

IMPACTO DE EVENTOS ALUVIONALES SOBRE HUMEDALES DE QUEBRADA: EL CASO DE ALTUZA E IQUIUCA-PARCA. REGIÓN DE TARAPACÁ (CHILE)♦

IMPACT OF FLOOD EVENTS IN ALLUVIAL VALLEY WETLANDS: THE CASE OF ALTUZA AND IQUIUCA-PARCA. REGION OF TARAPACA (CHILE)

Maritza Paicho Hidalgo^{1*}, Mónica Meza Aliaga², Guillermo Espinoza González³ y Carolina Vera Burgos¹

1* Centro de Estudios de Humedales, Blanco Encalada 280, Pica, Chile. Correo electrónico: mpaicho@ceh.cl

2 Departamento de Ciencias Históricas y Geográficas, Universidad de Tarapacá, 18 de Septiembre 2222, Arica, Chile. Correo electrónico: msmezaa@uta.cl

3 Centro de Estudios del Desarrollo, San Crescente 551, Santiago, Chile. Correo electrónico: gespinoza@ced.cl

Resumen

Los fenómenos aluvionales históricamente se han desarrollado en las quebradas de la Región de Tarapacá producto de las características convectivas de las precipitaciones, impactando ecosistemas de gran valor natural y cultural como los humedales de quebrada. Este estudio analizó los eventos aluvionales desarrollados el 13 de marzo de 2012 en Altuza e Iquiuca-Parca; proporcionando antecedentes de sus características meteorológicas, obtenidas del análisis de datos de estaciones meteorológicas y de entrevistas; estimaciones de modificaciones en el área de vegetación ripariana mediante geoprocesamiento de imágenes satelitales; e identificación de alteraciones en el sistema de vida de la población asentada en torno a estos ecosistemas. Los principales efectos de este fenómeno aluvional fueron las importantes reducciones en la superficie de la vegetación ripariana de ambos humedales y daños en la infraestructura. Sin embargo, la resiliencia ecológica de estos ecosistemas permitió el inicio de procesos de revegetación y auto-recuperación, dinámica muy distinta a la experimentada por las comunidades humanas vinculadas.

Palabras clave: Humedales de quebrada; aluviones; desastres socio-naturales; vegetación ripariana.

Abstract

The flood events historically have occurred in the alluvial valleys of the Region of Tarapaca due to convective characteristics of the precipitations, having negative impacts on ecosystems with great natural and cultural value, as the valley wetlands are. This research analyzed the alluvial events held on March 13, 2012 in Altuza and Iquiuca-Parca; describing the meteorological conditions of this alluvial event, obtained from the analysis of meteorological data from weather stations and interviews; as well as, estimates of changes in the area of riparian vegetation using geo-processing of satellite images and identification of disturbances in the way of life of the human populations living at or around these ecosystems. The main effects of this alluvial phenomenon were significant reductions in riparian vegetation area of both wetlands and damage to infrastructure. However, the ecological resilience of these ecosystems allowed the quick start of revegetation and self-healing processes, a very different dynamics from that experienced by the related human settlements.

Keywords: Valley wetlands; alluvium; socio-natural disasters; riparian vegetation.

1. Introducción

El término humedales hace referencia a una gran variedad de ecosistemas presentes a escala mundial, y en los cuales el recurso hídrico es fundamental. En coherencia con esta amplia gama de hábitats que son considerados humedales, la convención Ramsar los define como “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006).

Entre los ecosistemas que son considerados humedales es posible señalar los salares, vegas, bofedales, lagos, lagunas, turberas, pantanos, ciénagas, ríos y su llanura aluvial, arroyos, esteros, estuarios, deltas, marismas, manglares, arrecifes de coral, litoral costero en general, entre otros.

