



UNIVERSIDAD  
DE SANTIAGO  
DE CHILE



Artículo de Investigación / Research Article

# RELACIÓN VEGETACIÓN-CLIMA EN ECOSISTEMAS DE QUEBRADA DE PEÑUELAS (2017-2020), COMUNA DE COQUIMBO, CHILE

VEGETATION-CLIMATE RELATIONSHIP IN THE QUEBRADA DE PEÑUELAS ECOSYSTEM (2017-2020), COMMUNE OF COQUIMBO, CHILE

## Correspondencia

Julio Maureira  
p.maureiracuevas@gmail.com  
Colegio María de Andacollo  
Coquimbo

## Autores

Elena Cancino  
Jessica Opazo  
Benjamín Ossa  
Peter Marín  
Antonella Quezada  
Isaura Lok

Colegio María de Andacollo  
Coquimbo

## Docente Guía

Julio Maureira  
Colegio María de Andacollo

## Evaluador

Rodrigo Vidal  
Universidad de Santiago de Chile

<https://doi.org/10.35588/bc.v6i2.107>

Artículo Recibido: 21 de junio, 2022

Artículo Aceptado: 12 de agosto, 2022

Artículo Publicado: 30 de diciembre, 2022



## Resumen

El impacto de la actividad humana se extiende por todo el planeta modificando los factores abióticos como, por ejemplo, las precipitaciones y temperaturas que influyen en la organización de las interacciones ecológicas. De este modo, el objetivo fue evaluar la relación vegetación-clima en ecosistemas presentes en la Quebrada de Peñuelas durante cuatro años (2017-2020). Los resultados evidenciaron que hasta el año 2020 se identificaron 35 especies, el que destaca un 74% de endemismo. Además, los datos obtenidos a partir del cálculo del índice ombrotérmico validan el tipo de clima árido presente en la región, y el tipo de vegetación más representativo del sitio de estudio: Matorral desértico mediterráneo costero, que equivale a más del 50% de las especies identificadas. Por lo tanto, el avance del cambio climático está alterando la riqueza de especies de flora silvestre presente en el lugar. No obstante, es necesario considerar otros factores abióticos que modulan los pisos vegetacionales para establecer una acabada relación entre el clima y las comunidades vegetales presentes en la Quebrada de Peñuelas.

**Palabras clave:** Especies Nativas; Especies Endémicas; Ecosistemas; Factores bioclimáticos.

## Abstract

The impact of human activity extends throughout the planet, modifying abiotic factors such as rainfall and temperatures that influence the organization of ecological interactions. In this way, the objective was to evaluate the vegetation-climate relationship in ecosystems present in the Quebrada de Peñuelas for four years (2017-2020). The results showed that until the year 2020, 35 species were identified, which highlights a 74% endemism. In addition, the data obtained from the calculation of the ombrothermic index validate the type of arid climate present in the region and the most representative type of vegetation of the study site: Coastal Mediterranean desert scrub, which is equivalent to more than 50% of the identified species. Therefore, the advance of climate change is altering the richness of species of wild flora present in the place. However, it is necessary to consider other abiotic factors that modulate the vegetation levels to establish a complete relationship between the climate and the plant communities in the Quebrada de Peñuelas.

**Keywords:** Native species; Endemic species; Ecosystems; Bioclimatic factors.

## El Proyecto participó en:

- \* Congreso Regional Escolar de la Ciencia y la Tecnología 2018, PAR Explora RM Norte
- \* Expociencias Nacional 2021



# Introducción

Chile es uno de los 35 hotspots o puntos críticos de la biodiversidad mundial. Nuestro largo y angosto territorio, por sus características de aislamiento climático y geográfico causado por las barreras naturales de la Cordillera de Los Andes, el Desierto de Atacama y el Océano Pacífico, cuenta con muchas especies de flora endémica, únicas en el mundo. Sin embargo, este tesoro natural está en peligro debido al cambio climático. Además, “numerosos estudios dan cuenta de la variación del clima de Chile y los factores que determinan dicha variación” (Luebert y Pliscoff, 2019). En este contexto, el escenario de cambio climático que atraviesa el planeta, está afectando las precipitaciones y temperaturas para esta región. Squeo (2020), menciona que la región de Coquimbo atraviesa una mega sequía. En consecuencia, los ecosistemas áridos han sido identificados como uno de los más sensibles al cambio climático (Kefi *et al.*, 2007).

