográfico de los Andes peruanos entre los 5° y 17° S*, en el que representó y describió 25 formaciones vegetales. Considerando ámbitos altitudinales definidos en función de su temperatura agrupó dichas formaciones en seis categorías (de oeste a este): hidrófilas, xerófilas, subxerófilas, microtermales, mesotermas higrófilas, y macrotermales higrófilas (Weberbauer 1922). En el uso que Weberbauer hizo de estos conceptos estuvo inspirado, entre otros, por las ideas

sobre rangos ecológicos de existencia de las plantas de Alphonse De Candolle (1874) y Wladimir Köppen (1900).

Con dicho mapa, elaborado en base a recorridos y observaciones desde el terreno (Palacios & Reynel 2011), Weberbauer sentó las bases del conocimiento ecológico de los Andes peruanos y sus recursos fitogeográficos (Weberbauer 1945). Además, este mapa constituye un testimonio histórico de la distribución geográfica de las plantas y la vegetación representativa en el territorio peruano –principalmente de la zona andina y costera– a inicios del siglo XX.

Posterior a la contribución fitogeográfica de Weberbauer (1922; 1936; 1945), se han realizado diversos esfuerzos por zonificar ecológicamente el territorio peruano, lo cual ha hecho posible que, actualmente, se encuentren disponibles varias estratificaciones o clasificaciones ecológicas representadas por los mapas ecológicos y cartografías de vegetación de diversos autores, tanto individuales, como institucionales. Las metodologías, los objetivos, las escalas y los niveles de resolución de dichos esfuerzos son variables y guardan relación con las limitaciones y el contexto histórico de su elaboración, así como con la evolución de la geomática y los Sistemas de Información Geográfica (SIG).

En ese sentido, según Palacios y Reynel (2011), es oportuno mencionar los siguientes mapas de clasificación de la vegetación: *Mapa de Ecorregiones del Perú* (1988), elaborado por Antonio Brack; *Mapa Ecológico del Perú* (1995), impreso por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) y cuya primera versión fue elaborada por Tossi y Holdridge en 1960; *Mapa Forestal del Perú* (1995), elaborado por el INRENA; *Mapa de los Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia* (2007), publicado por la organización sin fines de lucro Nature Serve. Además de estas cartografías, se encuentra el *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* (2015) elaborado por el Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM), el cual resulta ser hasta hoy el más actual en su temática. Este mapa muestra la distribución geográfica, la superficie y las características biofísicas generales de 60 unidades de cobertura vegetal y de otras 16 unidades consideradas como otro tipo de cobertura (MINAM 2015a).

Ante ello, y considerando que con el desarrollo de los actuales SIG se puede modernizar continuamente el uso y tratamiento de los mapas antiguos e históricos (Cascón-Katchadourian et al. 2018), e incluso revalorizarlos, se presentan, en primer lugar, los resultados sobre la estimación de la extensión de las cuatro formaciones vegetales microtermales identificadas y clasificadas por Weberbauer en su mapa, formaciones que generalmente se encuentran por encima de los 3400 msnm, con temperaturas promedio entre los 8° y los -15° C, y con una distribución latitudinal amplia a lo largo de los Andes peruanos. En segundo lugar, se brinda un análisis de la evolución de tales comunidades, en el que se contrastan sus principales características fitogeográficas con la información geográfica difundida (respecto a unidades semejantes) en el *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* (MINAM 2015a; MINAM 2015b), a fin de contribuir

al conocimiento del estudio en el tiempo de la fitogeografía de los Andes peruanos, comparando dos momentos históricos precisos –con casi exactamente 100 años de diferencia y con escenarios muy contrastantes– en cuanto a la alteración de la vegetación a causa de acciones antrópicas y también por los efectos negativos del cambio climático.

## 2. MATERIALES Y METODOLOGÍA

### 2.1. Base cartográfica de los mapas analizados

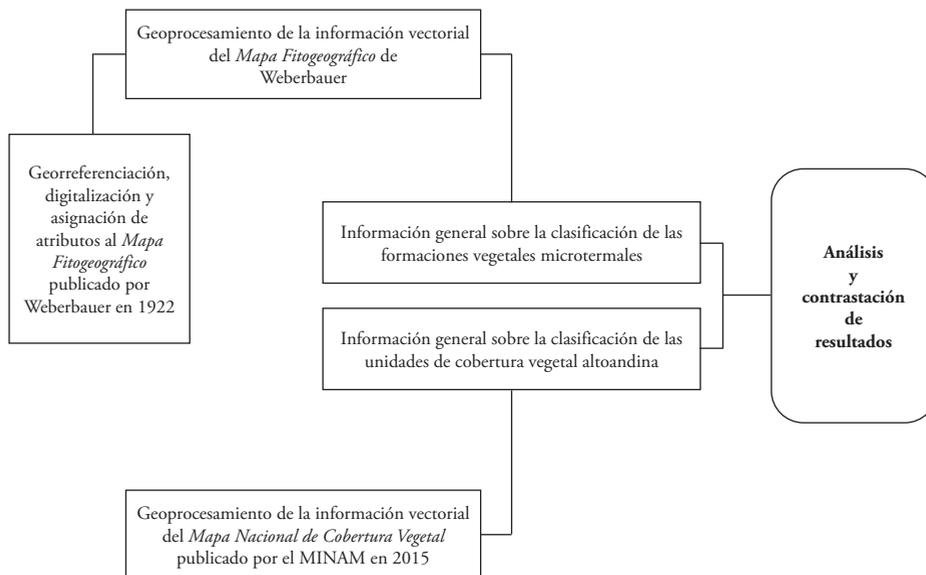
El mapa de Weberbauer está definido en una escala 1:3.000.000, con coordenadas geográficas, cuya base cartográfica fue el *Mapa del Perú* (1887-1897), elaborado por Antonio Raimondi (Carbonel 2018), el cual Weberbauer redujo a la escala antedicha. Para la representación de las montañas de nieve y, en muchos lugares, los límites de la puna y la jalca, el investigador alemán se basó en el Mapa de vegetación elaborado por Sievers, publicado en *Reise in Peru und Ecuador* (1914), el cual se extiende desde los 2° hasta los -11° S. Cabe mencionar que Weberbauer elaboró su mapa con los datos e información recopilada durante las exploraciones que realizó por el territorio peruano entre los años 1901-1905 y 1910-1916 (Weberbauer 1945).

Con respecto al *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* elaborado por el MINAM, de carácter oficial, este tiene una escala de interpretación de 1:100.000, y está basado en la carta nacional digital elaborada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), en información de la red vial del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2010), en información de los límites departamentales disponibles en el geoservidor del MINAM y, en un Modelo de Elevación Digital del Terreno hecho por la *United States Geological Survey* (USGS). El mapa se elaboró con imágenes satelitales *Landsat* del año 2011, complementadas con imágenes satelitales *RapidEye* (de mejor resolución espacial) de los años 2011 y 2012, y con imágenes de *Google Earth* para esos mismos años. Además, se realizó una verificación de campo, principalmente por vía terrestre, a fin de ajustar el mapa elaborado en gabinete.

### 2.2. Metodología

En el proceso de revalorización de la cartografía histórica, como el realizado con el mapa de Weberbauer, un primer paso esencial en este estudio consistió en intentar conocer al máximo el contexto histórico-cartográfico de su elaboración. La escala en la que se trabajó, el sistema de referencia empleado y la simbología o leyenda utilizada, son datos muy relevantes para su interpretación (Gantiva & Romero 2015).

Tras ello, se siguió un proceso metodológico (fig. 1) con rutas de análisis muy similares para cada una de las cartografías estudiadas, a fin de contrastar el primer mapa de vegetación del Perú con el más actual en dicha temática, acotando el análisis a las coberturas vegetales altoandinas.



**Figura 1.** Metodología empleada para el análisis cartográfico comparativo de las formaciones vegetales altoandinas del Perú.

### 2.2.1. Georreferenciación, digitalización y asignación de atributos al Mapa de vegetación de los Andes peruanos (1922)

Luego de descargar la imagen digital del primer mapa de vegetación del Perú, y con el fin de mejorar su nitidez y calidad visual, se remasterizó a una escala x6, utilizando el programa Gigapixel AI, versión 4.2.1 de *Topaz Labs*. Con este programa se pudo seleccionar finalmente un archivo en formato “.PNG”.

En resumen, el trabajo de pasar del mapa en papel al mapa digital descansa en dos procesos básicos: la georreferenciación y la digitalización. A ello se suma luego la elaboración de una tabla de atributos, añadiendo datos e información temática que sirven para poder realizar distintos tipos de análisis e interpretaciones (Olaya 2014). En ese sentido, para la georreferenciación se colocaron trece puntos de control correspondientes al hemisferio sur y al hemisferio occidental (Anexo 1) haciendo uso del programa ArcGIS ver. 10.4 de los actuales métodos de los SIG. Dichos puntos se ubicaron en el cruce de las grillas de las coordenadas geográficas, procurando una distribución homogénea y uniforme en toda la superficie de la imagen digital del mapa (Álvarez-Rogel & Conesa 2018), para lo cual se empleó el tipo de transformación *Adjust*. Posteriormente, se digitalizaron manualmente las entidades vectoriales tipo línea (ríos menores), seguidas por las de tipo polígono (formaciones vegetales, océano pacífico, lagos y ríos mayores) para la totalidad del mapa. Con respecto a las formaciones

vegetales, se obtuvieron 439 registros de tipo polígono, agrupados en un archivo tipo *shapefile* (122 correspondientes a las formaciones vegetales microtermales).

En la tabla de atributos de los registros tipo polígono se crearon los siguientes campos: número de formación vegetal, nombre de formación vegetal, categoría de humedad y temperatura, simbología, área (km<sup>2</sup>), área (ha). Luego, se completaron tales campos de acuerdo con la información consignada en Weberbauer (1922).

### 2.2.2. *Geoprocesamiento de la información vectorial de los mapas analizados*

Las coordenadas geográficas resultan de gran utilidad para trabajar en áreas o espacios grandes, pero, como no es un sistema cartesiano, la medición de áreas o distancias se hace tediosa, por lo que se vuelve necesario aplicar las proyecciones cartográficas, forma particular de conversión de coordenadas (Olaya 2014). Por ello, a través de la herramienta *Project* de ArcGIS, versión 10.4, se proyectó el *shapefile* con las entidades vectoriales digitalizadas para las 25 formaciones vegetales del mapa de Weberbauer, desde las coordenadas geográficas hacia la proyección UTM. Luego, se obtuvieron las áreas estimadas (en km<sup>2</sup> y en ha) para cada formación vegetal y, después, aplicando la herramienta *Dissolve* de ArcGIS, versión 10.4, se seleccionaron y agruparon las cuatro formaciones vegetales microtermales con sus correspondientes atributos en un *shapefile* nuevo. Finalmente, con las herramientas *Clip* e *Intersect* de ArcGIS, versión 10,4 se hicieron geoprocesamientos entre las diversas capas utilizadas a fin de realizar el análisis cartográfico comparativo.

