

FLORA Y VEGETACIÓN DE HUMEDALES COSTEROS EN EL RÍO COPIAPÓ, ATACAMA, CHILE Y EL IMPACTO DEL ALUVIÓN DE 2015.

FLORA AND VEGETATION OF COASTAL WETLANDS OF THE COPIAPÓ RIVER, ATACAMA, CHILE AND THE IMPACT OF THE 2015 FLOOD.

Carlos Ramírez¹, Renato Westermeier², José Miguel Fariña¹, Cristina San Martín³, Juan Carlos Ramírez⁴, Osvaldo Vidal⁵, Nelson Ojeda⁴, Yéssica Pérez⁶, Manuel Morales⁷

RESUMEN

Se estudiaron la flora, la vegetación y el efecto sobre la primera del aluvión de marzo de 2015 en dos humedales costeros (Las Salina y Desembocadura del río Copiapó) ubicados en la región de Atacama, Chile. La flora estuvo compuesta de 21 especies de una tabla fitosociológica de 88 censos, de 11 especies recolectadas fuera de los censos y de 12 que aparecieron después del aluvión de 2015, totalizando 44 especies. En el espectro biológico dominaron fanerófitos, caméfitos y hemicriptófitos. Se distinguieron 4 formaciones vegetales: acuática sumergida, pantanos de grandes helófitos, marismas y bosques. Se determinaron 10 asociaciones vegetales: 2 sumergidas *Ruppium maritima* y *Charetum*- *asoc. nova* prov., 3 pantanosas de grandes helófitos *Typhaetum angustifoliae*, *Phragmitetum australis*, *Schoenoplectetum californiae*, 5 de marismas *Schoenoplectetum americanae*, *Chorizantho-Sarcocornietum neeii* *asoc. nova*, *Tessario-Distichletum spicatae* *asoc. nova*, *Tessario-Juncetum acutae* *asoc. nova* y una boscosa *Geoffretetum decorticans* *asoc. nova*. Se describen las asociaciones nuevas, se añaden tablas fitosociológicas y se designa un censo tipo para cada una. Se discuten estos resultados y la flora se compara con la de otros 5 humedales costeros del Norte Grande de Chile, demostrando la falta de estudios básicos de flora y vegetación en ellos.

Palabras Clave: Humedales costeros, Vegetación, Aluvión, Desierto, Norte Grande, Chile

ABSTRACT

The flora, vegetation and the effect on the first from the March 2015 flood on two coastal wetlands (Las Salinas and Copiapó river mouth) located in the Atacama Region of Chile. The flora consisted of 21 species from a phytosociological table of 88 vegetation samples, 11 species collected outside the samples and 11 that appeared after the 2015 flood, giving in total 44 species. In the biological spectrum, phanerophytes, camephytes and hemicryptophytes dominated. Four plant formations were distinguished: submerged aquatic plants, swamp with large helophytes, marshes and forests. Ten plant associations were determined: 2 submerged *Ruppium maritima* and *Charetum*- *asoc. nova* prov., 3 swamps with large helophytes *Typhaetum angustifoliae*, *Phragmitetum australis*, *Schoenoplectetum californiae*, 5 from marshes *Schoenoplectetum americanae*, *Chorizantho-Sarcocornietum neeii* *asoc. nova*, *Tessario-Distichletum spicatae* *asoc. nova*, *Tessario-Juncetum acutae* *asoc. nova* and 1 forest *Geoffretetum decorticans* *asoc. nova*. New associations are described, adding phytosociological tables and a type vegetation sample is designated for each one. These results are discussed and the flora is compared with that of 5 other coastal wetlands in the Norte Grande of Chile, demonstrating the lack of basic studies of flora and vegetation in them.

Keywords: Coastal wetlands, Vegetation, Flood, Desert, Big North, Chile

1 Center of Applied Ecology and Sustainability (CAPES), Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

2 Instituto de Acuicultura, Sede Puerto Montt, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.

3 Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

4 Departamento de Ciencias Forestales, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad de La Frontera, Temuco, Chile.

5 Instituto de la Patagonia, Universidad de Magallanes, Punta Arenas, Chile.

6 Unidad de Gestión Ambiental, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

7 Instituto de Gestión e Industria, Sede Puerto Montt, Universidad Austral de Chile, Puerto Montt, Chile.

Fecha de recepción: 21 de octubre de 2021.

Fecha de aprobación: 30 de noviembre de 2021.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son ecosistemas donde el nivel freático está muy cerca del suelo o lo supera, presentando anegamiento que puede ser estacional o permanente (Ramsar 1971, 2006). Son importantes en el ciclo hidrológico, como reservorios de agua y, por lo tanto, reguladores del microclima y de su disponibilidad para uso humano (Zedler y Kercher, 2005). Son objeto de conservación, especialmente importantes en la crisis hídrica inducida por el cambio climático y por el alto consumo humano debido al aumento de la población que se acerca a 7900 millones de habitantes según datos de <https://worldometers.info> ([https:// worldometer.info](https://worldometer.info) consultado en 2022). Además, juegan un papel importante en el secuestro de carbono con lo que también ayudarían a reducir el efecto invernadero (Arellano et al., 2013).

Los humedales continentales chilenos se pueden separar en tres grandes grupos por su posición en el relieve transversal del país, los primeros, humedales costeros, se ubican en la zona litoral pacífica, situándose al norte de la desembocadura de los ríos de la Zona Central y Centro-Sur de Chile, por ejemplo, los ríos Valdivia, Bueno, Carampangue, Itata. (Urrutia y Soto, 2015). Los segundos, humedales interiores, se presentan en la zona intermedia de tierras bajas en el centro y sur de Chile y en los planos inclinados de este a oeste, de la zona desértica. Los humedales altoandinos se presentan en altas altitudes de la región andina (Ruthsatz, 1993). Los primeros son abundantes a lo largo de todo Chile, los segundos se presentan como escasos ríos (quebradas) y salares en la zona desértica, como ríos, lagunas, lagos y turberas y bosques pantanosos de Mirtáceas desde la zona mediterránea de Chile central hasta la Patagonia (San Martín et al., 2008). Los humedales andinos están formados por bofedales (pantanos andinos) a lo largo de toda la cordillera acompañados del rithron de los ríos y de lagunas en la zona central y sur y por salares y lagunas, en el norte (Ruthsatz, 1993; Ramírez et al., 2002).

