

Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú)

Floristic diversity, plant communities and conservation proposals of the riparian forest in the Chili River (Arequipa, Peru)

Daniel B. Montesinos-Tubée

Naturalis Biodiversity Centre, Botany Section, National Herbarium of The Netherlands, Herbarium Vadense. Darwinweg 2, 2333 CR Leiden, The Netherlands. Instituto Científico Michael Owen Dillon, Av. Jorge Chávez 610, Cercado, Arequipa, Perú. Instituto de Ciencia y Gestión Ambiental de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Calle San Agustín 108, Arequipa-PERÚ

Email para correspondencia: dbmtperu@gmail.com

Hernando Núñez del Prado

Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional de Moquegua (UNAM), Moquegua, PERÚ

Brian J. Toni Bustamante

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, PERÚ

Erik M. Álvarez Tejada

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, PERÚ

Alejandra Borgoño Lozada

Escuela Profesional de Arquitectura. Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil y del Ambiente. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, PERÚ

Jorge Zegarra Flores

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola. Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas. Universidad Católica de Santa María, Arequipa, PERÚ

Guillermo Gutiérrez Paco

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Sede Arequipa. Calle Federico Torrico C-28, Arequipa, PERÚ

Mónica Maldonado

División de Ecología Vegetal – CORBIDI, Lima, PERÚ

María del Pilar Rodríguez Moscoso

Blanco Encalada 1723, Región Metropolitana, Santiago de Chile, CHILE

Gilbert C. Riveros Arteaga

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. ATFFS Moquegua-Tacna. PERÚ

Dora Guillén Tamayo

Carrera de Arquitectura. Universidad Tecnológica del Perú (UTP). Arequipa, PERÚ



Resumen

Se estudió la diversidad florística del monte ribereño del río Chili a lo largo del cauce que atraviesa la ciudad de Arequipa (provincia y departamento de Arequipa) en los distritos de Alto Selva Alegre, Cayma, Yanahuara, Cercado, Sachaca, Tiabaya y Uchumayo. Se seleccionaron 45 áreas de muestreo donde se identificaron 245 especies de flora (Magnoliophyta y Pteridophyta) divididas en 177 géneros y 66 familias. Se describe una alianza y dos asociaciones como nuevas unidades sintaxonómicas según la escuela fitosociológica de Braun-Blanquet y clasificadas mediante el software TWINSpan. La diversidad de especies endémicas se da en zonas de afloramientos rocosos donde el valle es más estrecho o encañonado, mientras que la diversidad de especies nativas se da a lo largo de todo el cauce; sin embargo, la presencia de especies introducidas es más elevada en la parte media del tramo del río que cruza la ciudad. La correlación entre variables ambientales y especies florísticas con respecto a las localidades de muestreo se evaluó mediante el software Canoco 5.0. Asimismo, se ha realizado una evaluación de tendencia en caso de inundación por aumento de caudal del río y cuán afectado podría verse el monte ribereño, como lo ocurrido en los años 1989, 1999 y 2012. En referencia a conservación, se sugiere la preservación de los ecosistemas fluviales y terrestres coexistentes en el tramo urbano y conllevar a un desarrollo sostenible para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Los diferentes procesos de planificación y gestión dentro de la cuenca del río Chili requieren de una autoridad autónoma que pueda señalar las líneas de acción, evaluación continua, seguimiento y que incluya en los programas la participación activa de los ciudadanos, y conduzca y perfeccione los planes de gestión y de conservación del monte ribereño a mediano y largo plazo.

Palabras clave: monte ribereño, fitosociología, florística, conservación, provincia de Arequipa, Perú.

Abstract

The floristic diversity of the riparian forest of the Chili River along the riverbed that crosses the city of Arequipa (province and department of Arequipa) in the districts of Alto Selva Alegre, Cayma, Yanahuara, Cercado, Sachaca, Tiabaya and Uchumayo was studied. Forty-five sampling areas were selected where 245 species of flora (Magnoliophyta and Pteridophyta), divided into 177 genera and 66 families, were identified. An alliance and two associations are described as new syntaxonomic units according to the Braun-Blanquet phytosociological school and classified using the TWINSpan software. The diversity of endemic species occurs in areas of rocky outcrops where the valley is narrower or encased, while the diversity of native species occurs along the entire riverbed. However, the presence of introduced species is higher in the middle part of the portion of the river that crosses the city. The correlation between environmental variables and floristic species with respect to the sampling locations was evaluated using the Canoco 5.0 software. Likewise, a trend assessment in case of flood due to increase in river flow has been carried and how it could affect the riparian forest, as happened in 1989, 1999 and 2012. In reference to conservation, it is suggested to preserve the fluvial and terrestrial ecosystems coexisting in the urban section and to lead to a sustainable development to improve the quality of life of the inhabitants. The different planning and management processes within the Chili river basin require an autonomous authority that could indicate the lines of action, continuous evaluation, monitoring and that include in the programs the active participation of citizens, and conduct and enhance the management and conservation plans of the riparian forest in the medium and long term period.

Keywords: riparian forest, phytosociology, floristics, conservation, Arequipa Province, Peru.

Citación: Montesinos-Tubée, D.; H. Núñez; B. Toni; E. Álvarez; A. Borgoño; J. Zegarra; G. Gutiérrez; M. Maldonado; M. Rodríguez; G. Riveros & D. Guillén. 2019. Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú). *Arnaldoa* 26 (1): 97 - 130. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26106>

Introducción

A nivel mundial, el estudio sobre la relación entre el paisaje, factores ambientales, actividades antrópicas y comunidades vegetales es de gran importancia. En especial de la vegetación asociada a ríos en lugares cercanos a ciudades o centros poblados (Malvárez, 1997; Moll, 1981). Cabe resaltar que los ríos con un desarrollo equilibrado prestan una serie de servicios ecosistémicos (Almeida *et al.*, 2007) como: abastecimiento agua (para la población, la agricultura, actividades extractivas y biodiversidad), de regulación (recarga de acuíferos, prevención de inundaciones y control de la erosión de los suelos), y podemos agregar servicios culturales, entre otros. Estos servicios son indispensables para la permanencia y el desarrollo de la población, y dependerán de las características propias de cada sistema.

Las cuencas de los valles áridos del Pacífico en la costa sur-peruana poseen un variado conjunto de hábitats (Montesinos-Tubée & Mondragón, 2014), entre los que resaltan las lomas costeras y los valles áridos por donde discurren ríos que nacen de las cordilleras por encima de los 3000 msnm (Whaley *et al.*, 2010). Estas características permiten que la diversidad y riqueza de especies en comunidades vegetales a lo largo de monte ribereño varíe considerablemente (Nilsson *et al.*, 1989; Montesinos-Tubée & Mondragón, 2014).

Sin embargo, en el Perú existen pocos estudios que traten la vegetación de los márgenes de los ríos en las vertientes del Pacífico, y más aun de la relación entre el paisaje y factores ambientales de comunidades vegetales. Podemos mencionar el trabajo de Dourojeanni

(1973) realizó un amplio estudio sobre las consecuencias negativas que traen consigo los fenómenos naturales como huaycos e inundaciones en los ecosistemas de monte ribereño afectando seriamente la agricultura y poblaciones instaladas cerca de los márgenes de ríos. La investigación de Calla (2010) en la cuenca del río Rímac (Lima), sobre la gestión ambiental en cuencas ribereñas, con resultados que definen la problemática de la contaminación como el deterioro de agua y suelos y disminución de productividad agrícola y minera. Trabajos específicos en fitosociología que tratan el monte ribereño en Perú han sido abordados por Galán de Mera (2005), Galán de Mera *et al.* (2012) en el centro y sur del Perú, y Montesinos-Tubée & Mondragón (2014) en la cuenca del río Acarí, Provincia de Caravelí, Arequipa.

La situación es particularmente crítica en Arequipa, la segunda ciudad más poblada del país, con más de un millón de habitantes (INEI, 2017), cuyo centro histórico ha sido reconocido por la UNESCO como Patrimonio Cultural de la Humanidad (WCH Nomination Documentation 2000). La ciudad y la agricultura asociada dependen del río Chili, pero a la vez, la mayor parte de los desechos regresan al mismo río, contaminándolo. Hace aproximadamente 25 años el crecimiento de la ciudad y por lo tanto el aumento de actividades industriales, y la inmigración creciente y descontrolada, dieron lugar al crecimiento desordenado de las zonas urbanas. Los servicios (hoteles) y centros de entrenamiento y recreacionales (clubes) no previeron la gestión de sus efluentes (aguas servidas); los diferentes orígenes de la contaminación, los residuos domésticos y efluentes sanitarios y urbanos llegaban al curso de agua, contaminándolo y rom-

piendo su equilibrio.

Sin embargo, existe un gran vacío de información biológica, y de cómo las actividades antrópicas están afectando a la flora del monte ribereño y a la calidad de vida de la población. El ecosistema fluvial con un desarrollo equilibrado brindaría importantes servicios, lo que justifica restaurar el monte ribereño y gestionar el curso fluvial. Esto sería de singular importancia para la conservación de la biodiversidad y para la recuperación de los servicios ambientales de este corredor que serviría para articular la parte urbana con la parte semi-rural.

Entre los trabajos previos en la cuenca del río Chili resaltan el de Díaz-Choque (2006) sobre representatividad florística y vegetal, y de Fernández de Vizcardo (2006) y Llanque (2004) donde se determinó que en la cuenca, se presentan gran cantidad de contaminantes de origen físico y químico.

En el presente estudio, se evaluó la vegetación (asociaciones, composición y abundancia, especies amenazadas y endémicas) de los flancos del río Chili (Campaña Arequipeña) así como variables ambientales (en especial las relacionadas con alteraciones antrópicas), para determinar el estado de la flora del lugar y su relación con dichas variables. De esta forma se busca resaltar la importancia del monte ribereño del río Chili, para la conservación de la diversidad y para la ciudad de Arequipa, así como el estado actual de la flora y la contaminación.

Cabe resaltar que las condiciones ambientales llevan a un posible afirmamiento que el calentamiento global está causando un cambio gradual en la presencia de especies nativas y endémicas, favoreciendo la rápida adaptación de diversas especies invasoras, causando

desbalances en las comunidades biológicas (Pauli *et al.*, 2007). Por esta razón, caracterizar las comunidades biológicas, e identificar refugios de especies endémicas y amenazadas es de gran importancia para el manejo y conservación de la biodiversidad. De igual forma es necesario plantear alternativas urgentes en la cuenca para la gestión ambiental, la gestión de riesgos de desastres y medidas de adaptación ante el cambio climático.

Material y métodos

Métodos

1. Descripción de la zona de estudio

El trabajo de campo fue realizado durante los meses de Enero 2016 y Agosto 2017 en la cuenca del Río Chili, entre 1930-2530 m de elevación. Las evaluaciones se realizaron en época seca (abril-diciembre) y húmeda (enero-marzo).

La cuenca del río Chili es un valle maduro con amplias terrazas, aprovechadas para la agricultura desde la época pre-inca con el asentamiento de los primeros pobladores del valle, y que dan lugar a una conspicua y bella zona denominada "Campaña", un paisaje cultural que es un ejemplo de transformación y acondicionamiento del territorio con fines agrícolas. La cuenca de este río Chili por sus múltiples servicios ecosistémicos, sigue jugando un papel central en la cultura, la economía y la fisonomía de la ciudad. La importancia de la "Campaña", es que constituye una reserva ecológica y paisajista que incide favorablemente en el equilibrio ambiental del entorno urbano de la ciudad de Arequipa metropolitana. Esto le otorga identidad cultural y territorial, calidad ambiental, y facilita la recuperación de áreas económica-productivas.