Los ecosistemas vienen a ser una “comunidad definida de organismos biológicos y las condiciones físicas, químicas e históricas del ambiente, mutuamente integrados, con un constante intercambio de energía y materia, que se auto-regula y sostiene dinámicamente” (Squeo *et al.*, 2001). De este modo, las plantas han tenido que desarrollar una serie de adaptaciones para soportar las rigurosas condiciones durante periodos críticos. Por lo tanto, “la sequía puede inducir el estrés oxidativo y la fotoinhibición, disminuyendo el máximo rendimiento cuántico y la tasa fotosintética (Ogaya *et al.*, 2011; Pinheiro y Chaves, 2011), disminuyendo el crecimiento (Heres *et al.*, 2012), y modificando la capacidad competitiva de las plantas” (Molina-Montenegro *et al.*, 2016).

Tomando en cuenta el fenómeno de desierto florido que ocurre en la región de Atacama, este está determinado por factores abióticos como las precipitaciones, la temperatura y luminosidad. Según Gutiérrez (2008), “este fenómeno consiste en la emergencia de más de 200 especies de plantas anuales y geófitas en la estación primaveral, activadas por lluvias invernales superiores a 15 mm”. Sin embargo, la flora en períodos donde no llueve, se encuentra en estado de latencia. “Estas formas de vidas permanecen ocultas bajo el suelo como semillas latentes en el caso de las plantas anuales, como bulbos, rizomas o cormos en el caso de las geófitas o como tallos subterráneos en el caso de las plantas arbustivas” (Gutiérrez, 2008). En este contexto, el fenómeno del desierto florido establece una alta disponibilidad de recursos temporales para la sobrevivencia de otras especies que habitan el lugar, así también como un patrón de comportamiento por el efecto de las condiciones climáticas. De modo que, existen ciertos patrones que permiten deducir la distribución de las comunidades vegetales, en relación con la distribución de los factores ecológicos que influyen sobre ella (Luebert y Pliscoff, 2019). De esta manera es útil considerar las variables bioclimáticas ya que tienen un potencial de uso en el estudio de las relaciones entre el clima y la vegetación (Luebert y Pliscoff, 2019). Ante los variados cambios que tiene las condiciones climáticas, lleva un riesgo asociado a la desaparición definitiva de muchas especies, por lo cual se vuelve urgente la necesidad de evaluar el grado de vulnerabilidad que éstas sufren. El objetivo de este trabajo fue evaluar la relación vegetación-clima en ecosistemas presentes de la Quebrada de Peñuelas durante cuatro años.



## Hipótesis

¿Cuál es el efecto del clima en la riqueza de especies vegetales presentes en la Quebrada de Peñuelas durante los últimos cuatro años?

Si los factores climáticos influyen los pisos de vegetación en ecosistemas de quebradas, entonces los cambios en las condiciones atmosféricas, afectarán la riqueza de las especies vegetales.

## Objetivo general

Evaluar la relación vegetación-clima en ecosistemas presentes de la Quebrada de Peñuelas durante cuatro años.

## Objetivos específicos

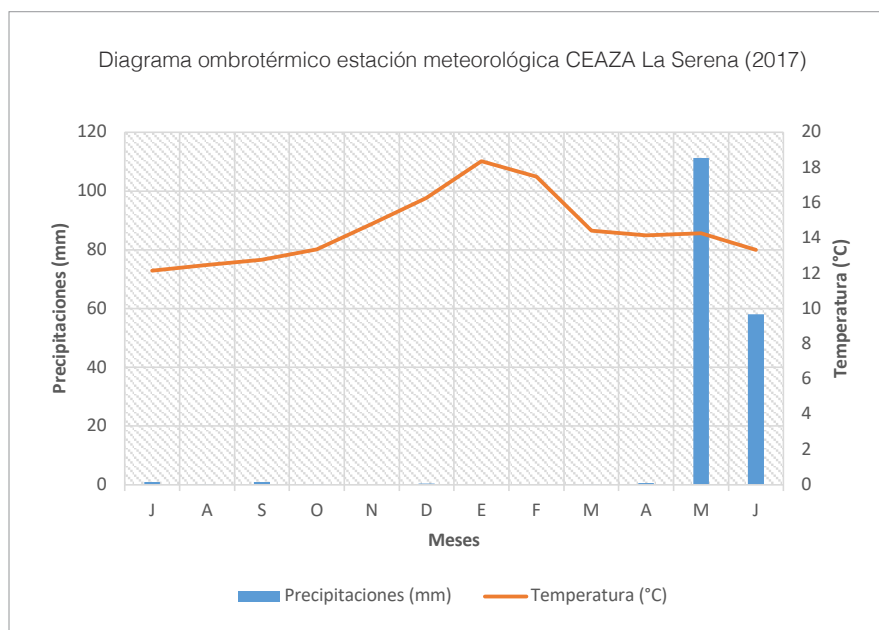
- Construir y analizar diagramas ombrotérmicos entre 2017 y 2020.
- Identificar la presencia o ausencia de especies ya descritas en años anteriores utilizando la aplicación iNaturalist.
- Comunicar a la comunidad la riqueza de la flora silvestre de la Quebrada de Peñuelas.