Todos los humedales chilenos presentan problemas para su conservación por el impacto del turismo y las construcciones humanas en la zona costera, a la minería en el norte y a la ganadería y agricultura en la depresión intermedia del centro-sur del país. Los humedales andinos son muy afectados por la minería y por asentamientos

humanos con ganadería de subsistencia que los eutrofizan (Cortez, 2010; Ramírez y Beck, 1981). Además, todos ellos pueden verse alterados en forma natural por terremotos, alzamientos y hundimientos de terreno, deslizamientos de tierra y por aluviones (Valdovinos et al., 2017).

Los abundantes humedales costeros que, generalmente tienen el carácter de marismas salobres, han sido estudiados en la zona central y centro-sur del país hasta Chiloé, pero son bastante desconocidos en el Norte Grande y Norte Chico de Chile, es decir, desde la Región de Arica-Parinacota hasta la de Valparaíso, aunque están siendo sometidos a una fuerte presión antrópica principalmente como lugares de veraneo, incluso de vida, siendo colonizados ilegalmente en forma intensa (Fariña y Camaño, 2017; Urrutia y Soto, 2015; Marquet et al., 2017). Para incrementar el conocimiento de los mismos presentamos esta línea base de la flora y vegetación del extenso humedal en la desembocadura del río Copiapó que se extiende hacia el norte como humedal de "Las Salinas" en la Región de Atacama, Chile.

El objetivo principal de este trabajo era conocer la diversidad florística y vegetacional de estos humedales, pero un mes después de terminados los levantamientos en terreno, se presentó el aluvión del mes de marzo de 2015 que destruyó todo el humedal cubriéndolo con barro, agua y desperdicios, por ello, estudiar la recuperación de los mismos se puso como segundo objetivo para conocer la capacidad de resiliencia del humedal con sus especies propias o con otras colonizadoras, transportadas por el aluvión. De acuerdo a nuestra experiencia en humedales de Chile Central, que muestran una gran capacidad de recuperación, supusimos que efectivamente podrían llegar especies nuevas, pero que el humedal se recuperaría con las propias y en muy corto tiempo.

MATERIAL Y METODOS

LUGAR DE TRABAJO

Los humedales investigados se sitúan inmediatamente en y al norte de la desembocadura del río Copiapó en la planicie litoral (Figura 1). La estación meteorológica más cercana corresponde al Puerto de Caldera y al balneario de Bahía Inglesa (27°05'lat. S y 70°58'W) situados aproximadamente 42 km al norte del lugar de trabajo. El diagrama climático ombrotérmico

(Figura 1 recuadro) muestra que se trata de un clima semidesértico con fuerte influencia marina, que presenta 16,1°C. como temperatura promedio anual, humedad relativa de 80% y precipitaciones de 25,8 mm promedio anual, que permiten el desarrollo del llamado desierto florido (Hajek y Di Castri, 1975; Hoffmann et al., 2015). En ellos se presentan albuferas con agua salobre y abundante vegetación sumergida, marismas y el estuario del río, con agua lóctica de menor salinidad, que permite el desarrollo de pantanos con grandes helófitos (plantas palustres emergidas). El humedal de Las Salinas está separado del mar por dunas de arena y su vegetación terrestre está dominada por marismas. En diciembre de 2021 el Ministerio de Medio Ambiente de Chile, incorporó 115,2 hectáreas con el nombre de humedales de la “Desembocadura del Río Copiapó” al Plan Nacional de Protección de Humedales, en la Comuna de Caldera, Provincia de Copiapó, Chile, motivado por su importancia como refugio para avifauna tanto residentes permanentes, como también para especies migratorias.

MÉTODOS

La riqueza florística del humedal de Las Salinas se obtuvo de la primera columna de una tabla de vegetación formada por 88 censos levantados en toda la superficie del humedal, agregándose a ellas las especies encontrada fuera de las parcelas censadas y aquellas que se prospectaron directamente en el humedal con posterioridad a la destrucción del mismo con el aluvión de 2015. Las especies no conocidas se colectaron para proceder a su determinación utilizando la literatura pertinente (Cook et al., 1974; Ramírez y Álvarez, 2017; Ramírez y San Martín., 2006, 2018). La clasificación de ellas sigue al esquema de Rodríguez y Marticorena (2019) que utilizan Clases, Familias y Géneros y que incluyen, además, la nomenclatura actualizada de todas las especies vegetales chilenas conocidas hasta la fecha de esa publicación. El origen fitogeográfico sigue los mismos autores, junto con la revisión de Zuloaga et al. (2008) y de Matthei (1995) para las malezas. Para la confección del espectro biológico de la flora se utilizaron las formas de vida Raunkaier (1934) revisadas por Mueller-Dombois y Ellenberg (1974).

VEGETACIÓN

En terreno se levantaron 88 censos fitosociológicos formándose una tabla de vegetación con 21

especies vegetales en la primera columna y 88 censos en las restantes. En ella se calcularon los valores de importancia de cada especie según Wikum y Shanholtzer (1978). Para el cálculo, primero se estimó la frecuencia (presencia) de las especies, es decir, el número de censos en que están presentes. Los valores obtenidos se sumaron hacia abajo y el total fue utilizado para estimar el porcentaje de esta frecuencia total, aportada por cada especie (frecuencia relativa). Sumando el total de las coberturas en los censos en que la especie está presente, se obtuvo un total que sirvió para estimar el porcentaje de contribución de cada una en la tabla (cobertura relativa). Por último, se sumaron los porcentajes de frecuencia y cobertura relativas de cada especie, obteniéndose así un valor de importancia de cada especie en la tabla (Ramírez et al., 1997). Este valor puede sumar cómo máximo 200 y no tiene medida, ya que sólo entrega un orden relativo (un “ranking”) para cada especie en esa tabla de vegetación, por lo tanto, no son comparables con los valores de importancia de otras tablas diferentes.