Se analizaron 45 sectores (Fig. 1) de monte ribereño e islotes de vegetación en los distritos de Alto Selva Alegre (6), Cayma (14), Cercado (4), Jacobo Hunter (1), Sachaca (6), Uchumayo (11), Tiabaya (2) y Yanahuara (1), pertenecientes al margen del río en ambos flancos.

Los sectores fueron divididos en 3 grandes zonas: (1) Cuenca del río Chili en Chilina, desde el Santuario de Chapi hasta el Puente Chilina, (2) Casco urbano de la ciudad, desde el Puente Chilina hasta la unión con la cuenca del río Socabaya y (3) Tiabaya a Uchumayo. La selección de las zonas fue basada según la ubicación de los puntos de vertimiento identificados (desagües) que dan al río Chili en el tramo urbano, para ello, la zona 1 comprende el valle de Chilina, el cual no se considera con altos grados de contaminación por la ausencia de vertientes extremas que dan al río, la zona 2 incluye todo el casco urbano por donde derivan la mayoría de desagües de la ciudad y zona 3, caracterizada por poseer el monte ribereño más extenso y cuyas aguas del río se encuentran seriamente contaminadas.

Agricultura en el río Chili

El río Chili, se forma en la confluencia del río Sumbay que nace en Vincocaya, y del río Blanco que se origina en las alturas del Pati. Corre de Este a Oeste y penetra en la ciudad por entre los volcanes Misti y Chachani. Los terrenos de cultivo en la ribera del río Chili son regados con aguas residuales domésticas que desembocan en él. Esta agua de riego aporta materia orgánica al suelo y junto a fertilizantes se ha comprobado que pueden mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo y el rendimiento de los cultivos (Singh *et al.*, 2012). Sin embargo, también se pueden convertir en un riesgo para la salud y el

medio ambiente por la acumulación de metales y la falta de calidad e inocuidad alimentaria (Rattan *et al.*, 2002; Mapanda *et al.*, 2005; Datta *et al.*, 2000; Muchuweti *et al.*, 2006).

En la actualidad las prácticas agrícolas en la cuenca del río Chili son intensivas y se están viendo seriamente afectadas por su reducción de área debido a la incesante construcción inmobiliaria que no respeta el uso del suelo como espacio para cultivo.

Zona 1. Chilina. En Chilina las prácticas agrícolas son intensas donde cultivos como “brócoli”, “alfalfa”, “papa”, “maíz forrajero”, “cebolla” son los más comunes.

Zona 2. Con agricultura muy escasa, productos como “papa” y “maíz” son desarrollados siendo principalmente la alfalfa el cultivo de mayor extensión.

Zona 3. Arancota-Uchumayo. Las prácticas agrícolas son intensas en algunos sectores, inclusive los agricultores se arriesgan a producir en islotes de vegetación sabiendo del riego con respecto a la pérdida que puede generarse a raíz de las avenidas de agua durante la temporada de lluvias. En esta zona, la contaminación del río es muy elevada debido a que sus aguas utilizadas para riego se encuentran seriamente contaminadas con residuos fecales, aerosoles, pesticidas, animales muertos y restos inorgánicos en general (pers. obs). Los cultivos reciben estas aguas para su irrigación lo cual constituye un serio peligro a la salud pública y aun así, los cultivos son expedidos en los mercados locales. Cultivos comunes en este sector: “cebolla china”, “cebolla”, “ajo”, arvejas”, especias aromáticas, “alfalfa”, “maíz forrajero”, “papa”.

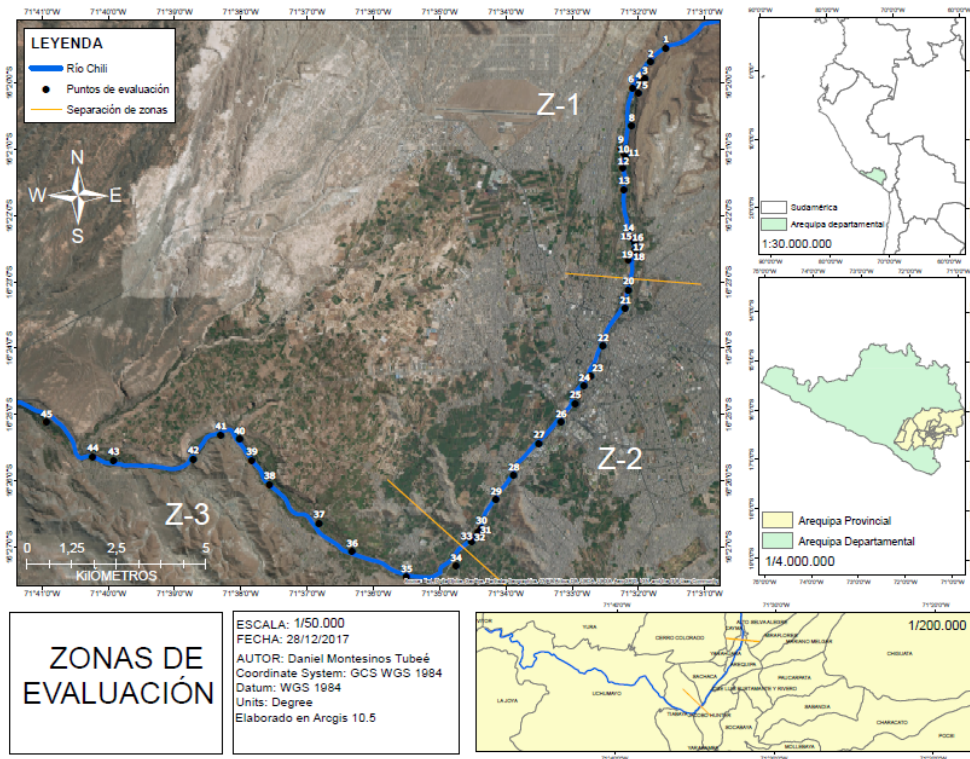


Fig. 1. Mapa de ubicación de las zonas evaluadas y división de los tres sectores de evaluación.

Riesgos e inundaciones

Cacya *et al.* (2013) detalla como en los últimos 554 años, las avenidas e inundaciones se han producido principalmente entre los meses de febrero y marzo, habiendo dejado pérdidas humanas y económicas de consideración. Las últimas inundaciones, catalogadas como catastróficas, han ocurrido en 1972, 1989 y 2013 (Cacya *et al.*, 2013). Cronológicamente, entre enero y febrero de 1961 se registraron desastres y aluviones por lluvias (Fernández & Benites 2001); en 1972 se desbordaron las torrenteras que cruzan la ciudad, entre ellas San Lázaro que llegó a 8 m de altura de nivel de agua (Fernández & Benites, 2001). El 8 de Febrero de 1989, se desató una tormenta

sobre la ciudad de Arequipa la cual en menos de cuatro horas inunda numerosas calles y áreas agrícolas, la avenida La Marina fue escenario del desborde del río Chili el cual llegó a medir 340 m³/s (Diario Correo, 1989, Febrero 9). En Marzo de 1999, 2001 y 2012 se registraron severas inundaciones por entrada de torrenteras (Cacya *et al.*, 2013). La última gran inundación aconteció un 8 de febrero del 2013 en la cual llovió cerca de 140 mm en menos de 3 horas, diversas torrenteras incrementaron drásticamente su caudal inundando varios sectores de la ciudad. El estudio presentado por Cruz (2007) advierte sobre la vulnerabilidad actual de los asentamientos humanos ubicados en torrenteras y quebradas ocasionalmente

secas. Un caso similar se dio durante la reciente inundación ocurrida en el desierto de Atacama (Norte de Chile) en Marzo del año 2015, este evento fue generado por condiciones atmosféricas y oceanográficas inusuales en una de las regiones más áridas del mundo donde el río Salado llegó a la descarga máxima de 1000 m³/s y causó severos daños a la ciudad de Chañarral (Wilcox *et al.*, 2016).

En el presente estudio se preparó un escenario de inundación en caso el río Chili llegue a un caudal de 300-500 m³/s como lo ocurrido en 1989 (Fig. 5, 6, 7). Este valor, interpretado en metros de longitud, se trazó según la vista vertical de mapas satelitales según la variación altitudinal (1-5 m) entre el cauce actual del río con respecto a la margen derecha e izquierda.

2. Condiciones meteorológicas e hidrológicas

El clima de la provincia de Arequipa es templado y seco de 1000 a 3000 m de elevación. La aridez disminuye por las lluvias veraniegas (INEI, 2017). La temperatura media anual es de 15,8°C, la máxima de 22,6°C y la mínima de 8,2°C (Programa Regional Aire Limpio, 2005). Las precipitaciones que caen en la ciudad de Arequipa son variables año tras año, el promedio anual es de 103,8 mm/año. Lluvias históricas en la ciudad datan de 1925, 1972, 1989, 1997, 2005, 2012, 2013 y 2017, las cuales han sido superiores a los 220 mm/año (Huertas, 2009; Montesinos-Tubée *et al.*, 2015; pers. obs. DBMT). Las serias inundaciones registradas en los años 1989, 1999, 2012 y 2013 dan cuenta que la poca capacidad de descarga que posee el recorrido del río Chili en distintos puntos de la ciudad, en especial en los distritos de Cercado y Sachaca. Las inundaciones del 8 de Febrero de 1989 dan cuenta de los serios

daños que puede causar una inundación por el río Chili, en aquella fecha el caudal fue de un aproximado de 320 m³/s (Fig. 6) cuando el caudal normal del río es de 4-8 m³/s y en temporada de lluvias raramente supera los 80 m³/s.

3. Riqueza florística

La determinación de la diversidad florística se basó en la evaluación total de las zonas muestreadas. La determinación taxonómica de los taxones se realizó en campo en base a los conocimientos y estudios realizados por el primer autor y de diversas fuentes bibliográficas (Sagástegui & Leiva, 1999; Brako & Zarucchi, 1993; Montesinos-Tubée *et al.*, 2015; Montesinos-Tubée & Zegarra-Flores, en prensa). La determinación del *estatus* de las especies se realizó en base a los datos del Missouri Botanical Gardens (Tropicos 2017), IPNI (2014) y Plant List (2010). Para la determinación de las especies endémicas, se utilizó el Libro Rojo de Especies Amenazadas del Perú producido por León *et al.* (2006). No se realizaron colectas de especies en campo. Algunas especies no fueron identificadas a nivel intraespecífico mientras que las especies no identificadas a nivel de especie fueron denominadas con "sp."

4. Análisis de comunidades

Las zonas de evaluación se determinaron según la homogeneidad de la vegetación, aplicando la metodología de Zürich-Montpellier (Westhoff & Van der Maarel, 1973; Braun-Blanquet, 1979), según la densidad de la vegetación. Los levantamientos (zonas de evaluación) se efectuaron en flancos arenosos, islotes de vegetación y corrientes de agua adyacentes a las rocas erosionadas del margen ribereño. El tamaño de los levantamientos varió de acuerdo al tamaño del monte ribereño,

en algunos sectores fue de 300 m² y en otros sectores fue de 20,000 m². En total se realizaron 45 cuadrantes fitosociológicos. Los valores tomados en campo fueron de porcentaje (1–100%) según la cobertura total de la especie. Para cada cuadrante, la presencia de especies fue anotada y la cobertura en campo fue estimada en porcentajes (Knapp, 1984). Los nuevos sintaxones fueron descritos siguiendo el Código Internacional de Nomenclatura Fitosociológica (Weber *et al.*, 2000); los cuadrantes fueron clasificados usando TWINSPAN (Hill, 1979).