♦ *Datos procesamiento artículo*

Recibido: 29 de enero de 2016

Revisado: 16 de junio de 2016

Aceptado: 20 de junio de 2016

La importancia de estos diferentes tipos de humedales radica en la mayor riqueza de especies respecto de las zonas adyacentes, debido a la característica ecotonal que poseen. Además de los indudables beneficios que proporcionan directa o indirectamente a la sociedad, a través de sus funciones intrínsecas que finalmente se traducen en servicios ecosistémicos, es decir, recursos y procesos naturales de los ecosistemas que benefician a la sociedad (Laterra *et al.*, 2011). Entre los servicios ecosistémicos relevantes se encuentran la regulación, purificación y disponibilidad del recurso hídrico, recarga de acuíferos, refugio y sustento para las diferentes especies de flora y fauna (nativa y/o endémica), sumideros de carbono, formación y/o mantenimiento de suelos fértiles para el desarrollo de la agricultura y ganadería, provisión de alimento para consumo humano, para la ganadería, la acuicultura y para las especies nativas, recursos forestales, recursos vegetales con fines ganaderos, medicinales, energético (combustión y calefacción) y culturales y material para la construcción (arcilla); además de ser ambientes propicios para el desarrollo de investigaciones (laboratorios naturales), para la educación ambiental y la recreación como el ecoturismo (Martín-López y Montes, 2010).

También es preciso destacar que los humedales son ecosistemas dinámicos en constante cambio, resultado de la serie de procesos naturales que se desarrollan a diferentes escalas espaciales y temporales. Es así como encontramos humedales más dinámicos que otros, como los asociados a cuerpos de agua fluvial en comparación con las lagunas y salares altoandinos.

En los sistemas lóticos, es decir, ríos, arroyos, esteros y en general ecosistemas asociados al agua fluvial, constantemente se producen perturbaciones naturales de tipo hidrológica como las sequías y crecidas o inundaciones. Estos procesos son parte de un patrón hidrológico propio de estos ecosistemas, responsable de controlar su funcionamiento fluctuante. De esta forma, periódicamente este tipo de ecosistemas están expuestos a perturbaciones hídricas, ya sea por sequías o inundaciones, que modifican su estructura y funcionamiento, es decir, los componentes bióticos y abióticos sufren oscilaciones en cantidad y diversidad, al igual que los procesos ecológicos. Los flujos de inundación –amortiguados en gran parte por la vegetación ripariana– involucran la configuración de un paisaje heterogéneo espacial y temporalmente, el recambio constante de la materia orgánica e inorgánica (erosión y deposición de sedimentos) y por consiguiente una biota condicionada al abastecimiento de materia orgánica alóctona, lo cual implica una mayor biodiversidad, metabolismos heterótrofos y una rápida capacidad de recuperación de la estructura y funcionamiento del ecosistema (Bó y Malvárez, 1999).

Estos ciclos de la naturaleza (inundaciones habituales) han sido aprovechados históricamente por la sociedad, de tal forma que a nivel mundial este tipo de humedales ha sido la cuna del desarrollo para numerosas civilizaciones: Egipto en el río Nilo, Mesopotamia entre los ríos Tigris y Éufrates e India entre los ríos Ganges e Indo, entre otros. Han posibilitado, a través de los procesos y servicios ecosistémicos, el asentamiento humano y el desarrollo económico y cultural, estrechamente ligado a los productos y ciclos naturales del ecosistema (Dugan, 1992). En la actualidad los asentamientos humanos en torno a este tipo de ecosistemas se mantienen, a pesar de la exposición a inundaciones y a eventos aún más extremos como los aluviones, procesos propios de los humedales ribereños y fluviales.

Es importante precisar que, de acuerdo a las condiciones meteorológicas, geomorfológicas e hidrológicas que dan origen a las perturbaciones, estas pueden tener un amplio margen de variación, presentándose en los ecosistemas fluviales perturbaciones regulares generalmente asociadas a inundaciones periódicas (anuales), que regulan la dinámica fluctuante del ecosistema. Y perturbaciones esporádicas, que corresponden a eventos extremos de corta duración y gran intensidad como los aluviones, que tienen efectos inmediatos sobre el ambiente físico y biológico (Bó y Malvárez, 1999).