Para el levantamiento de los censos de la vegetación se trabajó con metodología fitosociológica creada por Braun-Blanquet (1979) a comienzos del siglo pasado y modificada con posterioridad por Knapp (1984), Dierschke (1994) y Dengler et al. (2008). Los censos se levantaron en parcelas de 25 m² (5 x 5m), con excepción de aquellos practicados en albuferas con vegetación principalmente acuática sumergida, que fueron de 4 m². La abundancia de los individuos de una especie en una parcela fue calculada a simple vista por 3 expertos y expresada directamente en porcentaje de la misma. Valores bajo 1% (“+” y “r” en la fitosociología tradicional) se subieron a la unidad (Comparar con Knapp, 1984). De esta manera se facilita el cálculo matemático posterior en las tablas. La tabla inicial con 88 censos y 21 especies se ordenó tradicionalmente, buscando especies diferenciales que separen grupos de censos, asimilables a asociaciones vegetales y estas fueron a su vez ordenadas en grupos de formaciones vegetales, utilizando su espectro biológico de acuerdo a los criterios de Mueller-Dombois y Ellenberg (1974), Schmithüsen (1968) y Ramírez et al. (1997). Se distinguieron tres tipos de asociaciones vegetales: aquellas ya descritas y nominadas, otras descritas en forma provisoria en este trabajo (asoc. nova. prov.) por falta de algún antecedente o por presentar pocos censos y aquellas nuevas (asoc. nova) para las cuales se

propusieron sus correspondientes nombres científicos y el censo considerado "tipo" en la tabla de vegetación, de acuerdo a las normas de nomenclatura fitosociológica (Izco y Del Arco, 2003). En este trabajo las asociaciones vegetales se escriben en cursiva y negrita para diferenciarlas de las especies que van sólo en cursiva.

RESULTADOS

Los resultados presentados a continuación, corresponden al mes de enero de 2014, antes del aluvión. La flora de los humedales de la desembocadura del río Copiapó y de Las Salinas y terrenos adyacentes estuvo formada por 44 especies vegetales, 21 (47,73% del total) de ellas se encontraron en las 88 parcelas censadas, 11 (25,00%) fueron colectadas fuera de ellas y, 12 (27,27%) aparecieron en el humedal con posterioridad al aluvión del río Copiapó que cubrió con barro todo el ecosistema en 2015 (Tabla 1). Un resumen de las características de la totalidad de la flora se presenta en la Tabla 2, que entrega el nombre científico completo incluido autores. Luego se agregan el nombre común si existe, el gran grupo de clasificación (Algas, Monocotiledóneas y Dicotiledóneas) el origen fitogeográfico de ellos (nativo, endémico o introducido) y, por último, la forma de vida (Fanerófitos, Caméfitos, Hemicriptófitos, Criptófitos y Terófitos).

RIQUEZA FLORÍSTICA

La riqueza florística de la Tabla 2 se repartió en 35 géneros y 21 familias, los géneros *Atriplex* y *Baccharis* presentaron 3 especies cada uno, *Atriplex deserticola*, *A. mucronata* y *A. semibaccata* el primero y *Baccharis linearis*, *B. glutinosa* y *B. salicifolia*, el segundo. Con 2 especies figuran los géneros *Juncus*, *Sarcocornia*, *Schoenoplectus* y *Adesmia*, a saber: *Juncus cyperoides* y *J. acutus*, *Nolana carnososa* y *N. crassulifolia*, *Sarcocornia neei* y *S. andina*, *Schoenoplectus americanus* y *S. californicus*. El resto de los géneros (21) presentaron sólo una especie cada uno.

Se encontraron 21 familias, la primera de ellas corresponde a las Poaceae (Gramíneas o pastos) con 8 especies (*Cortaderia speciosa*, *Cynodon Dactylon*, *Distichlis spicata*, *Muehlenbergia asperifolia*, *Phragmites australis*, *Polypogon monspeliensis* y *Rostraria cristata*), la segunda de ellas es la familia Chenopodiáceas con 6 especies (las tres especies del género *Atriplex* ya citadas, las dos especies del género *Sarcocornia* ya

nombradas y *Suaeda foliosa*) y la Tercera las Asteraceae (compuestas) con 5 especies: las tres especies del género *Baccharis* ya nombradas anteriormente, *Tessaria absinthioides* y *Pluchea chingoyo*. Las familias Cyperaceae (Cortaderas) y Fabaceae (Leguminosas) presentaron 3 especies cada una, las dos especies de *Schoenoplectus* citadas anteriormente y *Adesmia aegiceras*, *Geoffrea decorticans* y *Prosopis chilensis*. Luego en orden descendente, hay 3 familias con dos especies cada una Euphorbiaceae (*Croton chilense* y *Ricinus communis*), Juncaceae (*Juncus acutus* y *J. cyperoides*) y Solanaceae (*Nolana carnososa* y *N. crassulifolia*). El resto de las familias (13) tienen una sola especie cada una.

CLASIFICACIÓN Y ORIGEN

Las 44 especies encontradas se pueden reunir en tres Clases Chlorophyta (Algas verdes), Monocotiledóneas y Dicotiledóneas, a la primera pertenece una sola especie el alga verde *Chara* sp. con 2,28% (Tabla3). La segunda presenta 17 especies con 40,90% y la última es la más abundante incluyendo 26 especies, es decir, 56,82% del total. Según el origen de estas especies se pueden clasificar en 34 (76,74%) nativas y 10 (22,72%) introducidas. De las 34 especies nativas, 8 (24,24%) son endémicas, es decir, presentan un área restringida, en el país (Tabla 3).

ESPECTRO BIOLÓGICO

Las formas de vida sólo se han definido para las plantas con cormo, es decir aquellas, que tienen tallo, raíz y hojas, por esto la especie de *Chara* sólo la hemos indicado como Alga, con una incidencia de 2,27% de la flora total (Tabla 3). El resto de las especies componentes de la flora vascular han sido clasificadas en las verdaderas formas de vida en las cuales hay 10 (22,73%) fanerófitos, es decir, plantas leñosas árboles o arbustos. De estos sólo dos suelen alcanzar el porte arbóreo, *Geoffrea decorticans* y *Prosopis chilensis*. Nueve (20,45%) son caméfitos plantas leñosas subarborescentes o pulviniformes y hierbas altas. Existen, además, 16 hemicriptófitos (36,36%) del total de especies, se trata de hierbas perennes, de pequeño tamaño, que resisten pisoteo y pastoreo. Los criptófitos corresponden a geófitos (plantas con órganos subterráneos de reserva) que sobreviven en la época desfavorable, a helófitos (plantas emergidas palustres o de pantano) e hidrófitos (plantas acuáticas sumergidas, natantes o flotantes libres) y a pesar de tratarse de un humedal, su número está

restringido a sólo 6 especies con 13,64%. Se trata de las plantas palustres altas emergidas *Phragmites australis*, *Schoenoplectus americanus*, *S. californicus* y *Typha angustifolia* junto con las especies sumergidas, *Ruppia maritima* y *Zannichellia palustris*, la primera formando grandes poblaciones. Los terófitos, hierbas de vida corta (anuales o bianuales) que abundan en climas secos, sólo está presentes con 2 especies, *Cristaria aspera* y *Rostraria cristata*, ambas nativas, que corresponden a 4,55% de la flora total

VEGETACIÓN

En la Tabla 4, se observa que las especies de marismas *Distichlis spicata* y *Sarcocornia neei* fueron las más importante con valores de 57,46 y 39,95 respectivamente. Le siguieron en orden de importancia descendente *Ruppia maritima* (15,819), *Tessaria absinthioides* (14,75), *Geoffrea decorticans* (12,62), *Chara* sp. (11,76) y *Typha angustifolia* (11,58). El resto de las especies tuvo valores de importancia inferior a 10. La mitad superior de las especies presentadas en la tabla sirvieron para ordenar la tabla original en posibles comunidades o asociaciones vegetales.