En cuanto al *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*, la información vectorial (*shapefile*) descargada ya tenía consignado atributos de identificación hasta el nivel de unidad de cobertura vegetal y contaba también con el campo de área (ha). Es decir, era información geográfica ya acondicionada como para que el usuario pudiera analizarla según su objetivo de estudio.

### 2.2.3. *Información general sobre la clasificación de las formaciones vegetales altoandinas analizadas*

Todo indica que, para la identificación y clasificación de las 25 formaciones vegetales, Weberbauer tomó como una referencia importante los estudios desarrollados en África por Adolf Engler llamados *Pflanzenwelt Afrikas*–1910– (Weberbauer 1922). Además, el investigador conocía las ideas sobre rangos ecológicos de existencia de las plantas de Alphonse De Candolle (1874) y Köppen (1900). Weberbauer agrupó tales formaciones vegetales en seis categorías, considerando ámbitos altitudinales definidos en función de su temperatura. Los criterios de su estratificación son los siguientes: el bioclima, la florística, la fisonomía de la vegetación, y la corología de las especies importantes de flora (Palacios & Reynel 2011).

De esa manera, resultan ser cuatro las formaciones vegetales consideradas en la categoría microtermal (tabla 1).

**Tabla 1.** Distribución altitudinal de las formaciones vegetales microtermales en los Andes peruanos de inicios del siglo XX (elaboración de los autores con base en Weberbauer [1922] y Weberbauer [1945]).

Formación vegetal microtermal	Rango altitudinal
Tolar microtérmino alternando con las típicas formaciones altoandinas, sin arbustos.	Entre los 4000 y 4900 msnm.
Formaciones típicas altoandinas.	Desde los 3800-4000 msnm hasta los 4600 msnm, aproximadamente.
Estepa herbácea (Pajonal) microtérmino, siempre verde o casi siempre verde, sin o casi sin arbustos.	Desde los 3400-3600 msnm hasta los 4000msnm, aproximadamente.
Los glaciares y la nieve perpetua.	Por encima de los 4900 msnm.

En cuanto al *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*, la clasificación de la cobertura vegetal, que estuvo principalmente en función a la escala de mapeo y de la resolución espacial de las imágenes satelitales empleadas, consistió en jerarquizar las unidades de cobertura vegetal identificadas en base a los siguientes criterios (MINAM 2015a):

- a) *Geográficos*: territorio peruano dividido en cuatro grandes regiones: selva baja, selva alta, andina y costa.
- b) *Climáticos*: grandes regiones divididas en provincias de humedad y luego agrupadas en macro-provincias de humedad.
- c) *Fisonómicos*: vegetación clasificada a nivel de formaciones vegetales, es decir, relacionadas con sus formas biológicas predominantes.
- d) *Fisiográficos*: vegetación clasificada según las formas de tierra que ocupan (terrazas, colinas, montañas, etc.).

En total, el MINAM (2015a) identificó 60 unidades de cobertura vegetal y 16 unidades consideradas como “otro tipo de cobertura”. Para la Región Andina, fueron 10 los tipos de cobertura vegetal identificados, los cuales correspondían, a su vez, a dos zonas bien marcadas geográficamente:

- i) La *vertiente occidental andina e interandina*, entre los 1500 y los 3800 msnm (sur) y 3000 y 3200 msnm (norte).
- ii) La *ecorregión Puna*, ubicada por encima de la anterior zona y generalmente sobre de los 3500 msnm, con temperaturas medias entre los 1,5° y los 6° C, y con precipitaciones entre los 500 y los 2000 mm.

Con base en tales criterios, son cinco las unidades cobertura vegetal consideradas como altoandinas en el *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* (tabla 2), las que, a su vez, tienen semejanza con las formaciones vegetales microtermales identificadas por Weberbauer (1922).

**Tabla 2.** Distribución altitudinal de las unidades de cobertura vegetal altoandinas en el Perú de inicios del siglo XXI (elaboración de los autores con base en MINAM [2015a] y MINAM [2015b]).

Unidad de cobertura vegetal altoandina	Rango altitudinal
Páramo	Entre los 3000 y 3600 msnm (norte).
Jalca	Por encima de los 3000 msnm (norte).
Bosque relicto altoandino	Entre los 3500 y 4900 msnm.
Bofedal	Superior a los 3800 msnm (centro y sur).
Pajonal andino	Entre los 3800 y 4800 msnm.

Es preciso señalar que, dentro las unidades consideradas por el MINAM (2015a) como “otro tipo de cobertura”, se encuentran dos que son de interés para los objetivos de esta investigación, a saber: a) el área altoandina con escasa y sin vegetación (o áreas periglaciares); y b) los glaciares.

### 3. ANÁLISIS Y CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

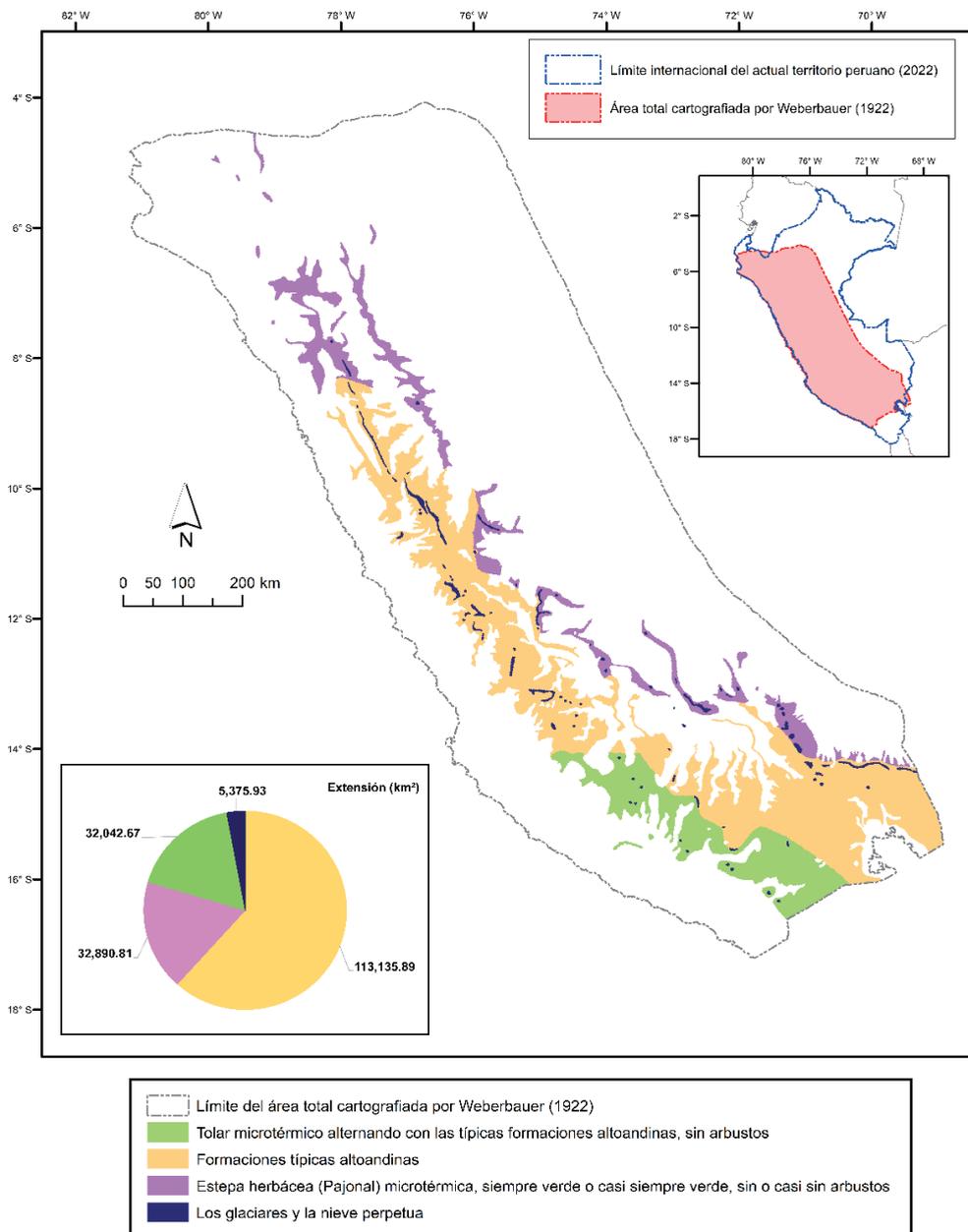
Para contrastar el primer mapa de vegetación del Perú con el más actual en dicha temática, se elaboraron cartografías que muestran la extensión, la intersección, el contraste y la distribución latitudinal y longitudinal de las formaciones vegetales altoandinas. Se acompañó el análisis con una síntesis de la visión fitogeográfica de cada una de las fuentes cartográficas estudiadas.

#### 3.1. Análisis de resultados

##### 3.1.1. *Extensión y distribución geográfica de las formaciones vegetales microtermales (1922) y de las coberturas vegetales altoandinas (2015)*

En la figura 2, se observa la distribución geográfica de las formaciones vegetales microtermales que Weberbauer identificó y describió a comienzos del siglo XX.

Producto de la georreferenciación y digitalización del primer mapa de vegetación del Perú, se obtuvo una superficie de 183.445,31 km<sup>2</sup> para el conjunto de las cuatro formaciones vegetales microtermales (fig. 2 y anexo 2).



**Figura 2.** Mapa de las formaciones vegetales microtermales del Perú de inicios del siglo XX (elaboración de los autores con base en Weberbauer [1922]).

- Las cuatro formaciones vegetales microtermales se reparten de la siguiente manera:
- Tolar microtérmino alternando con las típicas formaciones altoandinas, sin arbustos: 32.042,67 km<sup>2</sup> (17,47%).
  - Formaciones típicas altoandinas: 113.135,89 km<sup>2</sup> (61,67%).
  - Estepa herbácea (pajonal) microtérmino, siempre verde o casi siempre verde, sin o casi sin arbustos: 32.890,81 km<sup>2</sup> (17,92%).
  - Los glaciares y la nieve perpetua: 5375,93 km<sup>2</sup> (2,93%).