5. Análisis de variables físico-ambientales

Se seleccionaron diversas variables medioambientales que fueron evaluadas por cada cuadrante seleccionado. El área total evaluada dependió básicamente en el tamaño del monte ribereño y sus límites con respecto al cauce del río y construcciones o borde de áreas de cultivo, es por ello que el tamaño vario considerablemente en comparación a una zona y otra. La elevación (m s.n.m.) y coordenadas geográficas fueron anotadas utilizando un GPS. Las dimensiones de ancho de cauce, ancho de monte ribereño y ancho de área cultivada fueron calculadas utilizando la regla métrica con el software Google Earth 6.1.0.5001 (2017). La estimación de monte ribereño perdido fue calculada en metros según la reducción generada al cauce del río en su estado original con respecto a construcciones humanas, áreas de cultivo y designación de avenidas y puentes en el casco urbano. Las variables medioambientales de tala, fuego y restos no degradables fueron calculadas en valores porcentuales según la cantidad de residuos observados durante el análisis de cada sección de monte ribereño. Los mapas de distribución fueron realizados

aplicando el software ArcGIS 10.5 (Wong & Lee, 2005). La correlación entre variables ambientales y especies florísticas con respecto a las localidades de muestreo se evaluó mediante el software Canoco 5.0 (Ter Braak & Smilauer, 2012). El número total de especies considera a todas aquellas halladas por área de muestreo, a partir de este valor se realizaron las estimaciones del estatus de cada especie (endémica, nativa o introducida) según las referencias bibliográficas (Brako & Zarucchi, 1993; León *et al.*, 2006).

Resultados y discusión

Flora

Se registraron un total de 245 especies, divididas en 177 géneros y 66 familias. Del total, 135 especies son nativas (56%), 15 son endémicas de Perú (6,2%) y 82 especies introducidas (34%). Las familias botánicas con mayor riqueza de especies se muestran en la Tabla 1, donde Asteraceae (Compuestas) posee 24 géneros con 33 especies, seguido de Poaceae (Gramíneas) con 23 géneros y 28 especies, Solanaceae (7 géneros y 16 especies), Brassicaceae (Crucíferas) con 10 géneros y 13 especies, Amaranthaceae y Fabaceae (Leguminosas) con 5 géneros y 11 especies cada una, y así sucesivamente. En cuanto a los géneros con mayor diversidad se mencionan los siguientes: *Solanum* (Solanaceae) con 8 especies, *Chenopodium* (Amaranthaceae) y *Cyperus* (Cyperaceae) con 5 especies cada una, *Oenothera* (Onagraceae) con 4 especies, *Baccharis* (Asteraceae), *Eragrostis* (Poaceae), *Lepidium* (Brassicaceae), *Polygonum*, *Rumex* (Polygonaceae) y *Tarasa* (Malvaceae) con 3 especies cada una.

Tabla 1. Lista de familias con mayor representatividad en el monte ribereño del Río Chili. Información sobre la clasificación de las especies proviene de Brako & Zarucchi 1993, León *et al.*, 2006, Tropicos.org, 2017)

	Géneros	Especies	% diversidad	Nativas	Endémicas	Introducidas
Asteraceae	24	33	13.5	22	1	9
Poaceae	23	28	11.4	11	-	13
Solanaceae	7	16	6.5	13	1	2
Brassicaceae	10	13	5.3	6	1	6
Amaranthaceae	5	11	4.5	10	-	1
Fabaceae	8	11	4.5	5	1	5
Malvaceae	6	10	4.1	6	-	3
Cyperaceae	3	8	3.3	6	-	2
Boraginaceae	5	7	2.9	5	2	-
Polygonaceae	3	7	2.9	2	-	5
Apiaceae	5	6	2.4	3	-	3
Lamiaceae	4	5	2.0	1	-	4
Onagraceae	2	5	2.0	5	-	-
Plantaginaceae	2	5	2.0	1	1	3
Verbenaceae	3	4	1.6	4	-	-
Caryophyllaceae	4	4	1.6	1	1	2
Bignoniaceae	2	3	1.2	2	1	-
Cactaceae	3	3	1.2	2	1	-
Juncaceae	1	3	1.2	-	-	2
Oxalidaceae	1	3	1.2	1	-	1
Polemoniaceae	2	3	1.2	2	1	-

En el trabajo de Díaz-Choque (2006) se reportaron 133 especies (divididas en 42 familias) en el monte ribereño del río Chili entre Chilina (distritos de Cayma y Alto Selva Alegre) y Tingo (Cercado). En el presente estudio se registraron 107 de estas especies, y además se adicionan 134 especies a la diversidad florística del monte ribereño del río Chili, haciendo un total de 287 especies de flora que ocurren desde Chapi-Charcani en el valle de Chilina hasta la zona baja de Uchumayo (posterior al peaje). En la Fig. 11 se ilustran algunas especies endémicas halladas en el presente estudio.

Comunidades vegetales

El análisis de comunidades vegetales

realizado dio como resultado el hallazgo de una nueva alianza y dos asociaciones fitosociológicas que ocurren a lo largo de los 30 km de recorrido del río Chili en la zona de estudio.

Esquema sintaxonómico

BACCHARIDETEA LATIFOLIAE
Lauer, Rafiqpoor & Theisen 2001

+ *Mutisia acuminatae-Baccharidetalia lanceolatae* Galán de Mera & Cáceres in Galán de Mera, Rosa & Cáceres 2002

1. *Taraso capitatae-Salicion humboltianae*
Montesinos & Núñez del Prado All. Nov.

1.1. *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* Montesinos & Núñez del Prado Ass. Nov.

1.2. *Helogyne stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae*

Montesinos & Núñez del Prado Ass. Nov.

Descripción de comunidades

BACCHARIDETEA LATIFOLIAE
Lauer, Rafiqpoor & Theisen 2001

Mutisia acuminatae-Baccharidetalia lanceolatae Galán de Mera & Cáceres in Galán de Mera, Rosa & Cáceres 2002

1. *Taraso capitatae-Salicion humboldtiana*
Montesinos & Núñez del Prado All. Nov.

Type: *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* Montesinos & Núñez del Prado Ass. Nov.

Cuad. Tipo: 15 (Tabla 3, Fig. 11)

Alianza caracterizada por su distribución en cuencas del sur de Perú con vertientes al Océano Pacífico compuesta de monte ribereño con vegetación azonal y típica de ambientes acuáticos y subacuáticos con cobertura arbórea y arbustiva, representada por la aparición de *Salix humboldtiana*, *Baccharis latifolia*, *Tessaria integrifolia*, *Tarasa capitata*, entre otras especies. La alianza concentra una amplia diversidad florística compuesta por 241 especies, de las cuales 17 son consideradas diagnósticas a nivel de alianza y asociaciones. Se realizaron 45 levantamientos fitosociológicos a una altitud de 1930-2530 msnm. Especies características de la alianza son: *Cestrum auriculatum*, *Escallonia salicifolia*, *Myrica pavonis*, *Otholobium pubescens*, *Salix humboldtiana*, *Solanum radicans*, *Tarasa capitata*, *Thelypteris glandulosolanosa* y *Tropaeolum majus*.

1.1. *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* Montesinos & Núñez del Prado Ass. Nov.

Cuad. Tipo: 15 (Tabla 3, Fig. 11).

Asociación basada en 29 cuadrantes realizados a 1930-2500 msnm y conteniendo 201 especies florísticas incluyendo una Marchantiophyta. La distribución de esta asociación se da en áreas con monte ribereño perturbado, con numerosas especies introducidas y baja diversidad de endémicas. Especies diagnósticas se consideran las siguientes: *Atriplex semibaccata*, *Baccharis salicifolia*, *Baccharis scandens*, *Lepidium didymum*, *Phyla nodifolia* y *Tarasa capitata*. En cuanto a especies con alta cobertura vegetal, *Salix humboldtiana*, *Tessaria integrifolia*, *Baccharis latifolia*, *Pennisetum clandestinum*, *Nicotiana glauca* y *Schinus molle* son las más características. Las siguientes especies se consideran presentes en más del 70% de las zonas evaluadas: *Tropaeolum majus*, *Veronica anagallis-aquatica*, *Sonchus oleraceus*, *Rumex crispus*, *Rorippa nasturtium-aquaticum* y *Amaranthus hybridus*. En cuanto a conservación, podemos decir que esta unidad fitosociológica se encuentra seriamente afectada por diferentes agentes de contaminación ambiental lo cual ha permitido la colonización de diversas especies introducidas. En promedio la diversidad florística está compuesta por un 60% de especies nativas, 36% de especies introducidas y 3,8% de endémicas. La evaluación porcentual de tala y/o fuego arroja un promedio de 26,4% con una máxima de 90% y una mínima de 10%. Restos no degradables dan un promedio de 14,6% de presencia. Finalmente, la estimación de monte ribereño perdido es de 60%, siendo el monte ribereño del río Chili ubicado en los distritos de Cercado, Cayma, Alto Selva Alegre, Sachaca y Uchumayo, lo más afectado.

1.2. *Helogyne stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae*

Montesinos & Núñez del Prado Ass. Nov.

Cuad. Tipo: 23 (tabla 3).

Asociación basada en 10 cuadrantes distribuidos a 2372-2532 msnm y conteniendo 105 especies florísticas. Se consideran especies características a *Helogyne straminea* y *Muehlenbeckia hastulata*. Especies como *Otholobium pubescens*, *Escallonia salicifolia*, *Tarasa capitata*, *Cortaderia ridiuscula*, *Pennisetum clandestinum*, *Nicotiana paniculata*, *Tarasa operculata*, *Schinus molle*, *Populus nigra* var. *italyca* presentan una relativa alta cobertura vegetal. Este tipo de comunidades se presentan en monte ribereño rodeado de cañones rocosos, algunos bien pronunciados. Los valores de endemismo son relativamente mayores a la asociación precedente, con un promedio de 5,5% y una máxima de 15,8%. En promedio las especies nativas representan un 62,1% de la diversidad total y las especies introducidas, 31,3%. En cuanto a conservación, esta unidad fitosociológica tiene un promedio de 8% de tala y/o fuego, 7,4% de restos no degradables y 28,3% de estimación de monte ribereño perdido.

Algunas especies introducidas, como el "kikuyo" (*Pennisetum clandestinum*) ejercen una fuerte presión ecológica debido a la competencia por espacio, nutrientes y agua en los suelos y lamentablemente, se encuentra presente en la mayoría de zonas evaluadas. El pasto "kikuyo" es considerado como una especie invasora en los trópicos de Sudamérica (Williams & Baruch 2000). Varios sectores evaluados poseen una alta cobertura vegetal compuesta por el pasto "kikuyo" el cual puede llegar a desplazar especies nativas y endémicas, generando así, un rápido deterioro de los ecosistemas de monte

ribereño y por consiguiente, pérdida de biodiversidad autóctona.

Las comunidades vegetales aledañas descritas en los ecosistemas xerofíticos de Arequipa dan cuenta de elevados valores de endemismo que no necesariamente son percibirles durante la estación húmeda debido a que la mayoría de especies perennes y bianuales que habitan los cerros rocosos de la cuenca del río Chili (especialmente en el valle de Chilina y el sector de El Huayco-Uchumayo). Montesinos-Tubée *et al.* (2015) identificó diversas comunidades vegetales que ocurren en estos sectores y que están representados por cactáceas columnares endémicas (*Neoraimondia arequipensis*, *Weberbauerocereus weberbaueri*, *Armatocereus riomajensis*, *Browningia candelaris*, *Oreocereus hempelianus*, *Haageocereus platinospinus*, *Cumulopuntia spaherica*), especies arbustivas endémicas como el "huanarpo hembra" y macho (*Euphorbia apurimacensis*, *Jatropha macrantha*), arbustos y subarbustos endémicos como *Presliophytum incarum*, *Cantua volcanica*, *Helogyne straminea*, *Tecoma fulva* subsp. *arequipensis*, entre otras. Especies anuales endémicas se clasifican según su aparición anual tras las lluvias, algunas de estas son *Cistanthe paniculata*, *Gilia glutinosa*, *Tiquilia elongata*, *Neuontobotrys lanata*, *Mostacillastrum pectinifolium*, entre otras. En la Tabla 2 se indican la cantidad de especies endémicas, nativas e introducidas y su valor de diversidad con respecto al total hallado por cada asociación fitosociológica.