FORMACIONES VEGETALES

Se presentaron 4 formaciones vegetales: Acuática sumergida en albuferas, Pantanos con helófitos de gran tamaño a orillas del río Copiapó, Marismas o pantanos salobres que ocupan la mayor parte del humedal de Las Salinas y Bosques en los bordes de este. La primera formación pudo subdividirse en 2, la segunda en 3 y la tercera en 4 asociaciones vegetales. Sólo se encontró una asociación boscosa, a veces arbustiva. En la Tabla 5 se resume esta estructura de la vegetación, agregándose, además, el número de censos levantados y considerados en cada una de ellas.

ASOCIACIONES VEGETALES

La Tabla 6 muestra un resumen de las 10 asociaciones encontradas en la estructura de la vegetación del humedal de "Las Salinas". Entregando la formación vegetal a que pertenecen, el nombre común de cada comunidad y el nombre científico de ellas con sus correspondientes autores y año de la descripción, cuando existen. Cinco asociaciones habían sido ya reconocidas (descritas) en la literatura fitosociológica. La otra mitad corresponde a asociaciones vegetales nuevas aún no descritas y, por lo tanto,

desconocidas para la ciencia. Una de ellas se propone en forma provisoria, dado que la especie característica de ellas (*Chara* sp.) aún es desconocida y no tiene nombre científico. Las otras 4 comunidades encontradas, se describen como asociaciones nuevas para la ciencia.

DESCRIPCIÓN DE LAS ASOCIACIONES ENCONTRADAS

Las dos primeras asociaciones encontradas corresponden a *Ruppium maritimae* descrita ya en el año 1927 en Europa y a una asoc. nova prov. *Charetum*, ambas colonizan lagunas salobres, ocasionalmente en contacto con el mar (albuferas) ubicadas en el interior del humedal, viviendo sumergidas (Tabla 7), pero adheridas al sustrato. La cobertura de ellas se aproxima a 100% o lo superan, debido a la estratificación. Las dos comunidades son limítrofes ocupando el *Charetum* los lugares más someros y el *Ruppium maritimae* los más profundos. Por los bordes de las albuferas penetran a ella especies propias de marismas, tales como, *Distichlis spicata* y *Sarcocornia neei*. En un solo censo apareció *Zannichellia palustris*, hierba sumergida y arraigada al sustrato

La formación de pantano emergida está formada por grandes helófitos (plantas palustres) y se presentaron principalmente en las orillas del río Copiapó, por resistir menor salinidad. Las tres han sido ya descritas para Chile. De la asociación *Typhaetum angustifoliae* se tomaron 7 censos, debido a una mayor abundancia de la comunidad que soporta mayor salinidad. De la *Phragmitetum australis* se lograron levantar 3 censos y de la *Schoenoplectetum californiae* sólo uno, debido a escasas de rodales en el humedal. (Tabla 8). Estos pantanos ribereños suelen sobrepasar dos metros de altura.

La formación de marismas fue la más diversificada y con mayor presencia en los humedales estudiados. En esta formación se diferenciaron 4 asociaciones vegetales perfectamente distinguibles por las especies diferenciales: *Schoenoplectus americanus*, *Chorizante vaginata*, *Tessaria absinthioides* y *Juncus acutus*. El *Schoenoplectetum americanae* ha sido ya descrito en el año 2016 para las costas maulinas en el humedal de Putu, pero las otras tres asociaciones eran desconocidas y ahora las proponemos como nuevas. La *Chorizantho-Sarcocornietum* la proponemos señalando el censo 3 de la Tabla 9 (Figura 2A) como censo tipo. En la tabla 9 y en la

asociación *Chorizanto-Sarcocornietum*, la asociación más frecuente en los humedales estudiados, faltan 20 censos que no fueron incluidos en la tabla, pero se listan en un anexo ubicado al final. Para la *Tessario-Distichletum spicatae* proponemos el censo número 46 de la Tabla 9 como censo tipo y para *Tessario-Juncetum acutae*, el censo número 57 de la misma tabla (Figura 2B). La única especie presente en todos los censos de marismas es *Distichlis spicata* que disminuye ostensiblemente en la asociación *Tessario-Juncetum acutae*, de lugares más altos y que también tienen la mayor riqueza florística. Le sigue con alta frecuencia *Sarcocornia neei*, ausente solamente en algunos censos de la asociación *Tessario-Distichletum spicatae*. En esta sobresale en altura *Tessaria absinthioides* y en la última (*Tessario-Juncetum acutae*), *Juncus acutus*.

Por último, en la formación de Bosque (a veces matorral) sólo se encontró una asociación vegetal la *Geoffreetum decorticans*, comúnmente, matorral de chañar. La especie dominante es *Geoffrea decorticans*, el chañar, una hermosa leguminosa con flores amarillas y un fruto carnoso drupáceo, muy útil por las propiedades medicinales del arropo fabricado artesanalmente con él. En el estrato arbustivo abundan arbustos y hierbas de marisma, esta comunidad ocupa los terrenos más altos y menos salinos en el borde del humedal y suele ser abundante en el borde de los escasos ríos en toda la Región de Atacama. Designamos el censo número 65 de la Tabla 10 como tipo para esta nueva asociación vegetal. La altura de estos bosques frecuentemente sobrepasa los 4 m (Figura 2C y D).