## Materiales y Métodos

Esta investigación se realizó en la quebrada de Peñuelas, límite natural entre las comuna de La Serena y Coquimbo, con integrantes de la Academia de Ciencias del Colegio María de Andacollo. Los materiales que se utilizaron fueron: cámara de celular, software iNaturalist, lápiz y una hoja de ruta con especies identificadas años anteriores. La metodología consistió en tres etapas:

**A) Trabajo de Campo:** Se llevó a cabo durante los meses de agosto y septiembre del año 2021. Se recorrió la quebrada (19,21 há apróx.) completando un listado de especies vegetales con su respectiva fotografía, de aquellas que fueron identificadas en años anteriores. Además se utilizó la aplicación iNaturalist (v. 1.23.21(510)) para almacenar, validar y actualizar las identificaciones de especies ya registradas.

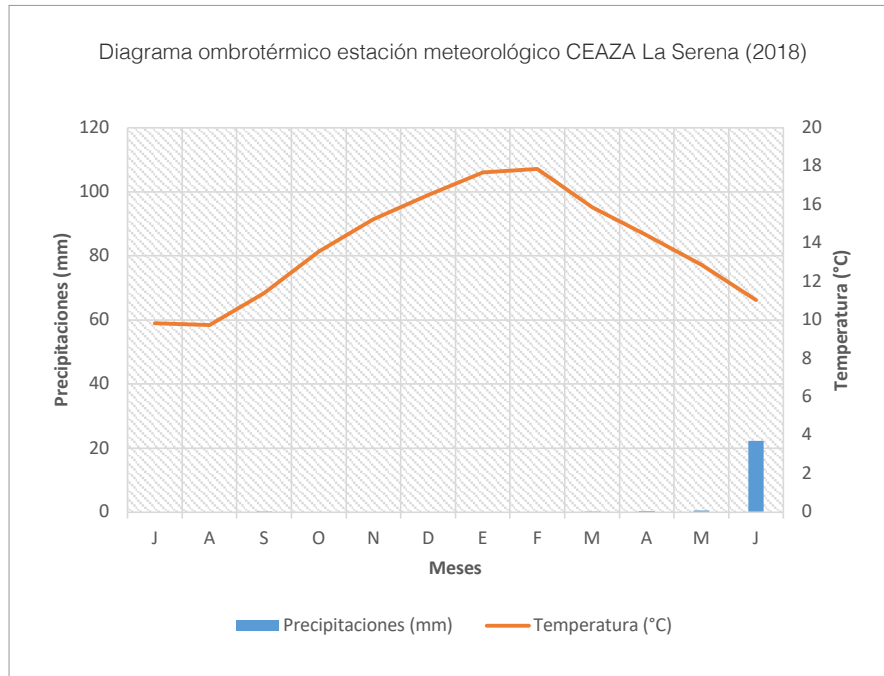
**B) Trabajo remoto:** Se buscó información bibliográfica e imágenes de la flora encontrada en la Quebrada de Peñuelas. También se obtuvieron datos climáticos de la zona, desde el 2017 al 2020, a través del centro meteorológico llamado CEAZA-met y se construyeron diagramas ombrotérmicos para cada año.