Hasta la fecha de publicación de este mapa, Weberbauer aún no había recorrido ni el extremo norte (Tumbes) ni el extremo sur (Moquegua y Tacna) del país, por lo cual, dichas zonas no están representadas (Weberbauer 1945). Asimismo, ya que hacia las primeras décadas del siglo XX el país aún no terminaba de afianzar sus límites fronterizos, se puede apreciar que algunas partes que cartografió el investigador actualmente corresponden a los territorios de Bolivia y Ecuador (fig. 2).

Respecto a la distribución latitudinal, se aprecia (fig. 2 y anexo 2) que las formaciones típicas altoandinas, la estepa herbácea (pajonal) microtérmino, y los glaciares y la nieve perpetua tienen amplia distribución, en comparación con el tolar microtérmino, formación que se restringe al suroeste de los Andes peruanos. En cuanto a la distribución altitudinal, generalmente todas estas formaciones vegetales se encuentran por encima de los 3400 msnm (tabla 1), aunque presentan variaciones, tanto en su límite inferior como superior, de acuerdo a su ubicación latitudinal, disminuyendo su altitud conforme se avanza hacia el norte y hacia el este, especialmente a partir de los 8° S de latitud, donde las montañas andinas tienen menor altitud.

En contraste, de acuerdo con el MINAM (2015a; 2015b), para comienzos de la segunda década del siglo XXI se estima que las coberturas vegetales altoandinas ocupan 192.120,42 km<sup>2</sup> del actual territorio peruano. De dicha extensión territorial, la mayoría lo ocupa el pajonal andino con 183.205,43 km<sup>2</sup>, seguido por el bofedal con 5483,98 km<sup>2</sup>; mientras que la jalca, el bosque de relicto altoandino y el páramo ocupan menores extensiones con 1547,56 km<sup>2</sup>, 1022,48 km<sup>2</sup> y 860,97 km<sup>2</sup>, respectivamente. Por su parte, el área altoandina con escasa y sin vegetación (o áreas periglaciares) ocupa 26.185,22 km<sup>2</sup>, y los glaciares representan 1932,07 km<sup>2</sup>. En suma, todas estas áreas altoandinas abarcan 220.237,71 km<sup>2</sup> del actual territorio del Perú.

En la figura 3 y en el anexo 3 se puede observar que el páramo y la jalca se encuentran latitudinalmente únicamente en la parte norte de los Andes peruanos, con límite S casi a 8° lat. (el páramo casi hasta los 6° S). El pajonal andino es la cobertura vegetal que presenta la mayor amplitud latitudinal junto con el bofedal y el área altoandina con escasa y sin vegetación; mientras que el bosque relicto altoandino y los glaciares, pese a tener también amplio rango latitudinal, concentran su presencia en determinadas zonas que tienen condiciones geográficas específicas, por ejemplo, el bosque de relicto en las faldas del volcán Pichu Pichu (Suroeste andino) o la extensa cadena de nevados conocida como la Cordillera Blanca (Centro andino).

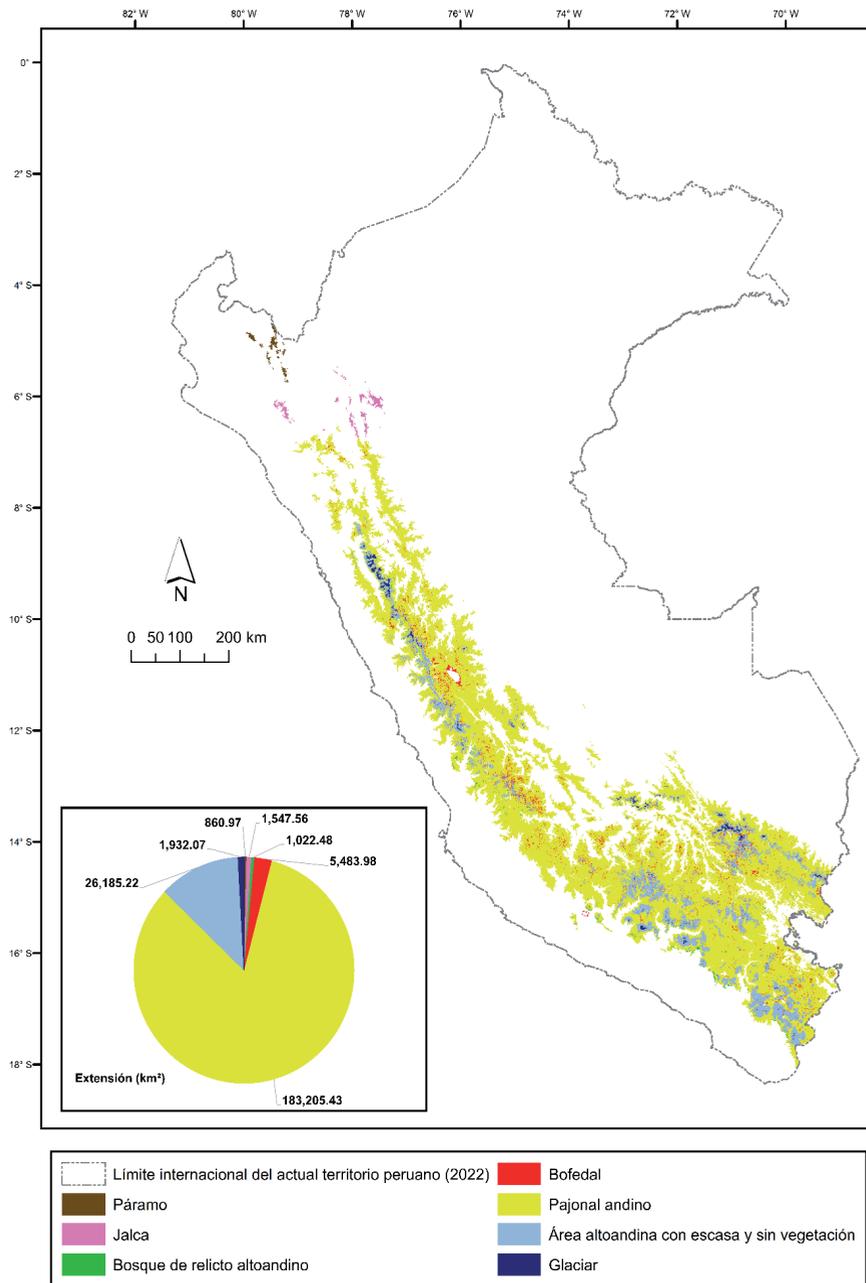


Figura 3. Mapa de las áreas altoandinas del Perú a inicios del siglo XXI (elaboración de los autores con base en MINAM [2015]).

### 3.1.2. Síntesis fitogeográfica de las formaciones vegetales microtermales (1922) y de coberturas vegetales altoandinas (2015)

La fitogeografía estudia la distribución geográfica de las plantas y sus aspectos asociados, siendo una forma de clasificación fitogeográfica la agrupación por reinos, subreinos y provincias de vegetación (Zelada & Reynel 2023). En ese sentido, considerando lo descrito por Weberbauer (1922) y lo consignado en MINAM (2015a), se presenta una breve reseña descriptiva sobre la fitogeografía de las áreas altoandinas analizadas.

#### 3.1.2.1. Entre los 3000 y los 4000 msnm

Weberbauer describió a la Estepa herbácea (pajonal) microtémica, siempre verde o casi siempre verde, sin o casi sin arbustos –con presencia en casi todo el espectro latitudinal de los Andes peruanos (fig. 2 y anexo 2)–, como una de las formaciones más húmedas del país, ya que habitualmente presentaba una alta nubosidad, que contenía plantas en forma de cojín, las cuales se daban con mucha menos frecuencia allí que en las formaciones típicas altoandinas. También señaló que este pajonal microtémico contenía gramíneas altas estrechamente unidas, lo cual hacía posible distinguirla de las formaciones típicas altoandinas. Resaltó, además, que el matorral se limitaba a las partes rocosas y a los campos pedregosos, así como a las zonas bajas hacia el límite de la Ceja de Selva.

El autor apuntó que el pajonal microtémico en el norte, al que denominó *Jalca*, llegaba, en su límite inferior, hasta los 3400 msnm. Pero, a pesar de que en su mapa la distinguió –descriptivamente– de la puna (formaciones típicas altoandinas), consideraba, desde un punto de vista puramente geográfico, que sería conveniente unir ambas zonas.

Por su parte, el MINAM (2015a), distingue principalmente dos tipos de cobertura vegetal en este rango altitudinal (3000-4000 msnm) ubicadas en el norte de los Andes peruanos: el páramo y la jalca (fig. 3 y anexo 3). Con respecto al primero, se menciona que el límite sudamericano de este tipo de cobertura vegetal es la depresión de Huanca-bamba (Perú), ubicándose en la cima de las vertientes montañosas de los departamentos de Piura y Cajamarca, donde el clima es frío y con mucha neblina, pudiendo clasificar su vegetación en subunidades: subpáramo arbustivo, páramo herbáceo o de pajonal y, superpáramo; a los que se les suma parches de bosques remanentes que ocasionalmente están compuestos de *Polylepis*, *Gynoxys* y *Buddleja*. En cuanto a la jalca, ubicada en la cabecera de cuenca, se destaca como un tipo de cobertura vegetal que marca el límite entre el páramo y el pajonal andino, ubicándose en los departamentos de Cajamarca (parte sur), Amazonas y Lambayeque. Su fisionomía es parecida al pajonal andino, aunque se pueden distinguir, verticalmente, tres estratos: estrato de plantas enraizadas al suelo (líquenes, musgos, hepáticas y *Lysipomia* spp.); estrato de plantas acaules con

hojas en roseta e inflorescencia sésil (junto con arbustos con talles postrados y herbáceas rizomatosas); estrato de gramíneas macollantes altas y herbáceas dicotiledóneas erguidas (estrato con la mayor biomasa de la jalca).

Una precisión importante hace el MINAM (2015) en cuanto a este tipo de coberturas vegetales al señalar que, durante mucho tiempo, se ha confundido a la jalca con el páramo y la puna, destacando que la primera puede ser definida, más bien, como una zona transitoria con fuertes gradientes de humedad y temperatura, lo cual acentúa características de endemismo en su vegetación. Asimismo, Weberbauer (1922) y MINAM (2015) coinciden en mencionar el impacto antrópico sobre las coberturas vegetales de los Andes del norte peruano (sobre todo al páramo), destacando la quema de la cobertura con fines agropecuarios: agricultura y pastoreo, lo cual evidencia el deterioro que ha sufrido la naturaleza de esta zona a lo largo de un siglo prácticamente.