La Tabla 11 presenta el número de especies y la cobertura promedio de cada asociación vegetal. Llama la atención el bajo número de especies presentes en estas formaciones del humedal, seguramente por condiciones ambientales salinas adversas. El promedio de especies aumenta de la vegetación acuática sumergida hacia la formación boscosa, pero el valor más alto (5 especies) se presenta en la marisma de Junquillo duro. En general, la cobertura promedio también es baja, indicando escasa estratificación. La más baja cobertura se presentó en la marisma de junquillo duro, señalando la presencia de alrededor de un 30% de suelo desprovisto de vegetación. Lo mismo sucede, aunque con valores más bajos, en la *Phragmitetum australis* y la *Chorizantho-Distichletum spicatae*. Al considerar la cobertura

promedio por formación se observa que sólo la formación acuática sumergida supera 100%. Los pantanos emergidos también tienen alta cobertura alcanzando un promedio de 99,14%, Los menores valores de cobertura promedio se presentaron en marismas con 90,67% con aproximadamente 10% de suelo desnudo. El bosque *Geoffreetum decorticans* estuvo próximo al 100% de cobertura.

EFFECTOS DEL ALUVIÓN DE 2015

Históricamente se han presentado otros aluviones provocados principalmente, por crecidas del río Copiapó, pero ninguno menciona los efectos de ellos sobre la flora y la vegetación (Vargas et al. Edits. 2018). El gran aluvión de fines de marzo del 2015 que, bajando por la quebrada del río Salado destruyera las casas ribereñas al río citado del pueblo de Chañaral y alterara drásticamente, la configuración de la línea costera, desapareciendo las dunas, bajó también por el río Copiapó afectando los humedales estudiados, dejando caminos y puentes cortados, destruyendo la vegetación y cubriendo el suelo de barro limoso (Figura 3 A). La vegetación del humedal completamente cubierta por este barro, desapareció por completo, este último comenzó a secarse y resquebrajarse formando grandes grietas, por las cuales comenzaron a brotar las plantas cubiertas por el barro, *Distichlis spicata*, *Sarcocornia neei* e incluso *Tessaria absinthioides*, otras demoraron más en brotar, aproximadamente 4 meses, especialmente las pequeñas plantas como *Chorizante vaginata* (Figura 2B). A los tres meses, las plantas ya estaban recuperándose, pero los espacios vacíos comenzaron a ser colonizadas por nuevas especies que no conformaban la vegetación original y que seguramente trajo el aluvión desde cultivos de Copiapó o de tierras más altas (Tabla 1). A más de un año (mayo 2016) la vegetación primitiva del humedal estaba prácticamente recuperada, pero las neófitas aún se mantenían, aprovechando el espacio libre, disponible por la baja cobertura de la vegetación.

Entre las plantas que llegaron después del aluvión figuran 7 dicotiledóneas y 5 monocotiledóneas, de ellas 7 son nativas, incluida una endémica (*Agalinis meyeniana*) y 4 introducidas (*Atriplex semibaccata*, *Rostraria cristata*, *Plantago major* y *Ricinus communis*). Entre las especies nuevas que ingresaron al ecosistema de marismas, la mayoría (8) son hemicriptófitos (hierbas perennes), además se presenta un terófito anual (*Rostraria cristata*), 2

fanerófitos arbustivos altos (*Ricinus communis* y *Pluchea chingoyo*) y un caméfito (*Sarcocornia andina*) planta suculenta cuyo rango de distribución altitudinal de su hábitat en los Andes se ubica sobre 2000 m (Figura 3C). Esta especie apareció en las grietas del suelo alóctono transportado por el aluvión que cubrió el humedal y rápidamente colonizó el sustrato seco e inestable de las dunas situadas entre este y el mar, donde está prosperando hasta hoy, seguramente en un hábitat más parecido al que tenía originalmente, a mayor altitud en los Andes. Al igual que ellas aparecieron también tres especies propias de mayores altitudes, una fue *Atriplex deserticola* que se desarrolla entre 1500 y 3000 m de altitud, *Pluchea chingoyo* que coloniza altitudes de 1000 a 2500 m y, *Agalinis meyeniana*, planta perenne y endémica que crece entre 800 y 1300 m y *Muehlenbergia asperifolia* cuya distribución altitudinal oscila entre 100 y 4700 m. Todas ellas se instalaron en el humedal donde aún permanecen (Figura 3D).

DISCUSIÓN

En los dos humedales costeros estudiados en el río Copiapó (Desembocadura y Las Salinas) se prospectaron 44 especies vegetales, lo que significa 17 especies más, que la lista de Sielfeld et al. (2012) preparada con la línea base de Squeo et al. (2006) y el informe de Andrade (2007), ambos estudios en la desembocadura del río Copiapó. Este resultado se justifica por un lado por las 12 especies nuevas transportadas por el aluvión de 2015 y por otro, por la mayor área de prospección y el esfuerzo de muestreo que significa levantar 88 censos de vegetación con metodología fitosociológica (Ramírez et al., 1997).

La diversidad florística de estos dos humedales es muy baja comparada con humedales costeros del centro y Sur de Chile (Ramírez et al., 2022), aun cuando en estos últimos, gran parte de las especies vegetales corresponden a malezas introducidas, cuyo número suele superar el 50% de la flora (Ramírez et al., 2014). En los humedales estudiados en la desembocadura del río Copiapó las especies introducidas no superan el 30%, por lo que se convierten en reservorios de flora nativa y sobre todo de endemismos. Esta baja diversidad florística contrasta con la gran diversidad de flora terrestre de la Región de Atacama, especialmente con la presencia del desierto florido (Hoffmann et al., 2015).

En el espectro biológico de la flora de los humedales estudiados es bastante parecido al de los humedales del centro-sur de Chile, especialmente por la importancia de fanerófitos, caméfitos y hemicriptófitos. Los primeros, mayoritariamente arbustivos, corresponden principalmente a especies de marismas y dunas, los segundos son muy importante en las marismas, pero presentan un tamaño más alto que lo normal y con aproximadamente la mitad de sus vástagos muertos en todo momento. Aparentemente, estos vástagos mueren anualmente, pero permanecen en la planta mientras brotan nuevos vástagos desde el lignotuber, lo que es muy notorio en *Tessaria absinthioides* y *Sarcocornia neei* que pierde hasta casi el 80% de su biomasa, cada cierto tiempo, especialmente en los meses de invierno, lo que no ocurre en humedales costeros más australes (Orshan, 1982; Orshan et al., 1985; Berger, 1986; Ramírez et al., 2014). Los autores actualmente preparan un manuscrito inédito sobre la fenología de estas mismas plantas, dado que es difícil relacionar estos resultados con el cambio climático, al no existir datos anteriores al respecto.