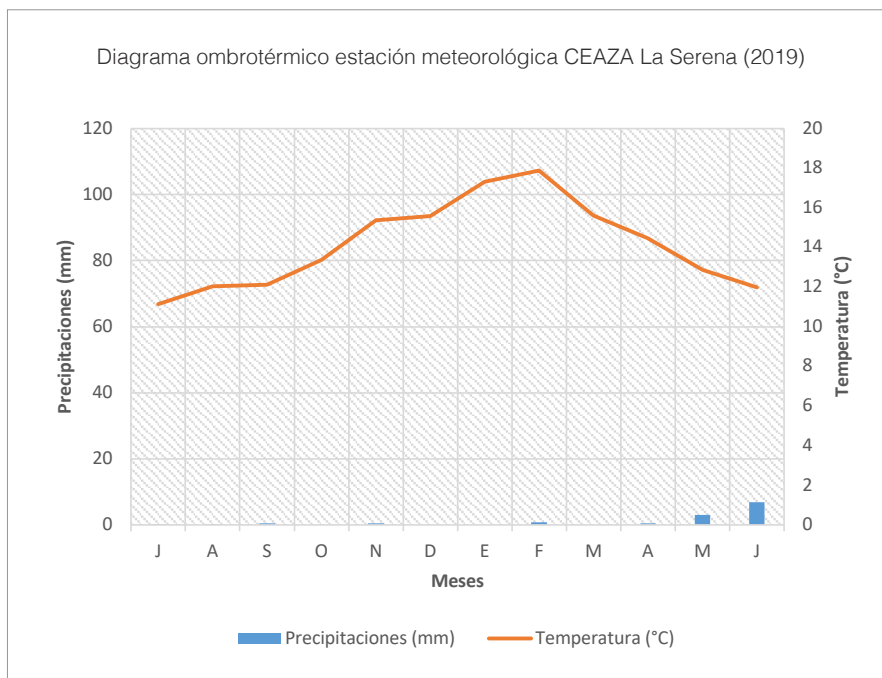
(a)

Figura N° 1. Diagramas ombrotérmicos de estación meteorológica CEAZA La Serena. Temperatura se indica con línea roja y Precipitaciones con barras azules para los años: (a) 2017; (b) 2018; (c) 2019; (d) 2020.



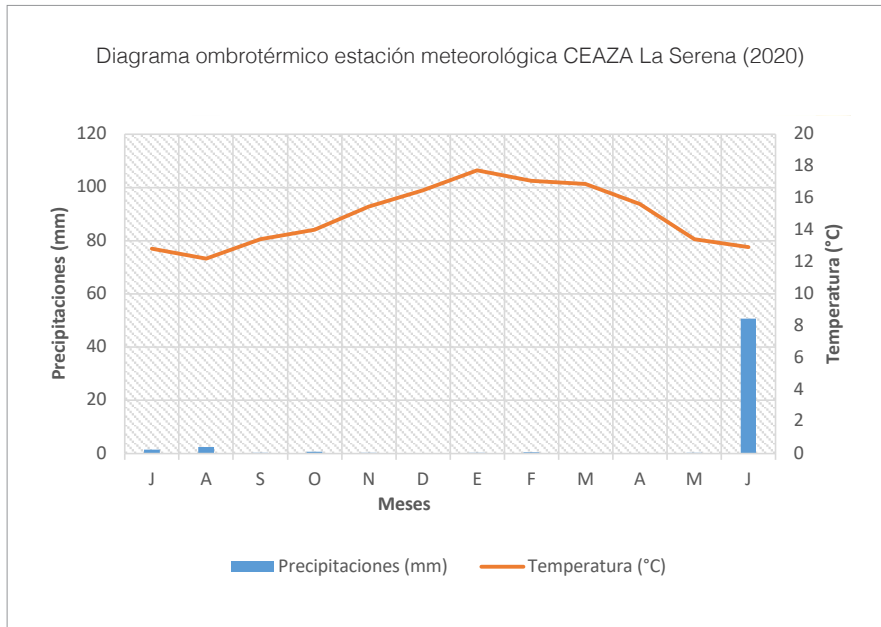


(b)



(c)





(d)

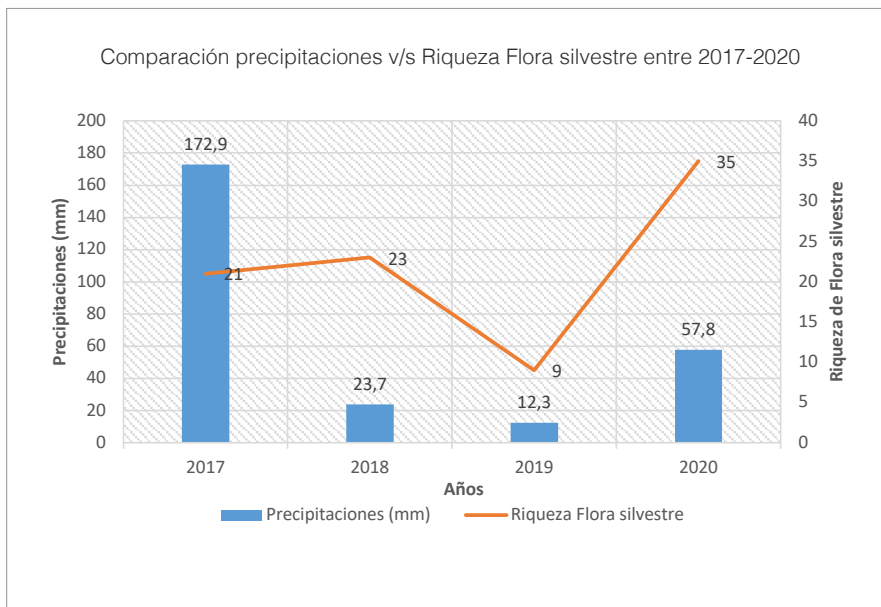


Figura N° 2. Número de especies (Riqueza) observadas v/s precipitaciones anuales en los últimos cuatro años (2017-2020) en Quebrada de Peñuelas.