En las partes más altas de este rango altitudinal, principalmente en el Centro y Sur del país, el MINAM (2015a) destaca la presencia de dos tipos de coberturas vegetales: el bosque relicto altoandino y el bofedal. El primer tipo, se encuentra distribuido, en pequeños parches, por la región altoandina, sobre todo en terrenos montañosos con pendientes pronunciadas y muy poco accesibles. Su límite inferior llega a los 3500 msnm y el superior hasta los 4900 msnm en algunas zonas. Este bosque cubre poca superficie del país y está representado por el género *Polylepis* –localmente conocido como *queñoal*, *quenual* o *quinual*– que, en ocasiones, puede estar asociado a los géneros *Gynoxys*, y a las especies *Escallonia resinosa* y *Escallonia myrtilloides*.

Los árboles del bosque relicto altoandino, generalmente son de porte bajo y achaparrado, alcanzando como máximo alturas de hasta 10 m en las zonas más húmedas. En los estratos inferiores, se desarrollan arbustos –como *Lupinus ballianus*, *Baccharis tricuneata*– y plantas herbáceas típicas de la puna –como las de los géneros *Stipa* y *Festuca*–.

En cuanto a los bofedales, cobertura vegetal también conocida como *Oconal* o *Turbera*, MINAM (2015a) la describe como un humedal altoandino que se encuentra, a partir de los 3800 msnm, en los fondos de valles de origen fluvio-glacial, en los conos volcánicos, en las planicies lacustres, piedemonte y en las terrazas fluviales. Se caracteriza por la presencia de una vegetación herbácea hidrófila, siempre verde, compacta y con porte almohadillado o en cojín, representada generalmente por *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, *Werneria caespitosa*, *Luzula peruviana*, entre otras. Cabe precisar que los bofedales tienen variación florística dependiendo del período de humedad, así como de su ubicación altitudinal, latitudinal, y de cuenca hidrográfica: vertiente occidental u oriental, siendo mayor su composición florística en las zonas con mayor humedad.

### 3.1.2.2 Superior a los 4000 msnm

Weberbauer describió al tolar microtérmino alternando con las típicas formaciones altoandinas, sin arbustos, como una formación caracterizada por arbustos, siempre verdes y ericoides, de *Lepidophyllum quadrangulare* en la parte inferior (entre los 4000 y los 4200 msnm) y por *Lepidophyllum rigidum* en las alturas mayores (entre los 4000 y los 4900 msnm, aproximadamente). El segundo tipo de *Lepidophyllum* se distingue del primero por sus hojas, puntiagudas y salientes, que son escamas cortas ubicadas cerca de las ramas. Weberbauer señala que, debido al aspecto difuso que tienen los crecimientos altoandinos—como los cojines gruesos de *Pycnophyllum*, *Azorella* y *Merope aretioides*— por encima de los 4000 msnm, no tuvo en cuenta otras formaciones en esta zona de su mapa.

En cuanto a las formaciones típicas altoandinas, principalmente entre los 4000 y los 4600 msnm, Weberbauer señaló que abundaban plantas en forma cojín y rosetas (*Pycnophyllum*, *Azorella* y *Merope aretioides*), pudiendo encontrarse, también, algunos arbustos enanos rastreros y, muy raramente, algunos arbustos erectos. En las partes más bajas, el investigador señaló la presencia de algunas manchas dispersas de *Polylepis*, entre los 3800 y 4000 msnm, los cuales constituían las formas arbustivas más vigorosas de la región altoandina y que, de vez en cuando, formaban arbóreas enanas. Esporádicamente, Weberbauer indicó que aparecían arbustos localizados en zonas rocosas y campos pedregosos.

Por su parte, el MINAM (2015a) señala que, entre los 3800 y 4800 msnm, el pajonal andino está formado principalmente por herbazales que ocupan terrenos con distinta fisiografía: desde casi planos hasta empinados o escarpados. Asimismo, integra este tipo de cobertura vegetal en tres subunidades, fisionómica y florísticamente, diferentes:

- a) Pajonal, con alturas de hasta 60 cm, identificándose asociaciones de *Calamagrostis-Stipa*, *Festuca-Stipa* y *Stipa-Margyricarpus*.
- b) Césped de puna, con alturas de hasta 15 cm, dominado por gramíneas y gramíoides, con inclusiones de especies en forma cojín, planos o convexos, como *Aciachne pulvinata*, *Festuca peruviana*, entre otras, y con especies arbustivas como *Werneria nubigena* y *Werneria pygmaea*, entre otras.
- c) Tolar, caracterizado por la presencia de comunidades arbustivas sobre las herbáceas, principalmente en la puna del sur: Puno, Tacna, Moquegua Arequipa, Ayacucho y Apurímac, donde predominan especies resinosas como *Parastrephia lepidophylla* (tola) o arbustivas como *Senecio spinosus* o herbáceas como *Festuca rigescens* o *Stipa ichu*.

Por encima de los 4500 msnm y bajo condiciones extremas del clima, existen áreas desnudas o afloramiento rocosos con presencia de especies compactas como *Azorella* sp. o *Picnophyllum* sp.

En relación con los glaciares y la nieve perpetua, Weberbauer representó estas zonas basándose en las únicas referencias que existían al respecto en ese momento, esto es, los mapas de Sievers y Raimondi y sus propias observaciones. El investigador se cuestionó si las representó bien, ya que, en el mapa de Raimondi, por ejemplo, no se mostraban todos los glaciares como tales, señalando, por ello, que era necesario una investigación más detallada sobre su distribución. Por su parte, el MINAM (2015b), cuantifica y muestra la distribución geográfica de los glaciares y las áreas altoandinas con escasa y sin vegetación (o áreas periglaciares), sin embargo, no da mayor detalle sobre estas zonas, puesto que escapaba de su objeto de estudio: áreas con presencia de cobertura vegetal.

### 3.2. Comparación cartográfica de los mapas analizados

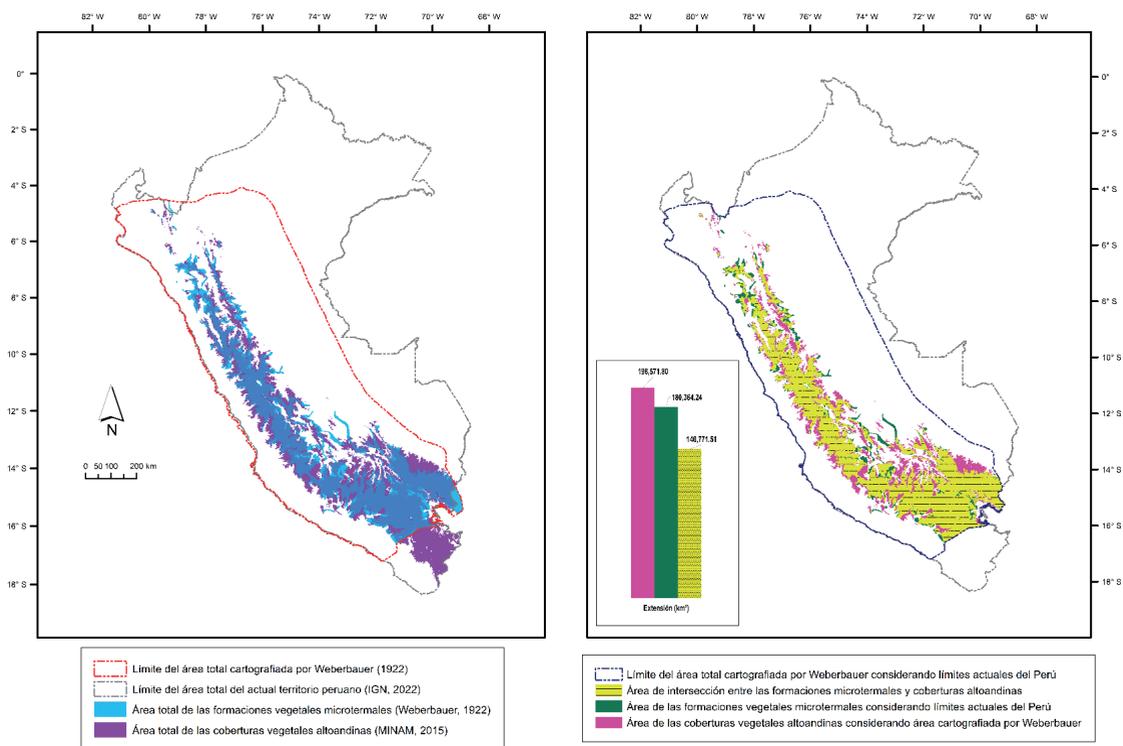
El análisis de los patrones espaciales, tanto de los factores bióticos como abióticos de la naturaleza, es uno de los principales temas de interés en diversas disciplinas científicas como la ecología, la geografía o la biología evolutiva, sobre todo el análisis de datos espacialmente explícitos, es decir, aquellos que contienen información sobre la localización en el espacio (Maestre 2006).

En ese marco, tras recorrer las tres regiones naturales del Perú a lo largo de 49 líneas de norte a sur, documentando las especies de plantas y formaciones vegetales, Weberbauer contribuyó a sentar las bases para la comprensión de la distribución espacial de las coberturas vegetales del país a través de la publicación de su mapa. La digitalización de esta obra hace posible analizar todos sus detalles, como, en este caso, las áreas de las formaciones vegetales microtermales –y la posición de las líneas de nieve actuales– y, además, permite contrastar dicha información con su situación de existencia y conservación en el momento presente (Zelada & Reynel 2023).

La tecnología ha progresado mucho desde aquella época, sobre todo si consideramos el vertiginoso progreso que la geomática y los SIG han tenido en las últimas décadas. Esto ha permitido grandes avances hacia el mayor conocimiento y entendimiento del espacio geográfico, al emplear, por ejemplo, la percepción remota –a través de la información espectral– en la descripción de la variación en el espacio de la vegetación o del paisaje, lo cual ha ayudado a la comprensión holística de los sistemas ecológicos (Cabello & Paruelo 2008). En ese sentido, con la elaboración del *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal* (2015), basado en el uso de imágenes *Landsat* del año 2011, el MINAM realizó un gran aporte al conocimiento actualizado de la cobertura vegetal del territorio peruano permitiendo, entre otros análisis, realizar estudios comparativos sobre la evolución de formaciones vegetales frágiles, a los efectos antrópicos y del cambio climático, como lo son las coberturas vegetales altoandinas (MINAM 2015a).