Los aluviones son fenómenos naturales constituidos por un flujo local y repentino de volumen relativamente grande y corta duración, que desborda los cauces del río en los valles secos y semiáridos, transportando una enorme carga de barro y fragmentos rocosos, generalmente vinculados a lluvias esporádicas, de corta duración y gran intensidad que comprenden una zona reducida y de morfología abrupta (Páez *et al.*, 2013).

Estos eventos extremos inusuales producen alteraciones drásticas en la estructura y paisaje del humedal, y especialmente en la vegetación ripariana, que configura en gran parte el hábitat para la biodiversidad de estos ecosistemas. En general, la pérdida de vegetación ya sea por diferentes causas suponen una disminución de hábitat, de recursos alimenticios, refugios, espacios de nidificación y en general de una serie de condiciones necesarias (sombra, bio-filtro, entre otras) para la supervivencia de diferentes especies de fauna: aves, mamíferos, anfibios e insectos, entre otros (Haeuber y Michener, 1998; Hauenstein *et al.*, 2002). Estas perturbaciones extremas estocásticas implicarían modificaciones profundas, que de alguna manera eliminarían la memoria ecológica de la estructura y funcionamiento del ecosistema, significando el regreso permanente a las primeras etapas de sucesión ecológica (Bendix y Hupp, 2000; Bejarano *et al.*, 2011).

Si bien las perturbaciones extremas tienen efectos importantes sobre los humedales, nocivos en lo inmediato, no hay que obviar que estas irregularidades son parte intrínseca del ecosistema, es decir, son procesos naturales y propios que han permitido otorgar a estos ecosistemas características como: heterogeneidad; dinamismo; diversidad y adaptación biológica, pues son el resultado de procesos evolutivos en el cual las perturbaciones han actuado como fuerzas selectivas; además de la gran capacidad

de recuperación y resiliencia que poseen, permitiendo procesos de recolonización y restablecimiento del ecosistema (Manson, *et al.*, 2009; Bó y Malvárez, 1999).

Si bien estos fenómenos son propios de los humedales asociados a flujos fluviales, pueden llegar a ser perjudiciales para la sociedad y constituir una amenaza si tienen la posibilidad y capacidad para impactar un sistema social expuesto a estos procesos extremos. Lo cual está estrechamente ligado a la vulnerabilidad del grupo humano asentado en torno a estos ecosistemas, es decir, una condición de la sociedad previa a los desastres que viene dada por el grado de exposición del sistema, la sensibilidad a percibir daños nocivos y la capacidad adaptativa y/o resiliente frente a los efectos adversos de una amenaza o evento extremo (Neri y Aldunde, 2008).

Tanto las amenazas representadas por los fenómenos naturales (e.g. aluviones) como la vulnerabilidad de una sociedad configuran la condición de riesgo a desastres socio-naturales, este último término definido como la materialización del riesgo, resultado de la interacción entre el desarrollo de un fenómeno perturbador y una sociedad vulnerable que percibe pérdidas humanas, culturales y materiales (Carballo y Goldberg, 2014). En contraposición un sistema social resiliente -con resiliencia comunitaria- posee la capacidad para hacer frente a las adversidades como los aluviones y para reorganizarse posteriormente de modo que mejoren sus funciones, su estructura y su identidad. Esta capacidad de respuesta de una comunidad se basa en cualidades inestables, dinámicas, desarrollables en el tiempo y según el contexto particular; tales son los pilares de resiliencia comunitaria como: la estructura social cohesionada, honestidad gubernamental, identidad cultural, autoestima colectiva, independencia económica, vinculación interior y exterior, y en si cualidades que fortalecen a la comunidad (Uriarte, 2013).

En este contexto, los desastres socio-naturales asociados a eventos aluviones son susceptibles de ocurrir en humedales ribereños o fluviales con diferentes grados de perturbación antrópica y vulnerabilidad, utilizados para fines económicos-sociales como: actividades económicas, obras hidráulicas, zonas residenciales, de recreación, entre otras.