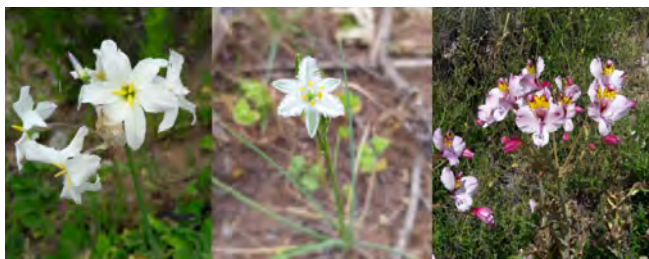


Figura.Nº 3. Imágenes fotográficas de especies vegetales que se encuentran en categoría (de izquierda a derecha) vulnerables: *Leucocoryne coquimbensis* var. *alba* y *Trichopetalum plumosum* y en peligro: *Alstroemeria magnifica* var. *magnifica*.

**C) Análisis de resultados:** Se calculó la riqueza de la flora silvestre como la suma total de especies encontradas en la quebrada el año 2020 y se analizó los datos obtenidos, comparándolos con la interpretación de los diagramas ombrotérmicos (2017-2020), para ello se calculó: temperatura media anual, amplitud térmica, índice ombrotérmico y precipitaciones totales para cada año (Figura Nº 1). Se accedió a las precipitaciones y temperaturas mensuales, de la estación meteorológica más cercana al sitio de estudio y de similar altitud, este fue el de CEAZA La Serena, ubicado a 90 msnm y 4 km del sitio en estudio.

## Resultados y discusión

Se encontraron diferencias en la Riqueza de flora silvestre para los individuos expuestos a distintas precipitaciones y temperaturas.

Con respecto al listado de especies, fueron identificadas (Tabla Nº 1) y clasificadas según su origen, estado de conservación y familia. De las 35 especies de flora silvestre que fueron identificadas, un 74,3% (26 especies) corresponde a flora endémica, 22,8% (8 especies) son nativas, y 2,9% (1 especie) es exótica (Tabla Nº 1). Cabe destacar que tres especies se encuentran en categoría de vulnerable (*Leucocoryne coquimbensis* var. *alba* y *Trichopetalum plumosum*) y en peligro (*Alstroemeria magnifica* var. *magnifica*) (Figura Nº 3).

Se obtuvo la cantidad de precipitaciones en los últimos cuatro años y que fueron las siguientes: 2017 se registró un total de 172,9 mm; 2018 con 23,7 mm; el 2019 con 12,3 mm y el 2020 con 57,1 mm. Cabe destacar que junio fue el mes que casi siempre presentó lluvias en cada año, excepto el 2017 que precipitó además en el mes de mayo. Dado estos datos se identificó que la Quebrada de Peñuelas posee un clima templado-árido. Según la literatura, este fenómeno de lluvias se debe

al desplazamiento del anticiclón del Pacífico al sur durante el verano austral generando condiciones estacionales de aridez, con precipitaciones concentradas en invierno (Luebert y Pliscoff, 2019). Por otra parte, se utilizó la propuesta de Rivas-Martínez, cuya clasificación bioclimática fue ensayada en Chile por Amigo y Martínez (1998). De este modo, bajo este marco, nos permitió comparar los valores de las variables e índices obtenidos, logrando clasificar bioclimas y piso bioclimático para cada año de estudio y supervisada con datos de la estación meteorológica CEAZA La Serena (Figura Nº 1). Por lo tanto, esta información sobre el cálculo del índice ombrotérmico, permitió definir el tipo de vegetación presente en la quebrada de Peñuelas a partir del estudio de investigación realizado por otro grupo de estudiantes del Colegio María de Andacollo, quienes compararon la flora silvestre presente entre 2017-2019 (Caimanque *et al.*, 2021). De este modo, se estableció que el tipo de vegetación presente en el sitio de estudio corresponde al de Matorral desértico mediterráneo costero. En este contexto, cabe destacar que el año pasado se revisó y actualizó, ampliando la riqueza de flora silvestre de Quebrada de Peñuelas, a 35 especies identificadas hasta el año 2020.