Tabla 2. Número de especies y porcentaje de diversidad en las asociaciones *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* y *Helogyno stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae*.

	<i>Taraso capitatae- Baccharidetum salicifoliae</i>		<i>Helogyno stramineae- Muehlenbeckietum hastulatae</i>	
	# Especies	%	# Especies	%
Endémicas	11	4.7	10	7.6
Nativas	131	55.7	78	59.5
Introducidas	89	37.9	41	31.3
No clasificadas	4	1.7	2	1.5
Total especies	235		131	

Tabla 3. Tabla fitosociológica basada en 45 cuadrantes realizados en la provincia de Arequipa. Número de Orden: 1. Parche de vegetación de monte ribereño en las inmediaciones del puente de Fierro, Vallecito, Cercado. 2. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río y cultivos, Arancota, Sachaca. 3. Parche de vegetación entre el puente de fierro y puente de la Variante, Cercado. 4. Parche de monte ribereño en las inmediaciones del puente Bailey, Sachaca. 5. Parche de monte ribereño en las inmediaciones del puente de Tingo, Sachaca. 6 y 7. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río y cultivos, Arancota, Sachaca. 8. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río y la Avenida la Ribereña, Sachaca. 9. Franja extensa de monte ribereño que divide el río y las laderas secas con cactáceas cerca al Puente Congata. Uchumayo. 10. Parche extenso de monte ribereño en los Tunales, Tiabaya. 11. Monte ribereño extenso en el valle posterior al puente de Uchumayo, Uchumayo. 12. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río y la Avenida la Ribereña, Sachaca. 13. Parche extenso de monte ribereño que divide el río y cultivos. Congata, Uchumayo. 14. Franja de monte ribereño que divide el río y cultivos. Congata, Uchumayo. 15. Franja de monte ribereño que divide el río de cultivos, Villa Emperatriz, Uchumayo. 16. Parche de monte ribereño en el cruce de los ríos Chili y Socabaya, Tingo Grande, Jacobo Hunter. 17. Franja de monte ribereño que divide el río y cultivos. Congata, Uchumayo. 18. Franja de vegetación entre pendiente rocosa y margen del río en las inmediaciones del puente El Huayco, Uchumayo. 19. Franja de monte ribereño que divide el río de cultivos, Uchumayo. 20. Franja de monte ribereño que divide el río de cultivos en las inmediaciones del puente Uchumayo, Uchumayo. 21. Parche de monte ribereño en Chilina, Cayma. 22. Franja estrecha que divide el margen del río de los cultivos, Chilina, Alto Selva Alegre. 23. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río de las instalaciones del Club Internacional, Yanahuara, Arequipa. 24. Franja estrecha con pendiente que divide el margen del río de los cultivos, Chilina, Cayma. 25. Islote de monte ribereño y alcantarillado entre Avenida la Marina y Puente Bolognesi, Cercado. 26. Parches de vegetación en el margen del río adyacente al puente Héroes Navales, Vallecito, Cercado. 27, 28, 29 y 31. Franja estrecha de vegetación que divide el margen del río de los cultivos, Chilina, Cayma. 30. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Alto Selva Alegre., Chilina, Alto Selva Alegre. 32. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Alto Selva Alegre, Arancota, Sachaca. 33. Franja de vegetación entre pendiente rocosa y margen del río en las inmediaciones del puente antiguo de sillar, Uchumayo. 34. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Chilina, Cayma. 35. Franja estrecha con pendiente que divide el margen del río de los cultivos, Chilina, Cayma. 36, 37 y 39. Franja estrecha que divide el margen del río de los cultivos, Chilina, Cayma. 38. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Chilina, Alto Selva Alegre. 40, 41 y 42. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Alto Selva Alegre. 43. Franja estrecha de vegetación entre pendiente rocosa y margen del río en el Santuario de Chapi, Charcani, Cayma. 44 y 45. Parche subhúmedo entre cultivos cercanos a ribera del río, Chilina, Cayma.

En la siguiente imagen (Fig. 2) se muestra la estimación de diferentes variables aplicadas con respecto al estado

de conservación de la cuenca del río Chili en la provincia de Arequipa.

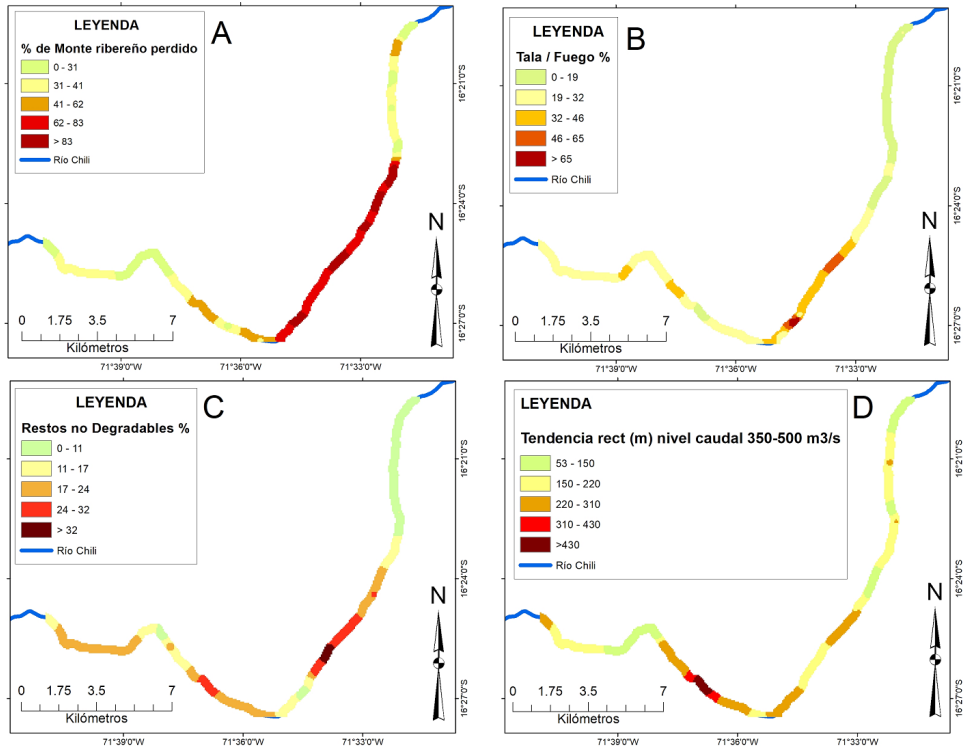


Fig. 2. A. Estimación de monte ribereño perdido a lo largo de la cuenca del Río Chili en la ciudad de Arequipa. Las marcas amarillas indican una pérdida del 30-40% de monte ribereño mientras que las marcas rojas indican una pérdida del 60-100%. Monte ribereño perdido en referencia a la pérdida directa del ecosistema por acción humana; B. Porcentaje de tala y quema observada en las zonas evaluadas; C. Porcentaje de restos no degradables (plásticos, tecnopor, vidrios, caucho, entre otros.) observados en la cuenca del río Chili; D. Estimación de zonas inundables en caso de aumento de caudal del río a un escenario de 300-500 m³/s.

Los resultados de análisis de variables (Fig. 2 y 3) dan cuenta de la seria situación ambiental que afronta el monte ribereño y en general, la vegetación de marismas de la cuenca del río Chili en la ciudad de Arequipa. El análisis canónico de DCA (Detrended Correspondence Analysis) da como resultado la interpretación de la asociación *Helogyno stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae* la cual se encuentra asociada a un mayor número de concentración de especies nativas y endémicas, así como por presentarse a una relativa mayor altitud (m s.n.m.), menor influencia antrópica, cauce de río de menor longitud así como menores dimensiones del monte ribereño. Este resultado se debe a que estas zonas son geográficamente agrestes y de difícil acceso, el río cruza pequeños cañones y

la intervención antrópica es mucho más reducida por lo que el monte ribereño podría considerarse un tanto más intacto a pesar de la presencia relativa de especies introducidas. Por el contrario, la asociación formada por *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* se desarrolla en áreas con fuerte influencia antrópica donde se correlaciona con un mayor porcentaje de monte ribereño perdido, mayor porcentaje de tala y quema, presencia de restos inorgánicos, cantidad de especies introducidas, así como diversidad total la cual se ve reflejada por un mayor área de monte ribereño e islotes de formación. En conclusión se define que la unidad compuesta por *Tarasa capitata* y *Baccharis salicifolia* es más propensa a cambios continuos en la vegetación por eventos de inundación y tala.

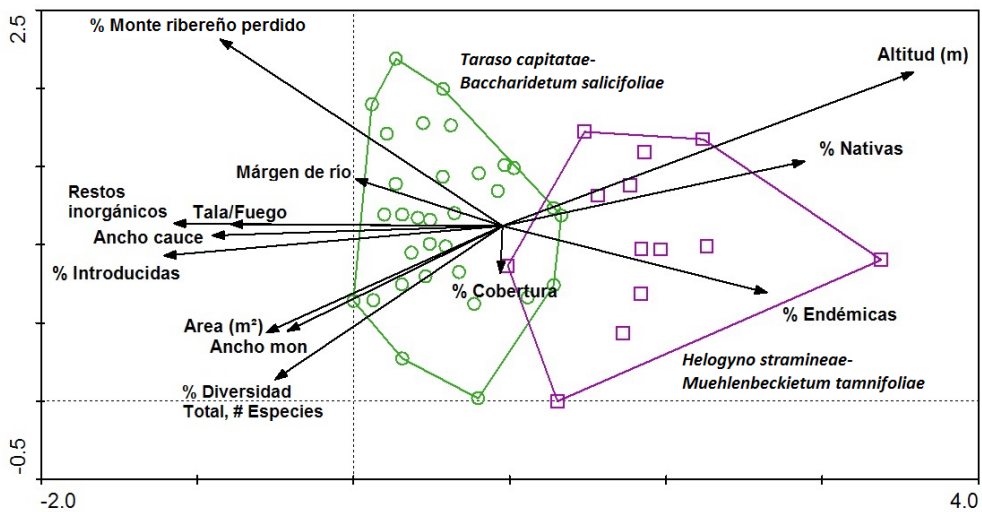


Fig. 3. Análisis canónico de dca donde las unidades representadas por los círculos está representado por *Taraso capitatae-Baccharidetum salicifoliae* y las unidades representadas por cuadrados (*Helogyno stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae*).

Relación del monte ribereño y las inundaciones

El monte ribereño de la cuenca del río Chili en la ciudad de Arequipa sufre cambios en la estructura de la vegetación cada 6 a 10 años debido al incremento del caudal originado por precipitaciones superiores a los valores normales (Fig. 4). En ecología este tipo de eventos originan una sucesión secundaria que tiene lugar tras la pérdida de la vegetación previa debido a una causa natural y cuyo fenómeno conlleva a la posterior recuperación del ecosistema (Alcaraz, 2013).