En los países andinos como Chile, las características geomorfológicas del relieve, las condiciones hidroclimáticas y las particularidades meteorológicas otorgan una mayor susceptibilidad al desarrollo de aluviones, que frente a una población vulnerable han significado una serie de desastres socio-naturales. Antecedentes históricos sobre aluviones desarrollados a lo largo de todo Chile y los desastres generados han sido documentados y recopilados por diversos autores (Aldunce y González, 2009; Rojas *et al.*, 2014; Figueroa y Silva, 2010).

En el norte de Chile, particularmente en la Región de Tarapacá, históricamente se han desarrollado eventos aluvionales en las quebradas y valles (ver Anexo 1). Estas macroformas se emplazan desde la Precordillera a 3000 msnm hasta la Pampa del Tamarugal a 1000 msnm e incluso algunas hasta la costa; se caracterizan por sus laderas áridas y/o pequeñas zonas cubiertas con vegetación xerófila, además poseen elevadas pendientes y gran altura, lo cual le otorga profundidad a las angostas bifurcaciones en sentido este-oeste. Sobre el fondo de estas quebradas escurren pequeños cursos de agua permanentes e intermitentes que dan origen a zonas húmedas cubiertas de vegetación azonal hídrica (vegetación ripariana), la cual alberga numerosas especies de fauna nativa, incluso especies micro-endémicas, es decir, exclusivas de un área restringida (e.g. *Telmatobius chusmisensis*), constituyendo un corredor biológico, especialmente para aves de migración altitudinal (e.g. *Chroicocephalus serranus*). Además diversas especies de flora y fauna de estas zonas se encuentran clasificadas en algún estado de conservación de amenaza (e.g. *Morella pavoris*). Estas son las principales características que configuran la estructura de los ecosistemas "Humedales de Quebrada", los cuales constituyen verdaderas islas humedales en la matriz del Desierto de Atacama.

Próximo a estas zonas húmedas ancestralmente se ha asentado la población andina, existiendo una estrecha relación entre los humedales (arroyos, oasis, vertientes, vegas y bofedales) y el desarrollo de los pueblos andinos en los diversos pisos ecológicos. Estos ecosistemas han proporcionado a las comunidades la base de la organización social y de las actividades económicas tradicionales basadas en la ganadería y el cultivo en terrazas o canchones en las quebradas (CONADI/CED-CEH, 2012), las que se sustentan principalmente en el recurso hídrico, y en el uso de la vegetación nativa. En síntesis cada comunidad vinculada a un humedal posee un sistema de uso de estos ecosistemas en función a los ciclos propios que éste les ofrece, identificándose diferentes patrones en los diversos pisos ecológicos¹.

¹ En la provincia del Tamarugal se identifican humedales en tres pisos ecológicos: altoandino, de Precordillera y de pampas y quebradas, desarrollándose en cada uno de ellos diferentes dinámicas de uso. Así, en los humedales altoandinos las dinámicas cíclicas están esencialmente ligadas al uso de vegetación nativa para el sustento del ganado (llamas, alpacas y corderos). En este espacio todo tiene su tiempo, hay tiempo de jallu pacha (tiempos de lluvia, estival) y tiempo de waña pacha (época seca); en la época de jallu pacha el aymara riega los bofedales haciéndolos verdecer y aumentar su extensión para su ganado, hasta la época de invierno (época seca), en la cual los bofedales se tornan amarillos, entonces pastores y pastoras junto a su ganado se trasladan hacia zonas de pajonales o quebradas, retornando en la siguiente época estival a los bofedales (Trélez *et al.*, 2011). En los humedales de Precordillera, de pampas y quebradas, que por cierto presentan un mayor grado de antropización, el recurso hídrico, el suelo, las

En estas zonas bajas y húmedas de las quebradas, de gran riqueza biofísica y socio-cultural, se desarrollan los fenómenos aluvionales que tienen presencia desde larga data según los registros históricos, y, que además impactan considerablemente al ecosistema de humedal y a la población vinculada.