En la figura 4, se muestran los resultados de la estimación de la extensión de las coberturas altoandinas del territorio peruano, a través de la comparación cartográfica

entre el primer mapa de vegetación y el mapa más actual que hemos señalado. De manera general, se observa que el área de intersección entre las formaciones vegetales microtermales identificadas por Weberbauer y las coberturas vegetales altoandinas clasificadas por el MINAM, es de 140.771,51 km<sup>2</sup>.



**Figura 4.** Transposición cartográfica de la extensión y distribución de las coberturas vegetales altoandinas del Perú en dos momentos históricos precisos: 1922 y 2015 (elaboración de los autores con base en información geográfica de Weberbauer [1922], MINAM [2015a, 2015b], IGN [2022]).

Puntualizando lo mostrado en la figura 4 y considerando un área común de análisis entre los límites actuales del territorio peruano y el área cartografiada por Weberbauer, se constató que el 70,89% (140.771,51 km<sup>2</sup>) de dicha área, que actualmente tiene presencia de cobertura vegetal altoandina, había sido identificada y clasificada hace casi un siglo por Weberbauer (1922) como correspondiente a formaciones microtermales. Sin embargo, si consideramos la extensión total (220.231,71 km<sup>2</sup>) (fig. 3) que ocupan actualmente las áreas altoandinas en el territorio peruano de acuerdo al mapa elaborado por el MINAM, el porcentaje disminuye, resultando que el 63,92% de dicho territorio

coincide con lo cartografiado (e identificado) por Weberbauer como formaciones vegetales microtermales.

El análisis visual permite apreciar una gran similitud entre la silueta y distribución latitudinal de las coberturas vegetales altoandinas descritas y clasificadas por el MINAM (2015) y las áreas identificadas como formaciones vegetales microtermales por Weberbauer (1922). No obstante, se puede notar también (fig. 5) que la misma área de intersección (140.771,51 km<sup>2</sup>) es denominada de distinta manera, tanto por Weberbauer como por el MINAM. Con base en ello, la clasificación y descripción fitogeográfica del investigador alemán es más general que la realizada por el MINAM, teniéndose que por cada una de las cuatro formaciones vegetales microtermales (1922) se encuentran contenidas áreas de cada una de las coberturas vegetales altoandinas (2015).

En la tabla 3, se puede observar, por ejemplo, que el área (27.386,74 km<sup>2</sup>) denominada por Weberbauer como tolar microtérnico, en base al MINAM (2015a) se considera la mayor parte de esa categoría (82,90%) como pajonal andino. De igual forma, el área (91.976,22 km<sup>2</sup>) de intersección que Weberbauer denominó como “formaciones típicas altoandinas”, el MINAM (2015a) también la categoriza mayormente como pajonal andino (82,41%).

Algo similar ocurre con la extensión de la estepa herbácea microtérnica (16.602,44 km<sup>2</sup>) y los glaciares y la nieve perpetua (4806,11 km<sup>2</sup>) identificadas por Weberbauer, las cuales el MINAM (2015a) clasifica mayormente como pajonal andino (85,49% y 69,40%, respectivamente).

Compatibilizando lo descrito sobre la fitogeografía de las formaciones vegetales altoandinas en cada una de las cartografías analizadas, junto con visualizar de forma general la similitud que se presentan en los rasgos fitogeográficos y rangos altitudinales establecidos (tablas 1 y 2), se pueden apreciar también diferencias fitogeográficas destacadas, debido principalmente a la metodología diseñada, a la escala empleada, a la especificidad en los criterios utilizados y a los efectos, tanto antrópicos como naturales, que puedan haber sufrido las coberturas vegetales de los Andes peruanos en casi un siglo de diferencia.

En su mapa, Weberbauer no hace una diferenciación gráfica de la jalca, aspecto que la clasificación hecha por el MINAM sí resalta. Dicha clasificación diferencia incluso el páramo. Sin embargo, coinciden de gran manera en la descripción fitogeográfica al señalar, ambos autores, la presencia de plantas herbáceas y plantas en forma de cojín, junto con algunos remanentes de arbustos o parches de bosques también remanentes que se desarrollan en ambientes altamente húmedos. La principal explicación de estos contrastes descriptivos la hace el MINAM (2015a), al señalar que, históricamente, se había confundido a la jalca con el páramo y la puna, señalando que más bien la primera podría ser mejor definida como una zona de transición entre las otras dos.

**Tabla 3.** Correspondencia del área de intersección entre las formaciones vegetales microtermales (1922) y las coberturas vegetales altoandinas (2015) (elaboración de los autores).

Formación vegetal microtermal (Weberbauer 1922)	Extensión (km <sup>2</sup> )	Cobertura vegetal altoandina (MINAM 2015)	Extensión (km <sup>2</sup> )
Tolar microtérnico alternando con las típicas formaciones altoandinas, sin arbustos.	27.386,74	Bosque relicto altoandino	256,01
		Bofedal	408,12
		Pajonal andino	22.704,68
		Área altoandina con escasa y sin vegetación	3883,60
		Glaciar	134,33
Formaciones típicas altoandinas.	91.976,22	Bosque relicto altoandino	264,76
		Bofedal	3222,76
		Pajonal andino	75.795,47
		Área altoandina con escasa y sin vegetación	11.726,33
		Glaciar	966,90
Estepa herbácea (pajonal) microtérnica, siempre verde o casi siempre verde, sin o casi sin arbustos.	16.602,44	Páramo	60,78
		Jalca	195,54
		Bosque relicto altoandino	3,05
		Bofedal	322,80
		Pajonal andino	14.194,08
		Área altoandina con escasa y sin vegetación	1439,63
Los glaciares y la nieve perpetua.	4806,11	Bosque relicto altoandino	18,41
		Bofedal	235,78
		Pajonal andino	3335,23
		Área altoandina con escasa y sin vegetación	1035,55
		Glaciar	181,14

Asimismo, en cuanto a la descripción del tolar microtérmino identificado por Weberbauer, el autor es claro al señalar que, debido al aspecto difuso que presentan los crecimientos altoandinos por encima de los 4000 msnm, no consideró la descripción de otras formaciones vegetales en esa zona, basando su descripción en las dos especies de tola que consideró como base de su clasificación. Por su parte, el MINAM señala que en esta zona se pueden encontrar bofedal, bosque de relicto altoandino, pero principalmente pajonal andino. En relación con este tipo de cobertura vegetal, el MINAM (2015a) señala al tolar como una de las subunidades del pajonal andino, destacando su presencia principalmente en los departamentos de Puno, Tacna, Moquegua, Arequipa, Ayacucho y Apurímac, lo que coincide de gran manera con lo cartografiado por Weberbauer. Por lo demás, las formaciones típicas altoandinas –descritas por Weberbauer– y el pajonal andino –descrito por el MINAM– son las zonas que mayor similitud presentan tanto a nivel cartográfico como en su descripción fitogeográfica.

Una mención especial merecen los datos mostrados sobre los glaciares y la nieve perpetua, obtenidos del mapa de Weberbauer. La similitud de estos con lo reportado por el MINAM (2015a) es muy baja (3,77%), lo que podría explicarse por la alta presencia del tipo de cobertura señalado por el MINAM como área altoandina con escasa y sin vegetación o área periglacial, que seguramente, incluye áreas hoy identificadas como “morrenas” y también áreas que presentan vestigios de desglaciación. Pese a ello, estos datos pueden ayudar en los análisis contemporáneos sobre cambio climático y desglaciación. Por ejemplo, considerando los resultados del estudio recientemente publicado por Turpo y colaboradores (2022) donde, en base a imágenes satelitales *Landsat*, se estimó que la extensión de los glaciares peruanos pasó de 1743,45 a 1025,29 km<sup>2</sup>, entre 1990 y 2020, se puede aproximar una referencia temporal de prácticamente un siglo sobre el deterioro de la cobertura glaciar en el Perú: 5375,93 km<sup>2</sup> en 1922, 1932,07 km<sup>2</sup> en 2015, y 1025,29 km<sup>2</sup> en 2022.

### 3.3. Apuntes sobre la precisión y relevancia de los resultados

Como destaca Maestre (2006), desde la primera mitad del siglo XX se comprendió que no era aleatoria la distribución de los organismos en el espacio (entre ellos, las plantas), sino, más bien, respondía a la presencia de determinadas condiciones ambientales y a la ocurrencia de distintos procesos ecológicos. Por ello, analizar la cartografía histórica –valiosa fuente de datos geográficos– mediante el empleo de los actuales métodos de los SIG, contribuye a resolver diversos tipos de consulta (Ruiz et al. 2014), como la realizada en este caso sobre la extensión de la vegetación altoandina del Perú en dos momentos históricos precisos.