El SENAMHI reportó el 8 de Febrero de 2013, 124.5 mm de precipitación recibidas en menos de cuatro horas en la estación La Pampilla lo cual acontece como el registro pluvial máximo histórico para Arequipa (Clima y Ecología de Arequipa, 2013), este evento trajo consigo el desborde de torrenteras (subcuencas secas del río Chili) que ocasionaron serios daños de infraestructura y la rápida erosión del monte ribereño en algunos sectores. Las precipitaciones del 2012 significaron records históricos para la ciudad de Arequipa con valores superiores a los 300 mm (Montesinos-Tubée *et al.*, 2015), dicho evento generó el desborde del río Chili en el sector de El Huayco (distrito de Uchumayo) que ocasionó severa erosión al monte ribereño y modificaciones en el cauce de río tal como aconteció en el año 1989 con un caudal registrado de 340 m³/s aproximadamente (Fig. 4 y 6). El ecosistema del monte ribereño del río Chili, en condiciones de avenida de masas de agua, se ve afectado por el arrasamiento de islotes y márgenes donde habitan numerosas especies anuales y perennes. Especies colonizadoras como el sauce (*Salix humboldtiana*), chilca (*Baccharis latifolia*), pájaro bobo (*Tessaria integrifolia*),

cortadera (*Cortaderia rudiusscula*), entre otras, son catalogadas como las primeras colonizadoras de estos ambientes luego del arrastre hídrico (Fig. 5). Las especies herbáceas y arbustivas (algunas arbóreas) tardan más tiempo en colonizar.

Según los resultados de análisis de comunidades en el monte ribereño del río Chili, la asociación vegetacional denominada *Helogyne stramineae-Muehlenbeckietum hastulatae* es la que predominaba los ecosistemas del río Chili entre los 2000 y 2600 m antes del establecimiento de la ciudad y la expansión agrícola. Esta unidad vegetal se caracteriza por la presencia de endemismos propios de Arequipa, por el contrario, los ambientes donde predomina el sauce proviene de una reciente colonización que podría haberse iniciado hace unos 100 años.

En la Fig. 7 se evidencia lo que dicen los antiguos ciudadanos arequipeños (pers. com. A. Pinto, M. Montesinos, E. Quiroz Paz Soldán), quienes indican que anteriormente llovía mucho más que en la actualidad, la imagen deja en claro la continua erosión que afectaba el monte ribereño a principios de siglo según se tienen referencias. En la actualidad el cauce original del río se ha visto disminuido por construcciones y ampliación de agricultura. Zubieta & Saavedra (2017) afirman que uno de los más importantes aspectos del cambio climático requiere de una investigación completa en cuanto al tiempo de distribución de la lluvia y sus cambios históricos.

En la Fig. 8 se evidencia la relación de pérdida del monte ribereño y las inundaciones además del acorte del cauce del río Chili dado en las últimas décadas debido a la expansión de las avenidas y calles (Guillén-Tamayo, 2017).

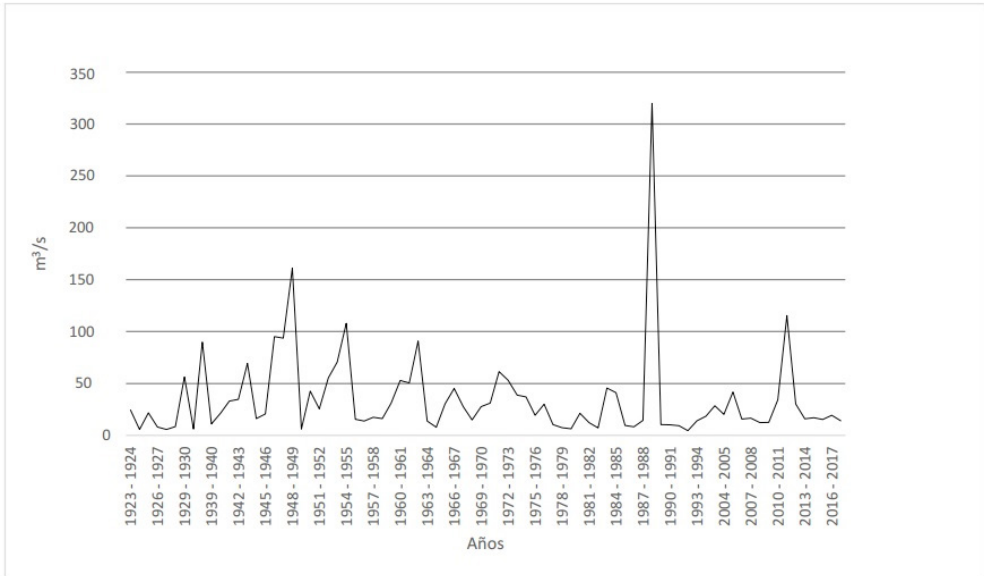


Fig. 4. Caudal máximo registrado del Río Chili en la Ciudad de Arequipa entre los años 1923 y 2017 (Datos faltantes para los años 1931-1935, 1995-2001). Estación Charcani, distrito de Cayma (2500 m.s.n.m.). (Pers. Comm. GGP, 2018).



Fig. 5. Río Chili en el distrito de Uchumayo, vista desde el puente antiguo cercano al peaje; A. caudal aproximado de 120m³/s en marzo del 2012 donde se denota la erosión causada al monte ribereño; B. caudal reducido en temporada seca (agosto 2017, 4 m³/s) donde se aprecia la sucesión secundaria con colonización de *Salix humboldtiana*. (Fotografías DBMT).



Fig. 6. A. Caudal promedio ($15 \text{ m}^3/\text{s}$) del río Chili en el mes de Agosto. Puente Bolognesi hacía la avenida la Marina; B. Misma ubicación de figura A con diferencia de caudal del río con un valor máximo de $120 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de Febrero; C. Vista desde Puente Grau hacía la avenida La Marina, caudal máximo del río registrado: $140 \text{ m}^3/\text{s}$ (2012); D. Vista hacía el Puente Bolognesi, caudal máximo del río registrado: $140 \text{ m}^3/\text{s}$ Chili (2012); E. Desborde del Río Chili el 8 de Febrero de 1989 con caudal máximo registrado de $340 \text{ m}^3/\text{s}$; F. Desborde del 8 de Febrero de 1989, vista desde Puente Grau hacía torrentera San Lázaro; G. Desborde del río Chili en Los Tunales-Congata en Febrero del 2019; H. Desborde del río Chili en Arancota (Sachaca-Hunter) en Febrero del 2019 donde el Río Chili alcanzo los $130 \text{ m}^3/\text{s}$. Figuras A, B, C, D, E, G y H de DBMT. Fig. E y F programa periodístico En Persona, 9 de febrero de 1989 <<https://www.youtube.com/watch?v=11jvmzktxm8&t=282s>>; e-f. Canal 8tv - Arequipa, febrero 1989 <<https://www.youtube.com/watch?v=pxf5oo7jfcu>>).

Contaminación de las aguas por vertimientos no controlados

Por otro lado, Lazo (2017) concluye en su tesis de investigación que el nivel de contaminación ambiental que se produce por las emisiones industriales de las curtiembres del sector río Seco (división de los distritos de Cerro Colorado y Yura) es crítico en todas sus fases. Este

tipo de contaminación da a la quebrada Añashuayco que posteriormente discurre al río Chili. El problema son los efluentes con contenido de cadmio y metales pesados que son evacuados a la quebrada Añashuayco y luego subterreamente llega al río Chili.

Desde Charcani a Uchumayo se vierten aproximadamente 1,540 litros por segundo



Fig. 7. Fotografía del Puente Bolognesi tomada en la década de 1920 donde se denota la ausencia de un monte ribereño. Fuente: Arequipa Tradicional (2013). La peña del Puente Bolognesi. <https://arequipatradicional.blogspot.pe/2017/02/la-pena-del-puente-bolognesi.html>

de aguas residuales en 80 diferentes puntos, en el tramo urbano entre Chilina y Tingo se concentran la mayor parte con alrededor de 70 punto de vertimiento, que suman alrededor de 1,130 l/ seg. Estos son vertimientos que no tienen conexión a una red de saneamiento, lo que debió hacerse como obra prioritaria para lograr canalizar y conducir estas aguas hacia alguna planta de tratamiento.

Gestión ambiental, control de vertimientos

Entre otros contaminantes encontrados en el río Chili es el desfogue de la mayoría de desagües que abastecen a la ciudad,

todos de los cuales son derivados al río Chili. Según publicaciones en diarios locales, el río Chili se encuentra proceso de descontaminación por parte de una acción conjunta de empresas mineras que operan fuera del casco urbano pero falta establecer parámetros que indiquen la afirmación de esta acción. Lamentablemente, aún no existe un control o fiscalización sobre esta problemática ambiental. La tala de árboles, botadero de escombros de construcción, quema de monte ribereño para obtención de carbón (principalmente afectadas son las especies leñosas *Tessaria integrifolia* y *Salix humboldtiana*). Así como en el anterior