## Discusión

Los regímenes climáticos hídrico y térmico manifiestan una influencia combinada sobre las especies vegetales. Según los resultados anteriores, podemos inferir que las bajas precipitaciones del año 2019, afectaron directamente en la ausencia de ciertas floras silvestres de la Quebrada de Peñuelas, principalmente las que tienen forma de crecimiento herbáceo. Esto implica la importancia que tiene el recurso hídrico en el desarrollo de los vegetales. No obstante, Jara *et al.* (2006), menciona que, “las combinaciones de los factores de temperatura e iluminación, donde se produce la máxima germinación es especie dependiente”. Esto quiere decir que la germinación de las especies vegetales encontradas en el sitio de estudio, estuvo determinado por la combinación de estos factores abióticos, (...) “no germinan hasta que las condiciones ambientales sean las necesarias para asegurar el completo desarrollo de su ciclo biológico” (Jara *et al.*, 2006). De este modo es importante considerar otros factores condicionantes en el desarrollo de estas especies, como el tipo de suelo y humedad, como también las temperaturas *in situ* de cada ladera donde cohabitan las especies vegetales, dada la relevancia que tiene la topografía de quebradas, que a su vez puede generar ecosistemas diversos a poca distancia. Cabe destacar que la temperatura es uno de los principales elementos que determinan la evapotranspiración por lo que este factor fue determi-





Especie	Nombre común	Descripción	Familia	Forma de crecimiento
<i>Sphaeralcia obtusiloba</i>	Malva del cerro	Endémica	Malvaceae	semi-arbustiva
<i>Bahia ambrosioides</i>	Chamiza	Endémica	Asteraceae	arbustiva
<i>Schizanthus carlumunozii</i> var. <i>carlumunozii</i>	Mariposita	Endémica	Solanaceae	herbácea
<i>Cistanthe grandiflora</i>	Pata de Guanaco	Endémica	Portulacaceae	herbácea
<i>Solanum ligustrinum</i>	Natri, Tomatillo	Nativa	Solanaceae	herbácea
<i>Aristolochia chilensis</i>	Oreja de Zorro	Nativa	Aristolochiaceae	herbácea
<i>Encelia canescens</i>	Coronilla del Fraile	Nativa	Asteraceae	arbustiva
<i>Alstroemeria magnifica</i> var. <i>magnifica</i>	Lirio del campo	Endémica	Alstroemeriaceae	herbácea
<i>Leucocoryne coquimbensis</i> var. <i>alba</i>	Huilli	Endémica	Liliaceae	herbácea
<i>Nolana carnososa</i>	Suspiro	Endémica	Solanaceae	arbustiva
<i>Zephyrantes phycelloides</i>	Añañuca roja	Endémica	Amariyllidaceae	herbácea
<i>Flourensia thurifera</i>	Maravilla del campo	Endémica	Asteraceae	arbustiva
<i>Oxalis gigantea</i>	Churque	Endémica	Oxalidaceae	arbustiva
<i>Leucocoryne coquimbensis</i> var. <i>coquimbensis</i>	Cebollín, Huilli	Endémica	Liliaceae	herbácea
<i>Calceolaria collina</i>	Zapatitos de la Virgen	Endémica	Scrophulariaceae	arbustiva
<i>Lobelia polyphylla</i>	Tupa	Endémica	Campanulaceae	arbustiva
<i>Plectocephalus chilensis</i>	Flor del Minero	Endémica	Asteraceae	arbustiva
<i>Copiapoa coquimbana</i>	Cactus copiapoa	Endémica	Cactaceae	cactácea
<i>Trichocereus chiloensis</i>	Quisco	Endémica	Cactaceae	cactácea
<i>Loasa tricolor</i>	Ortiga caballuna	Nativa	Loasaceae	herbácea
<i>Heliotropium stenophyllum</i>	Palo Negro	Endémica	Boraginaceae	arbustiva
<i>Fumaria agraria</i>	Hierba de la culebra	Introducida	Fumariaceae	herbácea
<i>Stachys grandidentata</i>	Hierba santa	Nativa	Liliaceae	herbácea
<i>Nolana acuminata</i>	Suspiro del Mar	Endémica	Solanaceae	herbácea
<i>Tropaelum tricolor</i>	Soldadito	Endémica	Tropaeolaceae	herbácea
<i>Erythrostemon angulatus</i>	<i>retamilla, sanalotodo</i>	Endémica	Fabaceae	arbustiva
<i>Cristaria glaucophylla</i>	Malvilla	Endémica	Malvaceae	herbácea
<i>Olsynium scirpoideum</i>	Pajarito del Campo o Huilmo	Endémica	Iridaceae	herbácea
<i>Trichopetalum plumosum</i>	Flor de la Plumilla	Endémica	Asparagaceae	herbácea
<i>Adesmia microphylla</i>	Espinillo	Endémica	Fabaceae	herbácea
<i>Lupinus microcarpus</i>	Hierba del Trato	Nativa	Fabaceae	herbácea
<i>Tessaria absinthioides</i>	Brea	Nativa	Asteraceae	arbustiva
<i>Cumulopuntia leucophaea</i>	perrito, gatito	Endémica	Cactaceae	cactácea
<i>Baccharis linearis</i>	Romerillo	Nativa	Asteraceae	arbustiva
<i>Senecio</i> sp.	Senecio	Endémica	Asteraceae	arbustiva