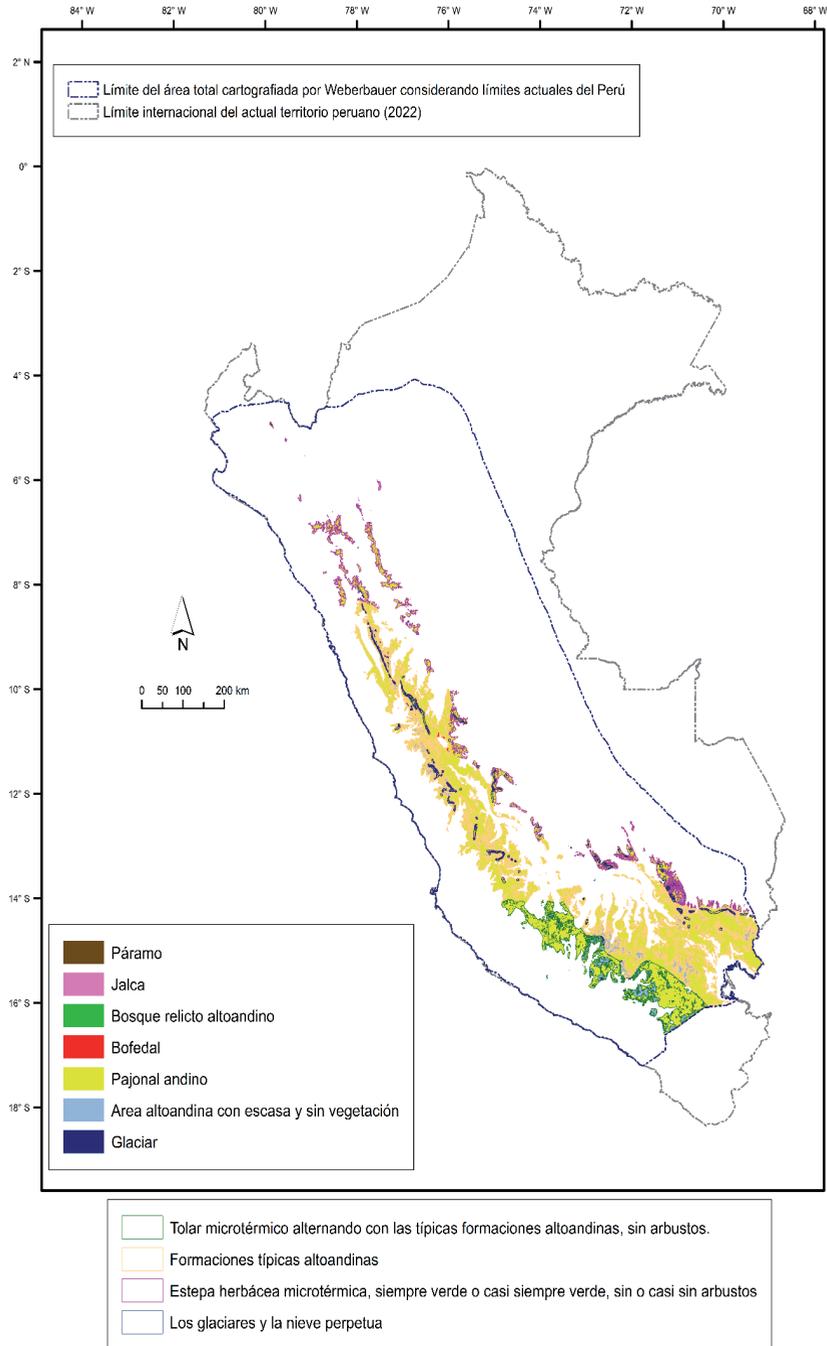


Figura 5. Mapa con la correspondencia del área de intersección entre las formaciones vegetales microtermales (1922) y las coberturas vegetales altoandinas (2015) (elaboración de los autores con base en Weberbauer [1922], MINAM [2015a; 2015b]).

Es importante aclarar que no existe un método único para analizar el contenido de un mapa histórico y antiguo; dependerá de la línea temática, los objetivos planteados y de las capacidades de procesamiento en SIG (Gantiva & Romero 2015). En ese sentido, en la revalorización de ese tipo de mapas, la georreferenciación es un paso muy importante, ya que permite determinar la posición de un elemento en un sistema de referencia espacial a través del establecimiento de una serie de puntos de control (Álvarez-Rogel & Conesa 2018). De igual forma, la digitalización es otro proceso importante, que permite analizar y localizar información histórica y temática organizándola en tablas de atributos, a través de la reproducción de tal cartografía en un archivo digital que contenga información vectorial (Solanas-Jiménez 2018), permitiendo hacer consultas y diversos tipos de análisis espaciales-temporales (Cascón-Katchadourian et al. 2020).

Como regla general, cuanto más antiguo es un mapa, mayor será la distorsión que presenta con respecto a la cartografía actual, y también será mayor su nivel de abstracción en la representación. Con base en lo expuesto, el valor del error cuadrático medio obtenido (0,0067) en la georreferenciación al emplear 13 puntos de control (anexo 1), el tipo de transformación *Adjust*, y el algoritmo de muestreo del vecino más cercano, resulta ser un valor bastante aceptable pese a la antigüedad del mapa fitogeográfico de Weberbauer, ya que se recomienda que el error no sea mayor a la unidad del tamaño de pixel de resolución de la imagen digital analizada (Álvarez-Rogel & Conesa 2018).

Si bien se pueden mejorar los resultados de la georreferenciación a través del aumento de puntos de control, buscando disminuir el error cuadrático medio, se debe evitar al máximo deformar el mapa, ya que eso puede alterar su historia (Crespo 2013). Además, en cada manipulación de datos e información geográfica se va a incorporar algún tipo de error humano y, lo realmente importante, no es reducir a “cero” el error y la distorsión, sino ubicar lo más fidedignamente posible la cartografía antigua e histórica, ya que este tipo de mapas son una imagen de su tiempo y del contexto en que se elaboraron. Así, para la digitalización, proceso cuya precisión está enlazada con la georreferenciación, se pudieron realizar acercamientos para hacer el trazado lo más “céntrico” posible gracias a que la imagen original tenía una buena calidad de resolución. Sin embargo, tal vez el principal obstáculo al digitalizar fue que en el mapa original la simbología de las formaciones vegetales tenía una paleta de colores reducida, que constaba principalmente de amarillo, verde claro, rojo y negro. Por lo tanto, se hizo laborioso reconocer con rapidez el tipo de formación vegetal que se estaba digitalizando.

Sin dudas, fue muy importante que el mapa fitogeográfico de Weberbauer esté basado en el *Mapa del Perú* de A. Raimondi (uno de los mapas mejor elaborados del Perú de fines del siglo XIX), ya que lo convierte en un producto de vanguardia para su tiempo, y hace que todos los análisis espaciales derivados de su información puedan ser consultados y utilizados con alta confiabilidad para estudios comparativos o referenciales en la actualidad. Es el caso del que se ha llevado a cabo en este estudio,

que contrastó las coberturas vegetales altoandinas identificadas en el primer mapa de vegetación del Perú con las clasificadas en la cartografía más actual en la temática. Ambos mapas fueron elaborados con recursos humanos, tecnologías, métodos y en escenarios históricos-cartográficos muy diferentes y distantes (casi 100 años), pero tienen una gran semejanza, tanto en las extensiones estimadas, como en la descripción fitogeográfica realizada.

#### 4. CONCLUSIONES

Teniendo en consideración lo mencionado en el primer mapa fitogeográfico del Perú (1922), se tiene un área estimada para el conjunto de las cuatro formaciones vegetales microtermales (con temperatura promedio entre 15° y 8° C) de los Andes peruanos de inicios del siglo XX de 183.445,31 km<sup>2</sup>, de menor a mayor:

- Los glaciares y la nieve perpetua: 5375,93 km<sup>2</sup>.
- Tolar microtérmico alternando con las típicas formaciones altoandinas, sin arbustos: 32.042,67 km<sup>2</sup>.
- Estepa herbácea (pajonal) microtérmica, siempre verde o casi siempre verde, sin o casi sin arbustos: 32.890,81 km<sup>2</sup>.
- Formaciones típicas altoandinas: 113.135,89 km<sup>2</sup>.

Estos datos pueden ser utilizados con alta confiabilidad, ya que el valor del error cuadrático medio obtenido en la georreferenciación (0,0067) resultó bastante aceptable –menor a la unidad del tamaño del pixel de resolución de la imagen digital analizada–, pese a que el mapa fue elaborado hace casi 100 años.

Revalorizar un trabajo tan importante como dicho mapa histórico demandó un esfuerzo no solo en lo concerniente a los procesos de georreferenciación y digitalización propiamente dichos, sino también en los esfuerzos previos de acopio de toda la información contextual. Esto ha servido para realizar, posteriormente, un análisis de comparación cartográfica completo y científico entre el primer mapa de vegetación del Perú y el mapa más actual en este tema. El resultado general de dicha comparación es que el 63,93% del territorio que actualmente ocupan las coberturas vegetales altoandinas en el Perú coincide con el área cartografiada e identificada por Weberbauer como formaciones vegetales microtermales.

En síntesis, estos hallazgos constituyen una valiosa fuente de información geográfica, pues permiten superponer y realizar de una forma más visual e interactiva, aproximaciones comparativas (con alta confiabilidad) sobre los cambios en el tiempo de las formaciones vegetales altoandinas del Perú, las que actualmente enfrentan una fuerte presión, tanto por los avances antrópicos, como por los efectos del cambio climático.

## REFERENCIAS

- Álvarez-Rogel, Y. & C. Conesa 2018. Georreferenciación de documentos cartográficos históricos para el análisis del trazado fluvial del bajo Segura, Vega Media (Murica, España). *Geofocus* 21: 101-118. <https://doi.org/10.21138/GF.536>
- Basadre, J. 2014a. *Historia de la República del Perú [1822-1933]. Segundo período: la falaz prosperidad del guano [1842-1866]*. Lima: Producciones Cantabria S.A.C.
- Basadre, J. 2014b. *Historia de la República del Perú [1822-1933]. Tercer período: la crisis económica y hacendaria anterior a la guerra con Chile [1864-1878]*. Lima: Producciones Cantabria S.A.C.
- Basadre, J. 2014c. *Historia de la República del Perú [1822-1933]. Quinto período: el comienzo de la reconstrucción [1884-1885]*. Lima: Producciones Cantabria S.A.C.
- Cabello, J & J. M. Paruelo 2008. La teledetección en estudios ecológicos. *Ecosistemas* 17 (3): 1-3. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/77> [consultado: 28-11-2023].
- Carbonel, A. 2018. *El Mapa del Perú de Antonio Raimondi. La resistencia del Paisaje*. Tesis de Magíster en Historia del Arte y Curaduría, Escuela de Posgrado, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13297> [consultado: 28-11-2023].
- Cascón-Katchadourian, J. D., A. Ruiz & A. Quesada 2018. Georreferenciación y publicación Web de cartografía antigua en sistemas de información geográficos: requisitos para su evaluación y estudios de caso. *Revista General de Información y Documentación* 28 (1): 193-212. <https://doi.org/10.5209/RGID.60810>
- Cascón-Katchadourian, J. D., J. Alberich-Pascual & A. Quesada-Román 2020. Revisión y sistematización del proceso de digitalización y publicación de cartografía antigua en medios digitales. *Investigación Bibliotecológica* 34 (83): 13-35. <https://doi.org/10.22201/iibi.24488321xe.2020.83.58137>
- Crespo, A. 2013. Herramientas y metodología para el análisis de mapas antiguos. *Tiempos modernos* 26 (1): 1-29. <http://www.tiemposmodernos.org/tm3/index.php/tm/article/view/335/378> [consultado: 28-11-2023].
- Gantiva, S. & S. Romero 2015. *Digitalización y análisis cartográfico de la Carta Corográfica del Municipio de Santander elaborado por el General Agustín Codazzi por orden del Gobierno en el año de 1858*. Tesis para optar al título de Tecnólogo en Topografía, Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/2345> [consultado: 28-11-2023].
- Maestre, F. 2006. Análisis y modelización de datos espacialmente explícitos en Ecología. *Ecosistemas* 15 (3): 1-6. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas%20/art%20icle/view/157> [consultado: 30-11-2023].