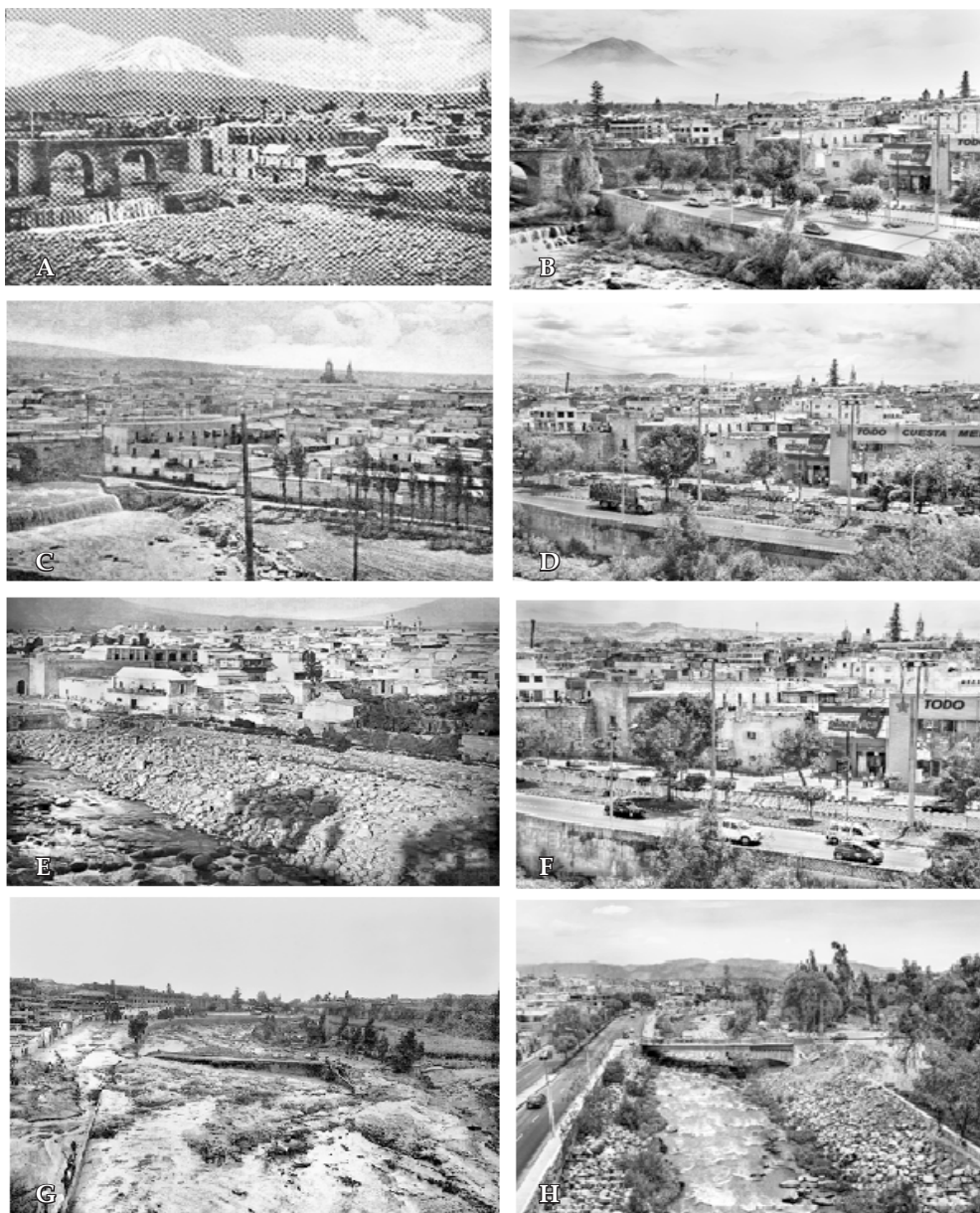


Fig. 8. A. Vista del Puente Bolognesi desde el Callejón De Los Huesitos.1879 (autor desconocido); B. Vista del Puente Bolognesi desde El Callejón De Los Huesitos (Fotografía: DGT); C. Vista hacia el Tambo La Cabezona desde El Callejón de los Huesitos en 1903 (autor desconocido); D. Vista hacia el Tambo La Cabezona desde el Callejón De Los Huesitos en 2017 (Fotografía: DGT); E. Vista hacia el Tambo La Cabezona desde el Callejón De Los Huesitos en 1903 (autor desconocido); F. Vista hacia el Tambo la Cabezona desde el Callejón De Los Huesitos En 2017 (Fotografía: DGT); G. Vista desde el Puente Grau hacia el Puente Bajo Grau en 1989 (autor desconocido); H. Vista desde el Puente Grau hacia el Puente Bajo Grau (Fotografía: DGT).



Fig. 9. A. Quema de sauces para obtención de carbón; B. Botadero de basura en las inmediaciones de san isidro; C. Monte ribereño afectado con basura; D. Acortamiento del cauce del río en selva alegre (cercado); E. Destrucción del monte ribereño para extracción de arena en congata; F. Quema del monte ribereño en uchumayo para obtención de carbón. (Fotografías: DBMT).

caso, no existe un control fiscalizador sobre esta problemática ambiental. (Ver Fig. 9 para una mejor ilustración de esta problemática ambiental).

Valoración del paisaje cultural

Es muy importante resaltar el valor del escenario natural mencionado en la Propuesta del Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento PlaMCha 2017-2027 (Municipalidad Provincial de Arequipa 2017); es decir el valor paisajístico de Arequipa como ciudad histórica y ciudad en la actualidad. Este valor paisajístico se deriva de la localización geográfica de Arequipa; la cual se encuentra asentada en las riberas del río Chili, valle vital de sus habitantes, la andenería verde se integra hasta la actualidad con el corazón de la ciudad. La ciudad de Arequipa aparece como el único oasis creado por el hombre a partir del valle natural del Chili y Socabaya. Esta situación condiciona en forma tajante la conservación del recurso hídrico que la ciudad utiliza, el cual sin embargo está siendo utilizado y desperdiciado, originándose degradación y sobre utilización del lecho del cauce del Chili y erosión en distintas partes del recorrido del río.

A nivel de la Propuesta Físico Espacial propuesta por el Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento PlaMCha 2017-2027 (Municipalidad Provincial de Arequipa 2017) cabe resaltar el eje ecológico constituido por la cuenca urbana del río Chili, entre el tramo que va de Acequia Alta hasta el puente San Isidro, conformando una unidad de territorio, donde actúan aspectos biofísicos, socioeconómicos y culturales, cumpliendo una función hidrológica (descarga de agua), ecológica

(diversidad de flora y fauna), ambiental (integridad de biodiversidad y suelos) y socio-económica (permite actividades productivas y socioculturales).

Podemos apreciar que la Zona de Amortiguamiento (Fig. 10) propuesta por el Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa coincide con la Zona Z-2 en la Fig. 2A que indica la pérdida de monte ribereño. La Zona Z-2 presenta pérdidas del 80% a 100% de monte ribereño.

Este análisis nos llevaría a la conclusión que las instituciones oficiales del gobierno responsables de esta problemática deberían optar por medidas de urgencia de proteger, sanear y desarrollar el monte ribereño en la Zona Z-2 lo cual debería ser considerado tanto en el Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento PlaMCha 2017-2027 como en el Plan de Desarrollo Metropolitano de Arequipa PDM 2016-2025 (Municipalidad Provincial de Arequipa, 2017); así como en otros planes sectoriales de nuestra ciudad y región.

Gestión para recuperar los servicios ecosistémicos del valle del río Chili

Los servicios de abastecimiento, que permiten el abastecimiento del agua para la población y que cubra sus necesidades básicas y el desarrollo de una agricultura sostenible y la preservación de la biodiversidad. Los servicios de regulación, que actúan indirectamente, como la recarga de los acuíferos, prevención de inundaciones y control de la erosión de los suelos.

Los servicios culturales, que por su naturaleza son intangibles y que sirven como fuente de inspiración artística, el desarrollo de investigaciones científicas, la promoción de actividades culturales y recreativas (Guerrero *et al.*, 2006).

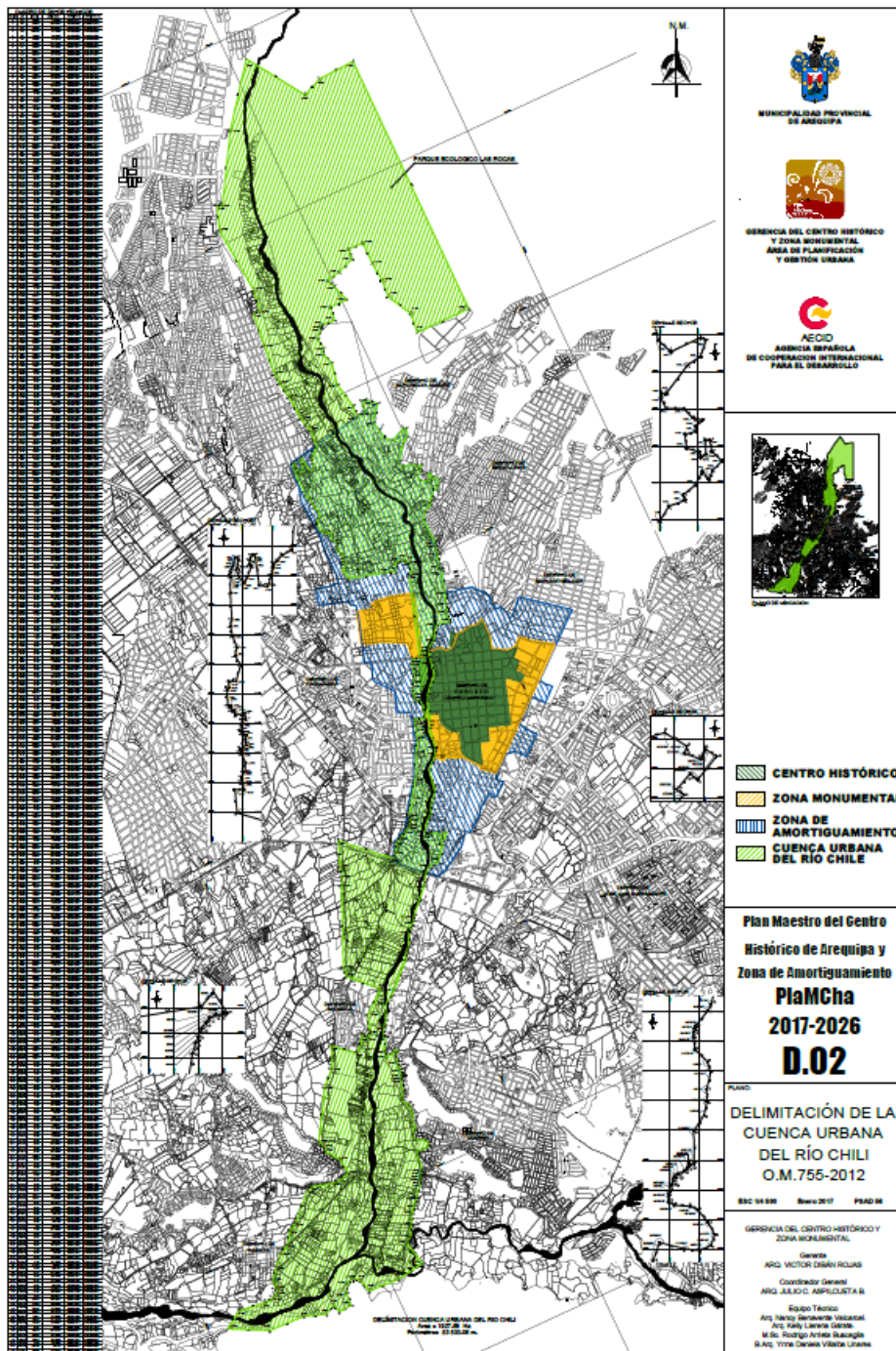


Fig. 10. Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento (Municipalidad Provincial de Arequipa 2017).

En un análisis de los factores y causas de la agudización de la problemática

En los últimos 20 años se ha agudizado la problemática por falta de capacidad de control y gestión para esbozar un plan y elaborar una estrategia para lograr mitigar esta problemática.

La problemática está asociada a varias causas entre ellas, la mala disposición de residuos sólidos y orgánicos (restos de vegetación), esperando que el río los arrastre afectando la calidad de las aguas, la percepción visual paisajista, la biodiversidad del ecosistema y perdiendo varios de los servicios ambientales intrínsecos al curso fluvial.

Análisis de causas:

El desconocimiento del funcionamiento del ecosistema fluvial, una de las causas

Ante las crecidas del río, recurrentes año a año. La falta de conocimientos y estudios técnicos-científicos llevó a que se construyan pequeños diques y muros de contención en varios sectores donde se había perdido el monte ribereño, para tratar de contrarrestar las crecidas de las épocas de lluvias estacionales y se destruyó la vegetación autóctona de esta zona de amortiguamiento, que como conjunto vegetativo natural amortiguaba los embates y erosión de las riberas.

La falta de fortalecimiento de las instituciones especializadas en la gestión del recurso hídrico, ha sufrido la falta de cuadros profesionales con el conocimiento, capacidades y falta de entrenamiento y capacitaciones en gestión integral de los Recursos Hídricos (GIRH), que ha conducido a su vez, al fracaso de lograr los objetivos de tratamiento y gestión de las aguas residuales de una población que desde el año 2000 se ha triplicado. Entre otros factores

que influyen en la pérdida del monte ribereño, se da por el cambio de uso del suelo lo cual genera la continua erosión que afectaba el monte ribereño ya desde principios de siglo XX según referencias fotográficas. En la actualidad el cauce original del río se ha visto disminuido por construcciones de infraestructura y ampliación de los campos utilizados para la agricultura y la construcción de defensas ribereñas mal diseñadas.

Perspectivas para mejorar la gestión y manejo de la cuenca del río Chili

El objetivo es controlar los vertimientos y asegurar la no intervención antrópica a lo largo del curso fluvial que atraviesa la ciudad, para poder comenzar a restituir las funciones naturales del río Chili, cuidar y preservar los tramos con monte ribereño y proteger las riberas de la contaminación, lo que permitirá recuperar los múltiples servicios ecosistémicos que brinda un sistema fluvial como fuente de vida; este progresivo plan debe ser monitoreado por una institución autónoma y voluntariado de jóvenes que estén vigilantes de su cumplimiento.