Los precipitaciones que dan origen a los aluviones en este territorio derivan de situaciones hidroclimáticas particulares, donde intervienen la circulación regional de la atmósfera, características propias de la zona altiplánica como la fuerte radiación solar, el ciclo diario de temperaturas, el desplazamiento y debilitamiento de la corriente de Chorro durante el verano austral que ocasiona cambios en la predominancia de las masas de aire superficiales (vientos secos del oeste en el invierno austral y húmedos del este en el verano austral), la orografía local, el Monzón Sudamericano (Garreud y Aceituno, 2001) y el fenómeno La Niña (Houston, 2006; Sarricolea, 2013). Este último corresponde a una de las fases extremas de un fenómeno oscilatorio, no periódico, que caracteriza el sistema océano-atmósfera del Pacífico Ecuatorial, es decir, El Niño Oscilación del Sur (ENOS). En este contexto las lluvias estivales habituales desarrolladas sobre el Altiplano, que derivan entre otros factores del Monzón Sudamericano, presentan una fuerte intensificación en periodos La Niña, puesto que las alteraciones producidas en el océano-atmósfera incrementan el sistema monzónico, influyendo en la mayor abundancia de precipitaciones en Brasil al igual que en el Altiplano (Romero y Mendonça, 2011; Mendonça, 2013). Estas condiciones originan intensos y localizados aguaceros en sectores específicos del Altiplano y Precordillera de Chile, los que luego se transforman en violentas corrientes de agua con gran cantidad de materiales arrastrados, es decir, aluviones.

Entre los últimos eventos aluvionales de gran amplitud e intensidad desarrollados en las quebradas de la Región de Tarapacá destaca el producido el 13 de marzo de 2012. En esta ocasión los desastres fueron de tal magnitud social principalmente en las quebradas de Camiña y Huara, según el Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP, 2012), que significaron la declaración como zona de catástrofe las comunas de Camiña y Huara (Decreto Supremo N°289), y de emergencia agrícola las comunas de Camiña, Huara, Pozo Almonte y Pica (Resolución Exenta N°98).

En este contexto, los objetivos de la investigación fueron (i) conocer las características que dieron origen a los eventos aluvionales señalados y (ii) identificar los daños materiales, las alteraciones en el sistema de vida de la población vinculada y el proceso de recuperación llevado a cabo por las comunidades de Altuzá (comuna de Camiña) e Iquiuca-Parca (comuna de Pozo Almonte).

Por otro lado los humedales también percibieron importantes alteraciones a raíz de los fenómenos aluvionales desarrollados, como el desborde de los umbrales de amortiguamiento de la vegetación ripariana, lo cual significó la reducción de superficies de vegetación y de hábitat para las numerosas especies de fauna nativa y/o endémica de estos lugares. En este marco de referencia se plantea el objetivo (iii) estimar el total de superficie de vegetación ripariana reducida en los humedales de Altuzá e Iquiuca-Parca.

2. Área de estudio

El humedal de Altuzá se encuentra ubicado administrativamente en la Comuna de Camiña, Región de Tarapacá, y físicamente en la subsubcuenca de Camiña Norte, al inicio este de la quebrada del mismo nombre, en el piso altitudinal de Precordillera. En cuanto al humedal de Iquiuca-Parca se ubica en la comuna de Pozo Almonte, en el sector medio de la subsubcuenca de Chipisca, y de igual forma en el piso altitudinal de Precordillera (Fig. 1).

La unidad geomorfológica Precordillera presente en la región (Börgel, 1983), corresponde a la divisoria de aguas entre las cuencas que drenan hacia el oeste y las de tipo endorreico que drenan hacia las cuencas salobres del Altiplano.

condiciones climáticas, entre otros, han permitido principalmente el desarrollo de la actividad agrícola, que, si bien está condicionada por las estaciones del año no implica necesariamente el traslado habitual de la comunidad.