- Ministerio del Ambiente del Perú 2015a. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Geoservidor. <https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> [consultado: 28-11-2023].
- Ministerio del Ambiente del Perú 2015b. *Mapa Nacional de Cobertura Vegetal*. Geoservidor. <https://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> [consultado: 28-11-2023].
- Olaya, V. 2014. *Sistemas de Información Geográfica*. Github. <https://volaya.github.io/libro-sig/> [consultado: 28-11-2023].
- Palacios, S. & C. Reynel 2011. *Una formación vegetal subxerófila en el valle de Chanchamayo, Dp. de Junín*. Lima: Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ruiz, A., F. Dávila, A. Aristegui & J. Sánchez 2014. Digitalización y difusión de cartografía en el Servicio de Documentación del Instituto Geográfico Nacional (IGN). *Revista Catalana de Geografia* 19 (50): 1-7. <http://www.rcg.cat/articles.php?id=323> [consultado: 28-11-2023].
- Solanas-Jiménez, J. 2018. Tratamiento de cartografía histórica para el análisis de la forma urbana en sistemas de información geográfica. *Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales* 23 (1): 1-16. <http://www.ub.edu/geocrit/b3w-1225.pdf> [consultado: 28-11-2023].
- Turpo, E., M. Borja, R. Espinoza-Villar, N. Moreno, R. Camargo, C. Almeida, K. Hopfgartner, C. Yarleque & C. Souza 2022. Mapping Three Decades of Changes in the Tropical Andean Glaciers Using Landsat Data Processed in the Earth Engine. *Remote Sensing* 14 (9): 1-21. <https://doi.org/10.3390/rs14091974>
- Weberbauer, A. 1922. Die Vegetationskarte der peruanischen Anden zwischen 5° und 17° S. *Petermanns Geographische Mitteilungen*, 68: 89-122. [https://zs.thulb.uni-jena.de/receive/jportal\\_jparticle\\_00510934](https://zs.thulb.uni-jena.de/receive/jportal_jparticle_00510934) [consultado: 28-11-2023].
- Weberbauer, A. 1936. *Flora of Peru*. Chicago: Field Museum of Natural History. [https://openlibrary.org/books/OL13496463M/Flora\\_of\\_Peru](https://openlibrary.org/books/OL13496463M/Flora_of_Peru) [consultado: 28-11-2023].
- Weberbauer, A. 1945. *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos. Estudio Fitogeográfico*. Lima: Estación Experimental Agrícola de la Molina. <https://bibdigital.rjb.csic.es/records/item/9502-redirect> [consultado: 28-11-2023].
- Zelada, H. & C. Reynel 2023. *Augusto Weberbauer Adamczyk, el padre de la Fitogeografía peruana y su Mapa de la vegetación del Perú*. Lima: Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## ANEXOS

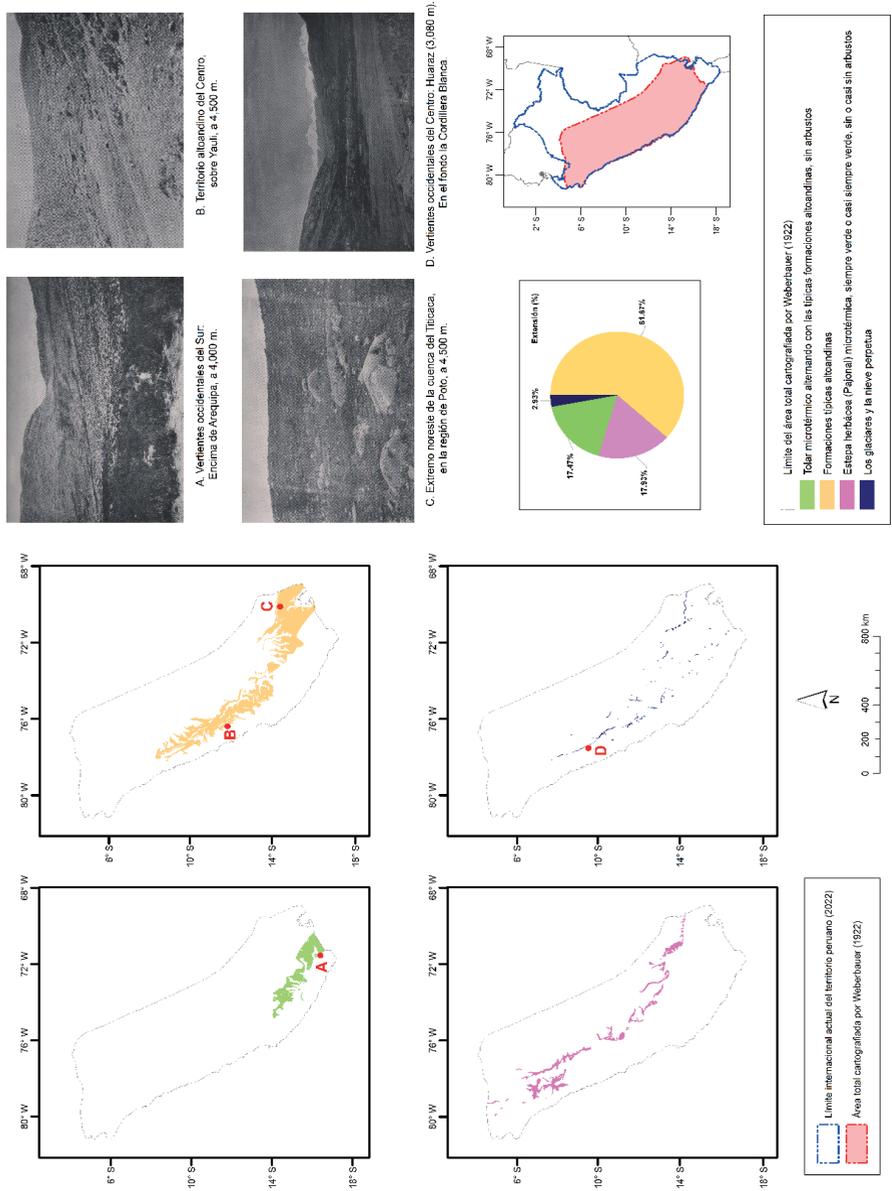
### Anexo 1

Puntos de control utilizados para la georreferenciación del mapa fitogeográfico (elaboración de los autores con base en Weberbauer [1922]).

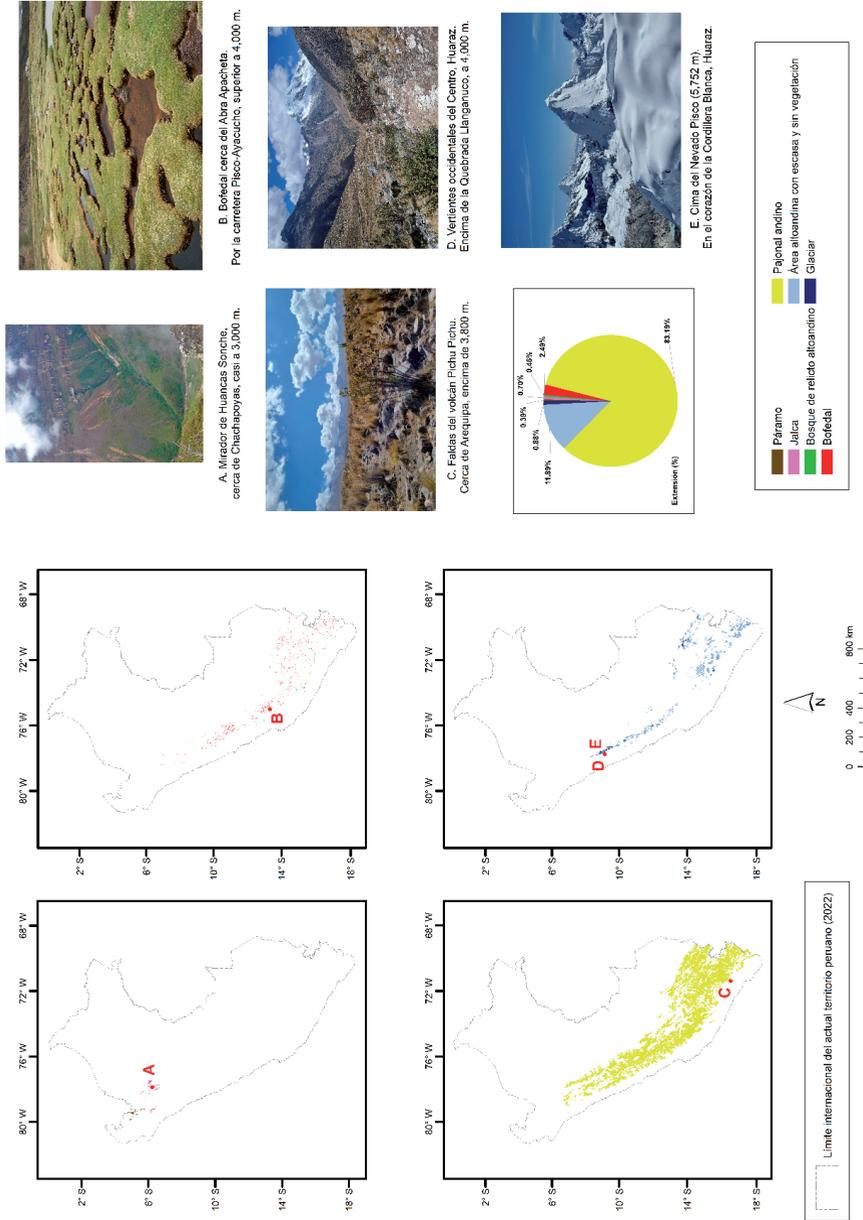
N° Punto de Control	Coordenadas geográficas		N° Punto de Control	Coordenadas geográficas	
	Longitud (°)	Latitud (°)		Longitud (°)	Latitud (°)
PC 1	81	5	PC 8	75	14
PC 2	69	15	PC 9	77	13
PC 3	77	3	PC 10	79	10
PC 4	78	7	PC 11	80	8
PC 5	74	8	PC 12	76	15
PC 6	72	10	PC 13	75	10
PC 7	74	17			

Anexo 2

Extensión y distribución geográfica por cada formación vegetal microtermal de los Andes peruanos de inicios del siglo XX (elaboración de los autores con base en Weberbauer [1922]; fotografías de Weberbauer [1945]).



**Anexo 3**  
 Extensión y distribución geográfica por cada cobertura vegetal altoandina del Perú de inicios del siglo XXI (elaboración de los autores con base en MINAM [2015]); fotografías de los autores)



*Espacio y Desarrollo* N° 40, 2023, pp. 114-117 (e-ISSN 2311-5734)  
<https://doi.org/10.18800/espacioydesarrollo.2023.005>

RESEÑA DE *Planificación regional y ordenación territorial: visiones contemporáneas de España y México*, de Javier Delgadillo, Andreas Hildenbrand & Rubén Garrido (Coords.)