Las estrategias para restaurar la vegetación a lo largo de las riberas de los ríos se centran en las condiciones adecuadas para la regeneración natural de los hábitats ribereños (Howell *et al.*, 1994), así se ha identificado dos zonas en la zona de estudio donde existe vegetación autóctona del monte ribereño, debe iniciarse un plan de trasplante de especies autóctonas y creación de un vivero para la reproducción de las especies para comenzar a ser sembradas en tramos pilotos, que serán cuidados y protegidos de la intervención antrópica haciendo diversas mediciones para obtener resultados acerca de condiciones adecuadas del suelo, supervivencia a largo plazo, tasas de crecimiento de la vegetación.

ción autoctona y los efectos de los niveles de agua variables en el metabolismo de los árboles (Johnson *et al.*, 1990) y así obtener una perspectiva detallada de la ribera del río Chili.

Buscando una interrelación estrecha entre la zona urbana y el río, este contribuirá de manera importante como fuente de vida y preservación del patrimonio natural de la ciudad; además contribuiría con el mejoramiento de la calidad de vida de la población y el goce de los servicios de abastecimiento, regulación y culturales.

Amenazas para la conservación de las especies forestales de la cuenca del río Chili

La continua desaparición de especies de plantas en todo el mundo es una realidad hoy en día, especialmente si se considera que los recursos vegetales enfrentan un alto grado de presión por una sociedad humana que intenta desarrollarse aún a partir de la explotación poco sostenible y sin considerar el valor ecológico, económico y/o cultural de la diversidad biológica (Mora, 2008).

Si una especie vegetal se extingue el recurso se degrada y el problema radica en que esta situación es irreversible. Este hecho es uno de los factores que impone la necesidad de cuidar todas las especies del reino vegetal, aun cuando sólo sean de uso potencia (Mora, 2008).

Amenazas naturales: Respecto al patrón de extinción se puede decir que tiene causas naturales, sobre todo cuando éste se refiere a la competencia entre especies dentro de un ecosistema (Mora, 2008). En cuanto a la situación del árbol llamado "Huacán o Huacano" (*Myrica pavonis*) según observaciones realizadas en ecosistemas de monte ribereño en la

cuenca del río Chili y en los departamentos de Moquegua y Tacna, de los especímenes evaluados se han podido identificar las siguientes amenazas:

- La desertificación, es una amenaza natural considerando que *Myrica pavonis* requiere la presencia de fuentes de agua en relativa abundancia.

- La erosión, es un factor natural que representa un riesgo para *Myrica pavonis* siendo que esto altera la composición de los suelos de origen aluvial en los cuales se ha registrado individuos de esta especie, causada por la pérdida de suelos adecuados para su desarrollo natural.

Amenazas antrópicas: En la actualidad, la desaparición de la biodiversidad tiene como principal protagonista al ser humano, porque provoca procesos tales como pérdida de hábitat, introducción de especies exóticas que se convierten en invasoras agresivas, contaminación ambiental y cambio tanto en el microclima como en el macroclima, entre las causas más resaltantes (Mora, 2008). A continuación se describe las amenazas identificadas:

- Cambio en el uso del suelo, en la actualidad áreas donde no se han desarrollado actividades productivas o uso para vivienda, conllevan a la pérdida de la cobertura vegetal en esas áreas.

- Ampliación de la frontera agrícola, la búsqueda de mayores áreas para la siembra de cultivos agrícolas como; olivo, cucurbitáceas, plantas forrajeras y frutales varios.

- Aprovechamiento inadecuado de fuentes hídricas, el uso inadecuado y desvío de cauces naturales de ríos, fuentes subterráneas, ojos de agua y otros.

Asimismo, estas actividades se

realizan sin la autorización de la entidad competente, por lo que no existe una evaluación o control en la forma de uso. Los principales causantes son los siguientes:

- Crecimiento demográfico, el incremento de la demanda de áreas para la construcción de viviendas en las ciudades representa una gran presión sobre ecosistemas que no se han usado y esto provoca pérdida de hábitats necesarios para el desarrollo de la *Myrica pavonis*.

- Falta de ordenamiento territorial, tanto las regiones de Tacna y Moquegua no cuentan con sus planes de ordenamiento territorial aprobados, así como tampoco se cuenta con procesos de acondicionamiento territorial.

- Ausencia de protección legal, la falta de protección legal sobre la especie *Myrica pavonis* considerando la baja población de esta especie registrada hasta la fecha. Esto restringe, la capacidad de implementar planes de evaluación, conservación y manejo de la especie.

Importancia y aplicaciones de este estudio

Los resultados del presente estudio serán de gran utilidad como referencia en planeamiento territorial, manejo de la conservación de los ecosistemas de Arequipa, manejo urbano-forestal, aplicación de técnicas para la conservación del monte ribereño (tanto flora como fauna), aplicación de resultados en planeamiento de riesgos por parte de Defensa Civil, antecedente en elaboración de LB y EIAs, ampliación del interés por desarrollar investigaciones científicas por parte de jóvenes estudiantes y científicos en general.

Conclusiones

- Antes del establecimiento de la ciudad y el estrechamiento del cauce del río Chili el monte ribereño estaba constituido por diversas especies endémicas como *Tecoma fulva* subsp. *arequipensis*, *Helogyne straminea*, *Myrica pavonis*, entre otras (Figura 11). Especies nativas como *Myrica pavonis*, *Schinus molle* y *Escallonia angustifolia* también se considera que eran predominantes. Hoy en día estas especies sólo habitan áreas del monte ribereño en el sector de Charcani-Chapi y un sector del Huayco (Uchumayo).

- Confirmamos lo establecido por Fernández de Vizcardo (2006) donde se detectan alrededor de 50 puntos de contaminación (directa e indirecta) a lo largo del cauce del río Chili en la ciudad de Arequipa donde se encuentra contaminado por agentes inorgánicos y orgánicos cuya característica principal es la permanente degradación.

- La tala indiscriminada de árboles y arbustos (*Salix humboldtiana*, *Tessaria integrifolia*, *Myrica pavonis*) para extracción de leña y carbón perjudican seriamente la vida del monte ribereño por la emisión de gases contaminantes, traslado y migración de especies de fauna y la rápida colonización de especies ruderales o introducidas desplazando o eliminando especies nativas y/o endémicas.

- Dourojeanni (1973) advierte la mala práctica de control de erosión y falta de forestación en laderas con riesgo de deslizamientos, por ende, hasta la fecha no existe un proyecto regional que englobe la forestación con especies nativas en quebradas para evitar huaycos.

- Las instituciones oficiales del gobierno responsables de esta problemática



Fig. 11. Distribución del monte ribereño a lo largo de la cuenca del río Chili en la ciudad de Arequipa y especies endémicas representativas. A. Chapi-Charcani, B. Puente en el pueblo de Chilina; C. Monte ribereño denso en chilina; D. Islote de vegetación vista desde el puente Bolognesi; E. Monte ribereño ralo en arancota donde se encontraron numerosas endémicas; F. Uchumayo; G. *Helogyne straminea* (dc.) B. L. Rob., endemismo ocurrente en Chilina y el Huayco (uchumayo); H. *Cantua volcanica* J. M. Porter & Prather en Chilina. I. *Tecoma fulva* subsp. *arequipensis* (Sprague) J. R. I. Wood, endemismo propio de Arequipa conocido como “cahuato” y con amplia distribución en algunos sectores del monte ribereño.

deberían optar por medidas de urgencia de proteger, sanear y desarrollar el Monte Ribereño en la Zona Z-2 lo cual debería ser considerado tanto en el Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento PlaMCha 2017-2027 como en el Plan de Desarrollo Metropolitano de Arequipa PDM 2016-2025 (Municipalidad Provincial de Arequipa 2017); así como en otros planes sectoriales de nuestra ciudad y región.

- La especie *Myrica pavonis* se encuentra distribuida en las regiones de Arequipa, Moquegua y Tacna, para esto cuenta con dos publicaciones específicas en las cuales se registra la especie y tres documentos técnicos de parte de la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre (ATFFS) Moquegua - Tacna SERFOR - MINAGRI (Coronado, 2017; Zambrano, 2017).

- No se cuenta con estudios científicos específicos de *Myrica pavonis* en la zona sur del Perú, las referencias confirmadas científicamente se encuentran hasta el norte de Chile (regiones de Arica Parinacota y Tarapacá) (Benoit, 1989).

- En la cuenca del río Chili se presentan amenazas para el desarrollo y conservación de las poblaciones arbóreas del monte ribereño, como por ejemplo: crecimiento demográfico, falta de ordenamiento territorial, expansión de la frontera agrícola, cambio en la aptitud de uso de suelo, deforestación entre otros.

- En el monte ribereño no se cuenta con muchas especies arbóreas nativas, por lo cual la importancia de conservar el mayor número de individuos es importante.

- La necesidad de incrementar la cobertura vegetal para mejorar la captación de carbono, infiltración de agua

(cosecha de agua) en monte ribereño es de vital importancia para mejorar la calidad de vida de las poblaciones locales, mejorar los servicios ecosistémicos y desarrollar actividades alternativas en el aprovechamiento de los recursos forestales.

Agradecimientos

A. C. López, B. Escobari, E. Quiroz Paz Soldán, A. Moreira por facilitar literatura. Directiva del Club Internacional Arequipa por el acceso a sus instalaciones. K. Chicalla-Ríos por la elaboración de los gráficos canónicos. Biblioteca Municipal de Arequipa (Biblioteca Ateneo) por el acceso a diarios de circulación local con fecha Febrero de 1989. La presente investigación fue realizada con recursos propios.

Contribución de los autores

D. M. & H. P.: Idea original; D. M.; H. Nd.; B. T.; E. A. & A. B.: Colección de datos en campo; G. P.: Información meteorológica e hidrológica general; D. M.; A. B.; J. F.; M. R. & G. R.: Información, redacción y discusión sección agrícola; D. M.; B. T.; E. A. & M. M.: Generación de mapas y análisis de datos estadísticos; D. M.; H. Nd.; M. M.; M. R. & D. G.: Preparación/redacción del artículo y revisión crítica; D. M.; H. Nd.; E. A.; A. B.; J. Z.; G. G.; M. M.; M. R.; G. R. & D. G.: Aprobación de la revisión final:

Conflictos de intereses

Los autores declaramos que no existe ningún tipo de conflicto de intereses, tanto de tipo financiero como no financiero. Asimismo, declaramos que la información descrita en el artículo no ha sido antes publicada en ningún medio escrito y todo, en su integridad, corresponde a información inédita.