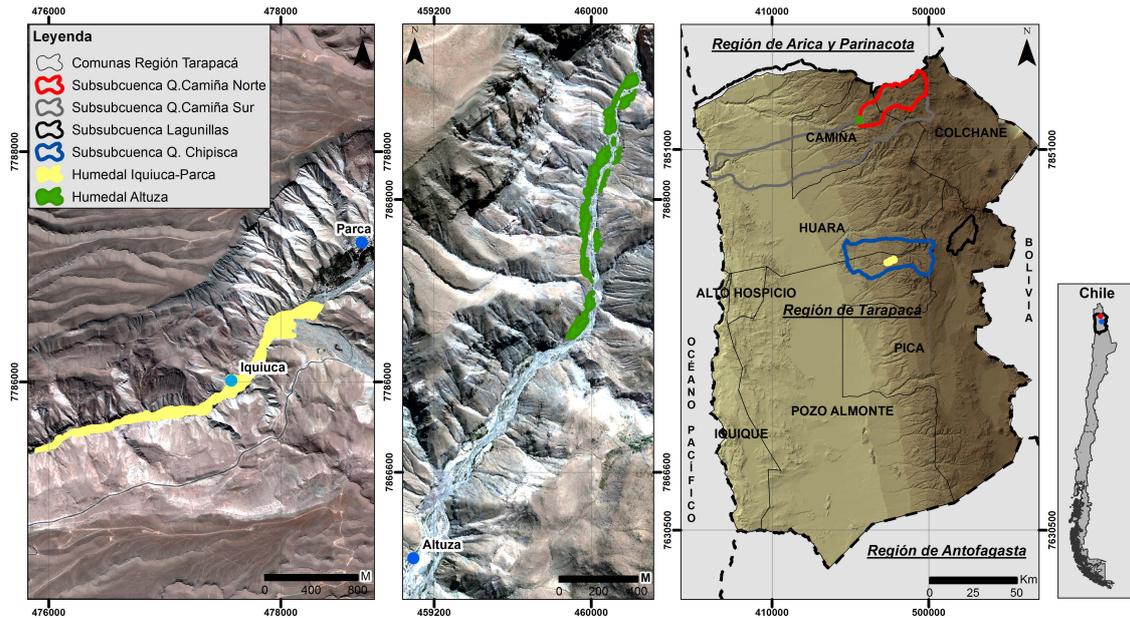


Figura 1. Área de estudio: Humedal de Altuza.

En este piso altitudinal el tipo de clima que predomina es un “Desértico marginal de altura”, según la clasificación climática de Köppen (1948), pues tal se distribuye entre los 2000 y 3300 msnm. Las condiciones atmosféricas de este tipo de clima son baja humedad, temperaturas entre los 4° y 25°C y alta oscilación térmica diaria. El comportamiento de las precipitaciones no es homogéneo en toda la franja territorial desarrollada entre los 2000 y 3300 msnm, presentándose gradientes pluviométricos ascendentes altitudinalmente, por lo tanto hacia el oeste las precipitaciones son más cercanas a los 0,0 mm y hacia el este pueden llegar a los 100 mm anuales.

Los asentamientos vinculados a estos humedales a través del uso de los recursos y servicios que proveen son Altuza, Iquiua y Parca (ver Fig. 1).

3. Método y datos

El proceso metodológico se dividió en tres secciones de acuerdo a los objetivos de la investigación a) caracterizar las condiciones que originaron los aluviones del 13 de marzo de 2012 en Altuza e Iquiua-Parca, b) determinar la superficie de vegetación ripariana reducida y c) identificar alteraciones en el sistema de vida de la población producto de los desastres ocasionados por los aluviones (Fig. 2). En cada una de estas secciones se aplicaron diferentes técnicas y pasos metodológicos, los cuales se exponen en los siguientes párrafos.