Tabla N° 1. Clasificación de las especies de flora silvestre presentes en el sitio de estudio (2017-2020).

Años	T	Tmax	Tmin	At	Pp	Tp	Io	Bioclimas	Pisos Bioclimáticos
2017	14.5	18.36	12.15	6.21	172.9	1738.2	0.995	Mediterráneo desértico oceánico	Árido superior
2018	13.8	17.86	9.74	8.12	23.7	1660.4	0.143	Mediterráneo Hiperdesértico	Ultrahiperárido superior
2019	14.2	17.88	11.14	6.74	12.3	1698	0.072	Mediterráneo Hiperdesértico	Ultrahiperárido inferior
2020	14.8	17.74	12.21	5.53	57.1	1781.3	0.321	Mediterráneo desértico oceánico	Hiperárido inferior

Tabla N° 2. Variables e índices bioclimáticos de estación meteorológica CEAZA La Serena entre 2017-2020 a 90 m.s.n.m.

- T: Temperatura media anual (°C)  
 Tmax: Temperatura media del mes más cálido del año (°C)  
 Tmin: Temperatura media del mes más frío del año (°C)  
 At: Amplitud térmica (Tmax – Tmin)  
 Pp: Precipitación positiva anual: suma de las precipitaciones de los meses cuya temperatura media es mayor a 0°C (mm)  
 Tp: Temperatura positiva anual: suma de la temperatura media de los meses cuya temperatura es mayor a 0°C (10x°C)  
 Io: Índice ombrotérmico 10x(Pp/Tp)



nante al momento de presentar un año con muy bajas precipitaciones como lo fue el 2019. Ya que, se infirió en primera instancia, que la ausencia de flora silvestre cercano al 60%, fue debido a las bajas precipitaciones correspondientes al año 2019. De este modo no hubo la humedad necesaria para completar el ciclo de vida de la planta. Por otro lado, al comparar las precipitaciones de los años 2017, 2018 y 2020, no se evidenció diferencias significativas en el número de especies de flora silvestre. Tal vez lo mencionado por Armesto *et al.* (1993), responde a este fenómeno, menciona que, el umbral mínimo para la germinación de la especie vegetales en zonas de bajas precipitaciones están sobre los 15 mm (Gutiérrez, 2008). En este contexto, se justifica la ausencia de la flora silvestre para el año 2019, porque presentó lluvias de 12.3 mm en todo el año pero 6.8 mm para el mes más lluvioso (junio) en la comuna de Coquimbo, correlacionándose con la presencia de 9 especies del total de flora registradas hasta ese año de investigación.

Esto nos llevó a pensar que este tipo de vegetación, maximizan los recursos para lograr desarrollarse por ciclos cortos de vida adaptándose al clima que influye en estos ecosistemas. Además, uno de los rasgos más notables del clima de esta zona es la variación interanual de las precipitaciones, como lo evidenciado en los diagramas ombrotérmicos elaborados, donde las concentraciones en las lluvias varían de un año a otro, ocurriendo periodos de uno o más años secos (Luebert y Plissock, 2019). A pesar de los resultados obtenidos sobre la riqueza de flora silvestre presente el año pasado, y que se corresponden con las bajas precipitaciones anuales para la comuna de Coquimbo, aún es necesario profundizar en los factores abióticos y sobre el avance y efecto del cambio climático en esta localidad y como este puede alterar la riqueza de especies de flora silvestre y los ecosistemas presentes en el sitio de estudio.