Zaniel I. Novoa Goicochea  
<https://orcid.org/0000-0002-4347-5554>  
Pontificia Universidad Católica del Perú  
znovoa@pucp.edu.pe

Delgadillo, J., A. Hildenbrand & R. Garrido 2021 (Coords). *Planificación regional y ordenación territorial: visiones contemporáneas de España y México*. Madrid-Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica. ISBN: 978-84-375-0810-8.

Este interesante libro llegó en una coyuntura muy especial caracterizada por la presencia de la pandemia de COVID 19. La obra nos ayuda a retomar nuestros hábitos de lectura y nos brinda la oportunidad de actualizar algunos conocimientos sobre temas de interés.

Esta obra se propone ponernos al día sobre los avances y dificultades que se presentan en México y España en materia de planificación regional y ordenación del territorio. Es un trabajo colectivo, con participación de 11 autores, en el que destacan expertos, investigadores y funcionarios públicos con una amplia experiencia de gestión, procedentes de diferentes disciplinas que, con una visión crítica, nos muestran la trayectoria que estas materias han tenido en el período reciente en ambos países.

El libro, de 454 páginas debidamente ilustradas, se divide en dos bloques, los que hacen referencia a las experiencias que han tenido lugar en estos países en las materias citadas que, como señala Andreas Hildenbrand en su presentación, tienen una visión integrada del territorio. Políticas “hermanas” las denomina Hildenbrand, en que la primera ha puesto siempre su acento en el desarrollo económico regional, mientras que la segunda está más ocupada en la ordenación de los usos y el establecimiento del modelo territorial. El autor estima que las diferencias entre ambas no están tan claras y sostiene que se está produciendo una convergencia de dichas políticas en varios países de Europa, pero la realidad es que, como la propia lectura de la obra lo muestra, no parece que esta aproximación tenga lugar en los dos países analizados.



Debemos decir que la ordenación territorial y la planificación regional no tienen las mismas connotaciones y contenidos en ambos países, por cuanto presentan diferencias que conviene separar y analizar en sus propios contextos para evitar confusiones. Esta obra, nos presenta la evolución y el estado de la cuestión de estas materias en las respectivas naciones.

El primer bloque se refiere al caso español y muestra claramente esta desconexión entre planificación regional y ordenación del territorio. Si antes de la Constitución de 1978, en un estado fuertemente centralizado, se hicieron algunos intentos –al modo francés– de aunar ambas materias en los Planes de Desarrollo, y si la Ley del Suelo de 1975 trató con los Planes Directores Territoriales de Coordinación de consolidar esta integración, bien pronto la creación del Estado de las Autonomías y la descentralización competencial arribó este planteamiento. Este es el punto de partida del primer capítulo, en el que Andreas Hildenbrand expone la experiencia española en un Estado ya descentralizado. El autor fija esta trayectoria en el marco de la experiencia europea, lo que le sirve de contraste para marcar las discordancias y los puntos de encuentro con otros países de nuestro entorno. El capítulo sitúa bien el estado de la cuestión. Hildenbrand, mostrando la diferencia de profundidad entre ambos países, pone en evidencia un aspecto esencial como es la inexistencia en España de una legislación estatal que regule de forma básica la ordenación territorial, a diferencia de lo que sucede en México.

Por su parte, Joaquín Farinós señala que la ordenación territorial es una política de las Comunidades Autónomas (CC. AA.) las que han mantenido su separación de la planificación regional debido a que la ordenación territorial es esencialmente una política de ordenación de usos, aun cuando en algunos casos haya integrado la planificación territorial, como fue la Estrategia Territorial de Navarra (2005). En la actualidad, difícilmente sería posible esa integración entre ambas materias, que Farinós considera imprescindible para afrontar los nuevos retos, entre ellos el cambio climático. Para el autor, la ordenación territorial debe ser más estratégica, flexible y con una visión más integrada.

Julián Mora, Jacinto Garrido y Manuel Díaz nos proporcionan una oportuna visión de las políticas sectoriales de incidencia territorial y su relación con la ordenación territorial, de la misma manera que Juan Raposo lo hace en relación con el urbanismo, poniendo este de manifiesto la problemática coordinación que se produce entre ambas materias a pesar del carácter supraordenador de la ordenación territorial.

A partir de esta visión general se incluye el capítulo escrito por José Antonio Segrelles que desciende al análisis concreto del proceso de creación de un parque natural agrario, mostrando la aplicación concreta de una política de ordenación territorial que trata de compatibilizar la práctica de la actividad agraria con la conservación del medio ambiente.

La primera parte de la obra culmina con una visión de la planificación regional en el marco de la política comunitaria de cohesión, en la que Tomás Mancha,

Rubén Garrido y María Teresa Gallo se preguntan si la política regional debe ser una política de la Unión Europea, en tanto que la preocupación por la recuperación en términos macroeconómicos cuestiona esa atención a las disparidades regionales y la aplicación de numerosos recursos a este objetivo y muestra la tendencia a volver a una orientación más nacional de esta política, cuestión que está en la base de negociación del Marco Financiero Plurirregional 2021-2027. Los autores hacen un repaso acerca de la evolución de la política regional analizando su impacto, mostrando las tensiones entre cohesión y competitividad hoy existentes y señalando los desafíos a los que se enfrenta la política regional europea.

En el segundo bloque se presenta la experiencia mexicana, la que muestra significativas diferencias con España, tanto por la configuración político-administrativa del Estado, con amplias competencias de las entidades federativas, como porque la política regional no está condicionada como se ha mencionado para el caso español.

José Gasca presenta un esclarecedor recorrido de la política regional y de ordenación territorial desde los años 70 a la actualidad, explicando los cambios de enfoque que han marcado su devenir. El análisis da cuenta de la evolución hasta la situación actual con la aprobación, en 2016, de la Ley General de Asentamientos Humanos, Desarrollo Urbano y Ordenamiento Territorial (LGAHDUOT) y explicita los retos institucionales que en la actualidad se plantean para abordar el futuro de la gestión territorial.

En el siguiente capítulo, Adrián Aguilar expone las transformaciones que tienen lugar en el país, ofreciendo al lector el contexto y las claves en las que situar el nacimiento de la Ley de Asentamientos Humanos en 1976 y las dos reformas que la misma ha sufrido. Aguilar analiza los contenidos esenciales de esta Ley y sus modificaciones, poniendo especial atención a la reforma de 2016, concluyendo con una exposición de las carencias y debilidades que, a juicio del autor, tiene la norma señalando como la separación del medio ambiente a un organismo diferente le resta eficacia a la ordenación territorial.

Tras estos capítulos, el libro se adentra en el análisis de la planificación regional mexicana, que Mario Carrillo estima como una tarea pendiente. El planteamiento sostiene que la planificación ha sido incapaz de revertir el desequilibrio regional de dicho país. En el capítulo se presenta la planificación regional destacando sus principales políticas y los diferentes enfoques efectuados y concluye con la necesidad de una reforma constitucional que asegure la planificación regional.

Por su parte, Felipe Torres señala la necesidad de reconceptualizar el desarrollo regional. El autor explora las distintas aproximaciones que se han realizado en el país acerca de la cuestión regional, explica el papel de la planificación regional en el proceso de desarrollo de México y reivindica la necesidad de un cambio de modelo planteando una nueva agenda, que expresa en un conjunto de 21 directrices para orientar este cambio.

La obra culmina con el capítulo de Javier Delgadillo, quien enfatiza la descoordinación interinstitucional existente para poder establecer el modelo territorial,

lo que propicia la primacía de las políticas sectoriales. El autor destaca también la separación y descoordinación entre la planificación urbano-territorial y la ambiental, pero subraya que en materia de planificación regional se pueden observar algunos resultados exitosos, tanto desde el ámbito nacional como subregional, exponiendo casos ilustrativos. El capítulo finaliza con un conjunto de recomendaciones para el desarrollo de una política de dimensión regional y territorial.

Considero que la obra nos ofrece una amplia perspectiva del estado de la cuestión de las políticas de planificación regional y ordenamiento territorial que han implementado tanto España como México. Además, nos brinda un análisis de su desarrollo y una evaluación de sus resultados que seguramente será de utilidad para todos aquellos profesionales interesados en estas materias.

Javier Delgadillo Macías es doctor en geografía e investigador titular del Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) en México, actualmente con el nivel dos. Sus principales líneas de investigación son desarrollo económico regional, planificación territorial y desarrollo rural.

Andreas Hildenbrand Scheid es doctor por la Universidad de Sevilla y licenciado en Geografía y Ciencias Políticas por la Universidad de Heidelberg. Como funcionario de la Junta de Andalucía y profesor asociado en el Departamento de Urbanística y Ordenación del Territorio de la ETS de Arquitectura de la Universidad de Sevilla tiene una dilatada experiencia profesional en la ordenación del territorio como política pública reflejada también en numerosas publicaciones.

Rubén Garrido Yserte es doctor en Economía y, en la Universidad de Alcalá, director del Instituto Universitario de Análisis Económico y Social y profesor titular de Economía Aplicada del Departamento de Economía y Dirección de Empresas. Coordina el grupo de investigación Análisis Económico Territorial y Políticas Públicas. Sus investigaciones se centran en las desigualdades territoriales, los cambios socioeconómicos derivados de la globalización y digitalización y los retos para las políticas públicas al tomar en cuenta el territorio.

## ARTÍCULOS

Un bosque urbano en el desierto: conservación de la biodiversidad en Lima, Perú

*Giancarlo Orellana, Maricel Móstiga, Carlos Bulnes,  
Julio Gamarra, Luisa Morales & Rocío Yancee*

Microplásticos en sedimentos fluviales en la cuenca baja del río Rímac, Perú

*Raúl Huanaco & Nadia Gamboa*

¿Cuál es el efecto del rol de las mujeres rurales  
sobre la adecuada cloración del agua? Evidencia para el caso peruano

*Marisela Sotelo & Waldir Arias*

Estimando y contrastando la extensión de las formaciones vegetales  
microtermales del Perú de inicios del siglo XX

*Humberto Zelada & Carlos Reynel-Rodríguez*

## RESEÑA

*Planificación regional y ordenación territorial: visiones contemporáneas de España y México,*

Javier Delgadillo, Andreas Hildenbrand & Rubén Garrido, coordinadores

*Zaniel Novoa*