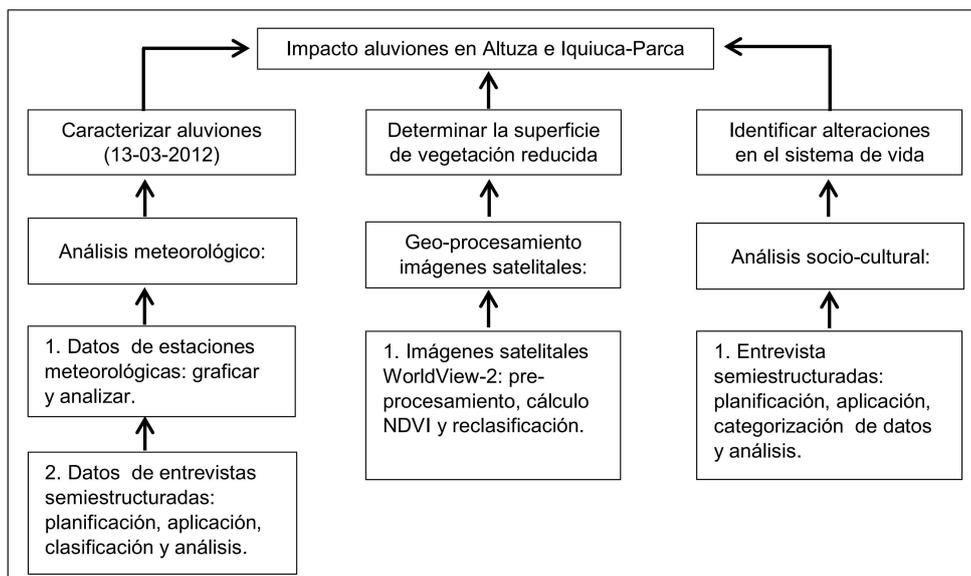


Figura 2. Proceso metodológico.

3.1. Análisis meteorológico

3.1.1. Datos estaciones meteorológicas

Para conocer las características meteorológicas que propiciaron el desarrollo de aluviones en las áreas de estudios, se obtuvieron datos de precipitación de las estaciones meteorológicas presentes en las subsubcuenca Quebrada de Camiña Norte y Chipisca y de las zonas circundantes (Subsubcuencas: Quebrada de Camiña Sur, Quebrada de Sagasca y Lagunillas), con el propósito de cubrir una superficie de interpolación mayor para mejorar la representatividad de los datos en su posterior ajuste topográfico (Fig. 3).

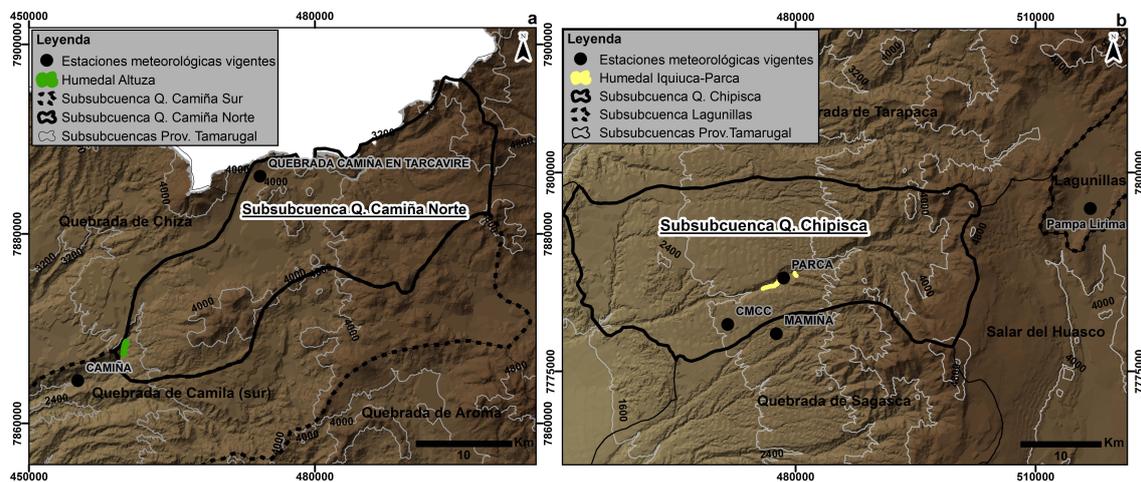


Figura 3. Ubicación estaciones meteorológicas en relación a las subsubcuencas Quebrada de Camiña Norte (a) y Quebrada de Chipisca (b).