Aunque la presencia del género *Chara* ha sido reportada por varios autores para albuferas del Norte Grande chileno, las especies aún son desconocidas por falta de estudios sistemáticos (Espinosa 1923, Falcon y Hauenstein 2000). Sin embargo, en los relevamientos de este trabajo se encontraron albuferas con grandes poblaciones de *Chara* sp., lo cual se desconocía para Chile. Sería importante y muy necesario, realizar estudios más detallados de ella, por la importancia que tienen las Characeae como grupo probablemente originario del Reino vegetal y para conocer sus requerimientos de sitio que permitan su conservación en albuferas que están siendo muy destruidas por la actividad turística (Wilmanns, 1993; Linne von Berg y Melkonian, 2004).

Si bien la diversidad florística es muy baja (21 especies en los censos), la diversidad vegetacional resultó ser muy alta con diez asociaciones vegetales, de las cuales cinco ya habían sido descritas para otros lugares y cinco son nuevas, aunque una en forma provisional. Esta alta diversidad vegetacional responde a la diversificación del paisaje de los humedales estudiados que presentó cuatro formaciones vegetales determinadas en su distribución probablemente por los factores de altitud, salinidad y humedad, exposición y relieve (San Martín et al.,

1992). La formación más abundante son las marismas con cinco asociaciones vegetales, lo que se corresponde con la extensión de esta formación en el humedal de Las Salinas. Los pantanos de grandes helófitos sólo se presentan a orillas del río Copiapó con menor salinidad. La formación acuática sumergida se diferencia en albuferas de agua salobre y la formación boscosa (o arbustiva) se ubica en sectores altos como menor salinidad y humedad.

Este estudio es el primero en describir asociaciones vegetales para uno de los humedales costeros del extremo Norte de Chile, especialmente del Norte Grande (Regiones de Arica y Parinacota, Tarapacá, Antofagasta y Atacama). Las asociaciones vegetales son muy útiles para describir el paisaje. Con el estudio de ellas puede describirse e ilustrarse la vegetación de la Tierra (Mueller-Dombois y Ellenberg 1974). Pero al no existir suficientes conocimientos sobre la vegetación del Norte (grande y chico) de Chile, no es posible hacer comparaciones de la vegetación, sino sólo de la flora, que por otra parte, ha sido estudiada por varios autores citados en el trabajo de Sielfeld (1912). El mencionado autor presenta una tabla de distribución florística que resume la flora conocida de todos ellos, de Norte a Sur: Río Lluta, Quebrada de Camarones, Quebrada de Tana, Río Loa, Río Copiapó y Río Huasco que consta de 70 especies. A esta tabla se le suman los levantamientos florísticos de Urrutia y Soto (2015) para el humedal del río Lluta y los realizados en este trabajo en los humedales del río Copiapó y Las Salinas, que dieron un total actual de 96 especies vegetales conocidas. Los humedales costeros del Norte Grande (Tabla 12) agregaron 8 especies nuevas para el humedal del río Lluta (*Amaranthus deflexus*, *Baccharis calliprinus*, *Grindelia tarapacana*, *Haplorhus peruvianus*, *Portulaca oleracea*, *Sessuvium portulacastrum*, *Polypogon interruptus* y *Schoenoplectus pungens*) y 19 nuevas para los humedales de la desembocadura del río Copiapó (*Adesmia aecigeras*, *Agalinis meyeniana*, *Alternanthera halimifolia*, *Atriplex semibaccata*, *Baccharis glutinosa*, *B. linearis*, *Chara* sp., *Chorizanthe vaginata*, *Croton chilensis*, *Cynodon dactylon*, *Eleocharis bonariensis*, *Elymus angulatus*, *Mesembrianthemum crystallinum*, *Muehlenbergia asperifolia*, *Nolana crassulifolia*, *Rostraria cristata*, *Ricinus communis*, *Sarcocornia andina* y *Zannichellia palustris*).

En la Tabla 12 se observa que en todos los humedales sólo están presentes 8 especies (*Cortaderia speciosa*, *Distichlis spicata*, *Juncus acutus*, *Ruppia marítima*, *Sarcocornia neei*, *Schoenoplectus americanus*, *Tessaria absinthioides* y *Typha angustifolia*) lo que representa un 8,42% de la flora total y habla de muy poca similitud florística entre ellos, como lo demuestran Sielfeld et al. (2012). Además, hay 2 especies presentes en los 4 humedales del extremo norte, a saber, *Baccharis scandens* y *Heliotropum curassavicum*. Tres especies aparecen en tres humedales y seis crecen en dos de ellos. Un 77,89% de las especies presentes son exclusivas de un humedal: 19 del humedal del río Lluta, dos (*Prosopis alba* y *P. chilensis*) del río Loa, 44 exclusivas de los humedales de la desembocadura del río Copiapó y 9 del humedal de la desembocadura del Huasco, lo que justifica la baja afinidad florística entre ellos, lo que no ocurre con los humedales de la Quebrada de Camarones, Quebrada de Tana y río Loa que carecen de especies exclusivas, seguramente motivada por la pobreza florística de ellos. Aparentemente, la escasa similitud florística entre humedales cercanos es común a todos los humedales costeros de Chile, seguramente por el mal manejo y la influencia humana (depósito de basura y escombros, sobre-pastoreo, colonización ilegal de tierras, venta de parcelas de agrado y otras) a los que están sometidos (Ramírez et al, 2022).

La Figura 4 muestra la evolución de los conocimientos florísticos de los seis humedales costeros del Norte Grande chileno, en la que se destacan claramente los aportes de Urrutia y Soto (2015) para el río Lluta y de este trabajo para los humedales costeros del río Copiapó. Como escribimos anteriormente, estos incrementos de especies sólo confirmaron la falta de estudios florísticos en los humedales mencionados, los que son requisito previo para los estudios de vegetación. Con nuevas prospecciones podría aumentarse el conocimiento de la flora de los humedales centrales que, aunque a juzgar por la figura, naturalmente presentan menos especies que otros más australes, seguramente por la mayor sequía y salinidad. Para planificar medidas de manejo y conservación sustentables, es necesario conocer la flora y vegetación que forman su paisaje visible, y que sirven de hábitat a la fauna, especialmente avícola (Sielfeld 2012). Las asociaciones vegetales son muy utilizadas en Europa para la conservación de la biodiversidad de

flora y fauna (Ramírez et al. 2012). Dado que ellas son utilizadas como lugar de vida, al protegerse sus rodales, se estará protegiendo a las especies. Incluso es posible ubicar una especie desconocida si se busca en la asociación vegetal donde normalmente vive. Las asociaciones vegetales, sirven además, para conocer el estado de degradación o de regeneración antrópica lo que a su vez, permite conocer la dinámica de la vegetación de un determinado lugar. Por ejemplo, las praderas del centro-sur de Chile son comunidades secundarias e incluso terciarias, que ocupan el lugar colonizado primitivamente por el bosque nativo (San Martín et al. 1991).