Literatura citada

- Alcaraz, F. J.** 2013. Sucesión (Sindinámica). Geobotánica, Tema 13. Universidad de Murcia, España. 1-15 p.
- Almeida-Leñero, L.; M. Nava; A. Ramos; M. Espinosa; M. D. J. Ordoñez & J. Jujnovsky.** 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta ecológica*. 84–85 pp.
- Arequipa Tradicional.** 2013. La peña del puente Bolognesi. <https://arequipatradicional.blogspot.pe/2017/02/la-pena-del-puente-bolognesi.html>
- Benoit, I. L.** 1989. (Ed.) Libro Rojo de la Flora Terrestre de Chile (Primera Parte): 157 p. CONAF. Santiago de Chile.
- Brako, L. & J. Zarucchi.** 1993. Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*. 45: 1–1286.
- Braun-Blanquet, J.** 1979. Plant sociology, the study of plant communities. Transl. by G.D. Fueller and H.S. Conard. Mc. Graw-Hill, New York. 438 p.
- Cacya, L.; P. Meza; V. Carlotto & L. Mamani.** 2013. Aluvión del 8 de Febrero del 2013 en la ciudad de Arequipa. Foro internacional Peligros geológicos, Arequipa, 14-16. http://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/ingemmet/1132/1/Cayca-Aluvion_del_8_de_febrero_del_2013...Arequipa.pdf
- Calla, H. J.** 2010. Calidad del agua en la cuenca del Río Rímac - Sector de San Mateo, afectado por las actividades mineras. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica Unidad de Postgrado. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú.
- Clima y Ecología de Arequipa.** 2013. <http://ecoclimaqp.blogspot.pe> [accedido durante el 2018].
- Coronado, A.** 2017. Informe Técnico N° 0026-2017-SERFOR-ATFFS MOQUEGUA TACNA-ACM. Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Moquegua Tacna, SERFOR. Tacna, Perú.
- Cruz, R.** 2007. Gestión de riesgo por inundación en asentamientos populares, Distrito Mariano Melgar, Arequipa. Tesis maestría. Universidad Nacional de San Agustín.
- Datta, S. P.; D. R. Biswas; N. Saharan; S. K. Ghosh & R. K. Rattan.** 2000. Effect of long-term application of sewage effluents on organic carbon, bioavailable phosphorus, potassium and heavy metals status of soils and uptake of heavy metals by crops. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 48: 836–839.
- Diario Correo.** 1989, Febrero 9. ¡Catástrofe!. Diario Correo, Edición Arequipa. Biblioteca Municipal de Arequipa (Biblioteca Ateneo).
- Díaz-Choque, H. C.** 2006. Representatividad florística-vegetacional y problemas de conservación en la comunidad ribereña del Río Chili: Sector comprendido entre Charcani y Tingo. Arequipa: 2005-2006. Escuela Profesional y Académica de Biología. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 1–96.
- Dourojeanni, M. J.** 1973. La destrucción de la Flora, Huaicos e Inundaciones en la Sierra Central. Flora y Fauna del Perú. 1-7 p.
- Fernández de Vizcardo, I. F.** 2006. Contaminación del río Chili, en Arequipa, durante los años 1972 a 1982 y 199 a 2004. *Ciencia y Desarrollo* 7: 61-75.
- Fernández, J. & A. Benites.** 2001. Estudio: Inundaciones en la localidad de Arequipa ocasionadas por el ingreso de las torrenteras. INDECI. 53 p.
- Galán de Mera, A.** 2005. Clasificación fitosociológica de la vegetación de la región del Caribe y América del Sur. *Arnaldoa* 12: 86–111.
- Galán de Mera, A.; L. Linares Perea; J. Campos de la Cruz; C. Trujillo Vera & J. Vicente Orellana.** 2012. Las comunidades vegetales relacionadas con los ambientes humanos en el sur del Perú. *Phytocoenologia* 41: 265–305.
- Google Earth V 6.1.0.5001.** 2017. Provincia de Arequipa. 16° 23' 12"S, 71° 35' 48"O, Altitud 2340 m. DigitalGlobe 2017. <http://www.earth.google.com> [Setiembre 26, 2017].
- Guerrero, E.; O. De Keizer & R. Córdoba.** 2006. La aplicación del enfoque ecosistémico en la gestión de los recursos hídricos: un análisis de estudios de caso en América Latina. IUCN.
- Guillén-Tamayo, D.** 2017. Proyecto Fotográfico de Archivo "Los Puentes y su Entorno. Cuenca Urbana del río Chili. Visiones de Ayer y Hoy" de Dora Guillén Tamayo. Arquitecta, Planificadora y Fotógrafa. Arequipa, Perú.
- Hill, M. O.** 1979. Twinspan, a Fortran program for arranging multivariate data in an ordered two way table by classification of the individuals and the attributes. Cornell University, Department of Ecology and Systematics, Ithaca, New York, US.

- Howell, J.; D. Benson & L. McDougall.** 1994. Developing a strategy for rehabilitating riparian vegetation of the Hawkesbury- Nepean River, Sydney, Australia. *Pacific Conservation Biology* 1: 257–269.
- Huertas, L.** 2009. Injurias del tiempo. Desastres naturales en la historia del Perú. Universidad Ricardo Palma. Editorial Universitaria, Lima, Perú. 403 pp.
- INEI.** 2017. Perú: Perfil sociodemográfico – Informe Nacional. Censos Nacionales 2017: XII de Polbación, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas. 641 pp.
- IPNI.** 2014. The International Plant Names Index. Published on the Internet; <http://www.ipni.org> [accedido durante el 2017].
- Johnson, R.; G. Mills & S. Carothers.** 1990. Creation and restoration of riparian habitat in southwestern arid and semi-arid regions. In *Wetland creation and restoration: the status of the science*, pp. 351-366. Island Press, Covelo, California.
- Knapp, R.** 1984. Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes in vegetation analysis and in phytosociological relevés. In: Knapp, R. (ed.) *Sampling methods and taxon analysis in vegetation science*, pp. 77–100. Dr. W. Junk Publishers, The Hague, Boston, Lancaster.
- Lazo, E. A.** 2017. Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industrial de río Seco, Arequipa. Publicación independiente.
- León, B.; J. Roque; C. Ulloa Ulloa; P. M. Jørgensen; N. Pitman & A. Cano.** 2006 (eds.). Libro Rojo de las plantas endémicas del Perú. *Revista Peruana de Biología* 13: 1–965.
- Llanque, J. L.** 2004. Efectos de la contaminación atmosférica en el clima urbano y calidad ambiental de Arequipa. (Universidad Nacional San Agustín Arequipa, Perú). Cuadernos de Investigación Urbanística 37.
- Malvárez, A. I.** 1997. Las comunidades vegetales del delta del Río Paraná, su relación con factores ambientales y patrones del paisaje. Trabajo de Tesis para optar al Título de Doctor en Ciencias Biológicas. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Buenos Aires. 1–179 p.
- Mapanda, F.; E. N. Mangwayana; J. Nyamangara & K. E. Giller.** 2005. The effects of long-term irrigation using water on heavy metal contents of soils under vegetables. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 107: 151–156.
- Moll, H. M.** 1981. Estudio de la vegetación en el río Piedra (terminos de Embid-Aldehuela de Liestos). Vegetation study on the Piedra river) *Anales de la Estación Experimental Aula Dei* 15(3–4): 281–303.
- Montesinos-Tubée, D. B. & L. P. Mondragón.** 2014. Flora y vegetación en tres localidades de una cuenca costeña: Río Acarí, Provincia de Caravelí (Arequipa, Perú). *Zonas Áridas* 15(1): 11–30.
- Montesinos-Tubée, D. B. & J. Zegarra-Flores.** (en prensa). Plantas silvestres de Arequipa en zonas urbanas y rurales. Fondo Editorial UCSM.
- Montesinos-Tubée, D. B.** 2012. Árboles y leñosas de Arequipa: Soluciones para mitigar la contaminación. Asociación Civil Patrulla Ecológica, Arequipa. Cuzzi Editores S.A. Arequipa, Perú. 111 pp.
- Montesinos-Tubée, D. B.; K. V. Sýkora; V. Quipuscoa & A. M. Cleef.** , 2015. Species composition and phytosociology of xerophytic plant communities after extreme rainfall in South Peru. *Phytocoenologia* 45(3): 203–250.
- Mora, A.** 2008. Acciones para la conservación de plantas: amenazas, retos y perspectivas. LA GRANJA. *Revista de Ciencias de la Vida*, vol 7, núm 1, pp 21–24. Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca, Ecuador.
- Muchuweti, M.; J. W. Birkett; E. Chinyanga; R. Zvauya; D. M. Scrimshaw & J. N. Lester.** 2006. Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 112: 41–48.
- Municipalidad Provincial de Arequipa.** 2017. Gerencia del Centro Histórico y Zona Monumental. Área de Planificación y Gestión Urbana. Delimitación de la Cuenca Urbana del Río Chili. O.M. 755–2012. Plan Maestro del Centro Histórico de Arequipa y Zona de Amortiguamiento PlaMCha 2017-2026.
- Nilsson, C.; G. Grelsson; M. Johansson & U. Sperens.** 1989. Patterns of Plant Species Richness Along Riverbanks. *Ecology* 70(1): 77–84.
- Pauli, H.; M. Gottfried; K. Reiter; C. Klettner & G. Grabherr.** 2007. Signals of range expansions and contractions of vascular plants in the high Alps: observations (1994–2004) at the GLORIA master site Schrankogel, Tyrol, Austria. *Global Change Biology* 13(1): 147–156.
- Programa Regional Aire Limpio.** 2005. Plan a limpiar

- el aire. Gesta Zonal de Aire Arequipa. Consejo Nacional del Ambiente. Arequipa, Perú. 96 p.
- Rattan, R. K.; S. P. Datta; S. Chandra & N. Saharan.** 2002. Heavy metals and environmental quality: Indian scenario. *Fertil. News* 47 (11): 21–40.
- Sagástegui, A. & S. Leiva.** 1993. Flora invasora de los cultivos del Perú Edit. Libertad. EIRL Trujillo, Perú.
- Singh, P. K.; P. B. Deshbhratar & D. S. Ramteke.** 2012. Effects of sewage wastewater irrigation on soil properties, crop yield and environment. *Agricultural Water Management*. 103, 100–104.
- Ter Braak, C. J. F. & P. Smilauer.** 2012. Canoco 5, Windows release (5.00). Software for multivariate data exploration, testing, and summarization. Biometris, Plant Research International, Wageningen.
- The Plant List.** 2010. Version 1. Published on the Internet; <http://www.theplantlist.org/> (Accedido el 20 de Setiembre 2017).
- Tropicos.** 2017. Missouri Botanical Garden. Published on the Internet; <http://tropicos.org>. (Accedido el 20 de Setiembre 2017).
- WCH Nomination Documentation.** 2000. File Name: 1016.pdf UNESCO. Region: LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. SITE NAME: Historical Centre of the City of Arequipa. DATE OF INSCRIPTION: 2nd December 2000. STATE PARTY: PERU. CRITERIA: C(i)(iv)
- Weber, H. E.; J. Moravec & J. P. Theurillat.** 2000. International Code of Phytosociological Nomenclature. 3rd edition. *Journal of Vegetation Science* 11: 739–768.
- Westhoff, V. & E. Van der Maarel.** 1973. The Braun-Blanquet approach. In: Whittaker, R.H. (ed.): *Handbook of Vegetation Science* 5: 617–726.
- Whaley, O. Q.; D. G. Beresford-Jones; W. Milliken; A. Orellana; A. Smyk & J. Leguía.** 2010. An ecosystem approach to restoration and sustainable management of dry forest in southern Peru. *Kew Bulletin* 65(4): 613–641.
- Wilcox, A. C.; C. Escauriaza; R. Agredano; E. Mignot; V. Zuazo; S. Otárola; L. Castro; J. Gironás; R. Cienfuegos & L. Mao.** 2016. An integrated analysis of the March 2015 Atacama floods. *Geophysical Research Letters* 43(15): 8035–8043.
- Williams, D. G. & Z. Baruch.** 2000. African grass invasion in the Americas: ecosystem consequences and the role of ecophysiology. *Biological Invasions* 2(2): 123–140.
- Wong, W. S. D. & J. Lee.** 2005. Statistical analysis of geographic information with ArcView GIS and ArcGIS. Wiley.
- Zambrano, M.** 2017. Informe Técnico N° 087-2017-SERFOR-ATFFS MOQUEGUA TACNA/ SEDE MARISCAL NIETO. Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre Moquegua Tacna, SERFOR. Moquegua, Perú.
- Zubieta, R. & M. Saavedra.** 2017. Distribución espacial del índice de concentración de precipitación diaria en los Andes centrales peruanos: valle del río Mantaro. *Revista Científica TECNIA* 19(2): 13–22.