## Conclusión

Por lo tanto, se concluye que se aprueba nuestra hipótesis, la cual indica que los cambios atmosféricos afectan la riqueza de especies vegetales y determinan el tipo de vegetación presente en ecosistemas de la Quebrada de Peñuelas. No obstante, debemos considerar que la germinación y desarrollo de la flora silvestre se debe a una combinación de factores como: temperatura, luminosidad, precipitaciones y textura del sustrato presente en el sitio de estudio para determinar dicho fenómeno. De este modo, existe una relación vegetación-clima ya que se constató en la literatura que para climas áridos-mediterráneos el tipo de vegetación predominante es de matorral como *Helliotropium stenophyllum* y *Oxalis gigantea* y que se evidenció su presencia en Quebrada de Peñuelas.

## Bibliografía

- Ahumada C, Baeza B, Caimanque A, Maturana L, Riffo F. 2021. Comparación de la flora silvestre de Quebrada de Peñuelas: Un registro de tres años (2017-2019). Brotes científicos 5: 17-23. <https://doi.org/10.35588/bc.v5i2.94>
- Amigo J, Ramírez C. 1998. A bioclimatic classification of Chile: Woodland communities in the temperate zone. Plant Ecol 136: 9-26. <https://doi.org/10.1023/A:1009714201917>
- CEAZA. 2022. Red de estaciones meteorológicas CEAZA-met, Chile. <https://www.ceazamet.cl>
- Ecosistemas chilenos en riesgo frente a la exposición climática futura. 2021. <https://www.capes.cl/2021/07/ecosistemas-chilenos-en-riesgo-frente-a-la-exposicion-climatica-futura>
- Gutiérrez JR. 2008. El desierto florido en la Región de Atacama. Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: Región de Atacama, 285–291.
- Heres AM, Martínez-Vilalta J, Claramunt B. 2012. Growth patterns in relation to drought-induced mortality at two Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sites in NE Iberian Peninsula. Trees 26: 621-630.
- Hoffmann AJ. 1998. Flora silvestre de Chile Central, Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile.





INIA. 2020. Flora nativa del Desierto de Atacama ¿Qué falta para aumentar su protección? <https://www.youtube.com/watch?v=wBJeYK6HIAw>

Jara PA, Arancio G, Moreno R, Carmona MR. 2006. Factores abióticos que influyen la germinación de seis especies herbáceas de la zona árida de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 79: 309–319. <https://doi.org/10.4067/s0716-078x2006000300003>

Kéfi S, Rietkerk M, Alados C, Pueyo Y, Papanastasis VP, ElAich A, de Ruiter PC. 2007. Spatial vegetation patterns and imminent desertification in Mediterranean arid ecosystems. *Nature* 449: 213–217. <https://doi.org/10.1038/nature06111>

Luebert F, Plischoff P. 2019. Sinopsis bioclimática y vegetacional de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile.

Molina-Montenegro MA, Galleguillos C, Oses R, Acuña-Rodríguez IS, Lavín P, Gallardo-Cerda J, Torres-Díaz C, Díez B, Pizarro GE, Atala C. 2016. Adaptive phenotypic plasticity and competitive ability deployed under a climate change scenario may promote the invasion of *Poa annua* in Antarctica. *Biol Invasions* 18: 603-618. <https://doi.org/10.1007/s10530-015-1033-x>

Naturalista. 2021. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. <http://www.naturalista.mx>

Ogaya R, Peñuelas J, Asensio D, Llusia J. 2011. Chlorophyll fluorescence responses to temperature and water availability in two co-dominant Mediterranean shrub and tree species in a long-term field experiment simulating climate change. *Environ Exp Bot* 73: 89-93.

Pinheiro C, Chaves MM. 2011. Photosynthesis and drought: can we make metabolic connections from available data? *J Exp Bot* 62: 869-882.

Squeo FA, Arancio G, Gutiérrez JR, Torres JM. 1977. Libro rojo de los lepidópteros ibéricos By Manuel G. de Viedma and Miguel R. Gomez Bustillo. Instituto Nacional para la Conservación de la Naturaleza. Madrid, Spain. (Book review) 1976. *Biol Conserv* 12: 80-81. [https://doi.org/10.1016/0006-3207\(77\)90062-3](https://doi.org/10.1016/0006-3207(77)90062-3)

Squeo FA, Arancio GINA, Cavieres L, Gutiérrez JR, Muñoz M, Marticorena C. 2001. Análisis del estado de conservación de la flora nativa de la IV Región de Coquimbo. Libro Rojo de la Flora nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena, Chile.

Wurzburger N, Ford-Miniat C (2014) Drought enhances symbiotic dinitrogen fixation and competitive ability of a temperate forest tree. *Oecologia* 174:1117–1126