El aluvión del 15 de marzo de 2015 destruyó completamente la vegetación de los humedales estudiados, con la única excepción del bosque (matorral) de *Geoffrea decorticans* que ocupa el terreno más alto que no se afectó por la inundación con lodo (Figura 3C al fondo). El humedal recuperó por completo su vegetación un año después, pero enriquecido por la mayoría de las especies traídas por el aluvión, que permanecieron en él, aunque solo ocuparon el suelo desnudo que normalmente se da en estos humedales. Parece que la flora y la vegetación de los humedales costeros del norte está siendo modificada lentamente por los nuevos aportes alóctonos, lo que podría corresponder a la gran disimilitud entre ellos (Sielfeld 2012). Pensamos que la recurrencia de estos aluviones, que aportan nuevas especies vegetales a las asociaciones y que provocan la desaparición de algunas, justifican la gran diversidad florística que existe entre los humedales costeros del Norte grande, hecho que ya ha sido comprobado en las Regiones de Ñuble y Bío-Bío (Ramírez et al., 2022). Además, la alta capacidad de resiliencia de los humedales estudiados es consistente con lo observado en los humedales costeros más australes (Urrutia 2016, Ramírez et al. 2014, 2018).

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen el financiamiento parcial otorgados por los proyectos: CODELCO-UACH 2012, Fondo Investigación Bosque Nativo CONAF N° 22/2015, FONDECYT N° 1141117 y ANIDPIA/BASAL FB0002.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Andrade C. 2007. Área Marina Costera Protegida Isla Grande III Región Limnología del Humedal del

Río Copiapó, Limnología de la desembocadura del río Copiapó. Proyecto GEF Conservación de la biodiversidad de importancia mundial a lo largo de la costa chilena.

Arellano, E., F. Meza, M. Miranda & A. Camaño. 2013. El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono. *Agronomía y Forestal* 47: 22-27.

Berger, E. 1986. Degradación del espectro biológico en comunidades secundarias resultantes de la destrucción del Bosque de Coihue y Ulmo, en el secano costero de Valdivia, Chile. Tesis, Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 191pp.

Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología, bases para el estudio de las comunidades vegetales. H. Blume Ediciones, Madrid, España. 820 pp.

Cook, C., B. Gut, E.M. Rix, E. Schneller & M. Seita. 1974. Water plants of the world – a manual for the identification of the genera of freshwater macrophytes. Dr. W. Junk, La Haya. 425 pp.

Cortez, M. 2010. Andes Copper Company y Codelco destruyen el río Salado y la bahía de Chañaral. Pp. 128-139. En: Larraín, S. y S. Poo (eds.) Conflictos por el agua en Chile: Entre los derechos humanos y las reglas del mercado. Gráfica Andes, Santiago.

Dengler, J., M. Chytrý & J. Ewald. 2008. Phytosociology. In: Jørgensen, S.E. & B.D. Fath (eds.) *Encyclopedia of Ecology*, pp 2767-2779. Elsevier, Oxford.

Dierschke, H. 1994. Pflanzensoziologie Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart. 683 pp.

Espinosa, M. 1923. Lista sistemática de algunas algas chilenas de agua dulce. *Rev. Chilena de Hist. Nat.* 27: 93-95.

Falcon, L. & E. Hauenstein. 2000. Castastro de las especies de Characeas (Charophyta) presentes en Chile. *Bol. Mus. Hist. Nat. Chile* 342: 20-26.

Fariña, JM. & A. Camaño. 2017. Definition and Components of Coastal Wetlands. In: J.M. Fariña y A. Camaño (eds.) *The ecology and Natural*

- History of Chilean Saltmarshes. Springer International Publishing GA. Pp. X-xvii.
- Hajek, E. & F. Di Castri. 1975. Bioclimatografía de Chile. Editorial Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile. 107 pp.
- Hoffmann, A., J.M. Watson y A.R. Flores. 2015. Flora silvestre de Chile Cuando el desierto florece. Ediciones Claudio Gay, Santiago. 253 pp.
- Izco, J. & M. Del Arco. 2003. Código Internacional de nomenclatura fitosociológica. Universidad de La Laguna, Materiales didácticos Universitarios, Serie Botánica 2. 154 pp.
- Knapp, R. 1984. Considerations on quantitative parameters and qualitative attributes in vegetation analysis and in phytosociological relevés. En: Knapp, R. (ed.) Sampling methods and taxon analysis in vegetation science. Dr. W, Junk Publishers, La Haya. 77-119.
- Linne von Berg, K.H. y M. Melkonian. 2004. Der Kosmos Algenführer Die wichtigsten Süßwasseralgen in Mikroskop. Kosmos, Stuttgart. 366 pp.
- Marquet, PA. S. Abades & I. Barriá. 2017. Distribution and Conservation of Coastal Wetlands: A Geographic Perspective. In: J.M. Fariña y A. Camaño (eds.) The ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes. Springer International Publishing GA. Pp. 1-14.
- Matthei, O. 1995. Manual de las malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresores, Santiago. 545 pp.
- Mueller-dombois, D. & H. Ellenberg, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. Wiley & Sons, New York, USA.
- Orshan, G. 1982. Monocharacter growth form types as a tool an analytical-synthetic study of growth forms mediterranean type ecosystems – a proposal for an interregional program, In: Definitions et localisation des ecosystemes mediterranees (Colloque St. Maximin, France). Ecología Mediterránea, Marseille 8: 159-171.
- Orshan, G., G. Montenegro, G. Avila, M. Aljaro, A. Walkowiack, A. Mujica. 1985. Plant growth forms of Chilean matorral. A monocharacter growth form analysis along an altitudinal transect from sea level to 2000 m.s.s.l. Bull. Soc. Bot. Fr. Actual Bot. 131: 411-427.
- Ramírez, C. & M. Álvarez. 2017. Hydrophilic Flora and Vegetation of the Coastal Wetlands of Chile. In: J.M. Fariña y A. Camaño (eds.) The ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes. Springer International Publishing GA. Pp. 71-103.
- Ramírez, C. & S. Beck. 1981. Makrophytische Vegetation und Flora in Gewässern der Umgebung von La Paz, Bolivien. Archiv für Hydrobiologie 91 (1): 82-100.
- Ramírez, C. & C. San Martín. 2006. Diversidad de macrófitos chilenos. En: Vila, I., A. Veloso, R. Schlatter, & C-Ramírez, (eds.) Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile. Editorial Universitaria, Santiago, Chile. pp 21-61.
- Ramírez, C. & C. San Martín. 2018. Flora acuática. En: Ministerio del Medio Ambiente. Biodiversidad de Chile. Patrimonio y Desafíos. Tercera Edición. Tomo1: 207-215 pp.
- Ramírez, C., C. San Martín & P. Ojeda. 1997. Muestreo y tabulación fitosociológica aplicados al estudio de los bosques nativos. Bosque 18 (2): 19-27.
- Ramírez, C., C. San Martín & H. Rubilar. 2002. Una propuesta para la clasificación de los humedales chilenos. Revista Geográfica de Valparaíso 32/33: 265-273.
- Ramírez, C. JM. Fariña, C. San Martín, O. Vidal, Y. Pérez & JL. Solís. 2022. Comparación de la composición florística de tres humedales costeros del centro- sur de Chile. Gayana Botanica (Enviado).
- Ramírez, C., V. Sandoval, C. San Martín, M. Álvarez, Y. Pérez & C. Novoa. 2012. El paisaje rural antropogénico de Aisén, Chile: Estructura y dinámica de la vegetación. Gayana Bot. 69(1): 219-231.
- Ramírez C., J.M. Fariña, C. San Martín, O. Vidal, Y. Pérez & J.L. Solís. 2022. Comparación de la Estructura y composición florística de tres humedales costeros del centro- sur de Chile. Enviado a Gayana Bot.

- Ramírez, C., J.M. Fariña, A. Camaño, C. San Martín, Y. Pérez, J.L. Solís & O. Valdivia. 2018. The case of the Itata estuary (Bio-Bio Region-Chile) plant formations: anthropogenic interference or natural disturbance-induced diversity enrichment? *Mediterranean Botany* 39(1): 17-34.
- Ramírez, C., J.M. Fariña, D. Contreras, A. Camaño, C. San Martín, M. Molina, P. Moraga, O. Vidal & Y. Pérez. 2014. La diversidad florística del humedal "Ciénagas del Name" (Región del Maule) comparada con otros humedales costeros de Chile Central. *Gayana Bot.* 71 (1): 59-70.
- Ramsar. 2006. Manual de la convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971). Secretaría de la Convención de Ramsar, Gland (Suiza) 124 pp.
- Ramsar. 1971. Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas. Ramsar, Iran 2.2.1971. Modificada según el protocolo de París y Enmiendas de Regina, 28.5. 1987.
- Raunkaier C. 1934. Plant life forms. Londres, Inglaterra. Oxford University Press. 158 pp
- Rodríguez, R. y A. Marticorena (eds.). 2019. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. Editorial Universidad de Concepción, Concepción. 424 pp.
- Ruthsatz, B. 1993. Flora un ökologische Bedingungen hochandinen Moor Chiles zwischen 18°00' (Arica) und 40°30' (Osorno) südl. Br. *Phytocoenología* 23: 157-199.
- San Martín, C., C. Ramírez & J San Martín. 2008. Distribución geográfica de los bosques pantanosos de Mirtáceas en Chile. *Revista Geográfica de Chile Terra Australis* 51/52: 49-64.
- SAN MARTIN, C., G. RODRIGUEZ & C. RAMIREZ. 1991. Origen de la vegetación actual del sector Rapaco-Pichirropulli (Valdivia, Chile). *Actas II Congreso Internacional Gestión en Recursos Naturales, Valdivia* 2: 456 - 468.
- San Martín, C., D. Contreras, J. San Martín & C. Ramírez. 1992. Vegetación de las marismas del Centro-Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 65: 327 - 342.
- Schmithüsen, J. 1968. *Allgemeine Vegetationsgeographie*. De Gruyter, Berlin. 463 pp.
- Sielfeld, W., R. Peredo, R. Fuentes, V. Malinaric y F. Olivares. 2012. Humedales costeros del Norte de Chile. En: J.M. Fariña y A. Camaño (eds.) *Humedales costeros de Chile: Aportes científicos a su gestión sustentable*. Ediciones Universidad Católica de Chile, Santiago. pp. 147-213.
- Squeo, F.A., G. Arancio, A. Cortés, D. Hiriart y D López, 2006. Estudio de línea de base Recursos Bióticos Terrestres del AMPC (Area Marina Protegida Costera) Isla Grande de Atacama Punta Morro – Desembocadura del río Copiapó. Informe Final 41 pp.
- Urrutia, N. 2016. Biodiversidad florística y vegetacional del Humedal costero Putú, Región del Maule. Tesis. Escuela de Ingeniería en Conservación de Recursos Naturales, Valdivia, Chile, Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile. Valdivia. 81 pp
- Urrutia, J & Y. Soto 2015. Prospección florística del humedal de la desembocadura del río Lluta, Región de Arica y Parinacota, Chile. *Sustainability, Agri. Food and Environmental Research* 3(3): 20-32.
- Valdovinos, C. N. Sandoval, D. Vasquez, V. Olmo. 2017. The Tubul-Raqui Coastal Wetland: A Chilean Ecosystem of High Conservation Value Severely Disturbed by the 2010 Earthquake. In: J.M. Fariña y A. Camaño (eds.) *The ecology and Natural History of Chilean Saltmarshes*. Springer International Publishing GA. Pp. 293-327.
- Vargas, E., S. Pérez & P. Aldunce (edits). 2018. *Construyendo saberes sobre riesgos y desastres ALUVIONES y RESILIENCIA en ATACAMA*. Social-ediciones, Facultad de Ciencias Sociales, Universidad de Chile, Santiago. 343 pp.
- Wikum, D & G.F. Schanholtzer 1978. Application of the Braun-Blanquet cover-abundance scale for vegetation analysis in land development. *Environmental management* 2 (4): 323-329.
- Wilmanns, O. 1993. *Ökologische Pflanzensoziologie*. Quelle & Meyer. Heidelberg, Wiesbaden. 479 pp.

Zedler J, S Kercher. 2005. Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources* 30: 39-74.

Zuloaga F, O Morrone & M Belgrano. 2008. Catálogo de las plantas vasculares del cono sur. Missouri, USA. Botanical Garden Press. 3348 p. (3 volúmenes)