Los datos pluviométricos obtenidos de las estaciones meteorológicas se graficaron con una frecuencia diaria durante el periodo marzo de 2012. Posteriormente se analizaron los datos considerando: (i) la ubicación de las estaciones meteorológicas con respecto al tipo de subsubcuenca precordillerana; (ii) la relación con la gradiente pluviométrica ascendente a mayor msnm; (iii) las características morfológicas de las subsubcuencas Quebrada de Camiña Norte y Chipisca; y (iv) los antecedentes sobre las características convectivas de este tipo de fenómenos.

3.1.2. Datos entrevistas semiestructuradas

Para complementar el análisis meteorológico y disponer de mayores datos sobre las características meteorológicas que dieron origen a los aluviones, se aplicaron entrevistas semiestructuradas a los actores claves de las comunidades de Altuza y Parca, es decir, a los dirigentes y/o individuos vinculados directamente al humedal. Resultando en 5 aplicaciones.

La técnica entrevista semiestructurada se aplicó bajo los contenidos y/o procedimientos de obtención y análisis de información propuestos por Kvale (2011). Luego de confeccionar y planificar la entrevista en gabinete y de aplicarla en terreno a los actores claves, los datos levantados y registrados en la pauta impresa se sistematizaron en una matriz por tópicos previamente definidos durante la confección de la entrevista, estos son, características de las precipitaciones y características de los flujos. Por último se elaboró un análisis sobre las características meteorológicas y los aluviones producidos (Fig. 4).

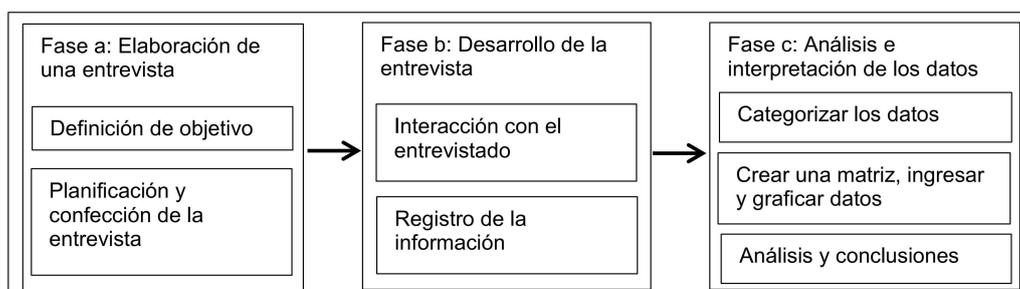


Figura 4. Fases de la entrevista. Elaboración propia, en base al procedimiento metodológico propuesto por Kvale (2011).

Según Alberich *et al.* (2009) la información que proporcionan las comunidades tiene un gran valor, puesto que son ellos quienes perciben directamente las dinámicas que se desarrollan en el territorio. En este contexto es preciso señalar, que, se obtuvieron datos importantes de las entrevistas que no fueron registrados por las estaciones meteorológicas como la hora y sector de inicio de las precipitaciones y de los flujos, además de características de los mismos.

3.2. Geo-procesamiento de imágenes satelitales

Los Humedales de Iquiuca-Parca y Altuza constituyen áreas bastante reducidas, que requieren de imágenes satelitales de alta resolución espacial para evaluar las modificaciones producidas por los fenómenos aluvionales, por tal se adquirieron imágenes compuestas por las bandas 1, 2, 3 y 4 del satélite WorldView-2, que poseen 2 metros de resolución en el modo multispectral y con fechas de capturas antes del evento aluvional (18-08-2011 y 11-09-2011) y posterior al mismo (29-04-2012 y 14-07-2012).

Las imágenes satelitales se sometieron a pre-procesamientos que consistieron en geo-referenciación, ortorrectificación y corrección atmosférica. Posteriormente utilizando la herramienta semiautomática Spear delineation de ENVI se calculó en estas áreas el índice de diferencia normalizada de vegetación (NDVI; valores -1 a 1). Este índice se basa en la energía reflejada o absorbida por la vegetación en la gama del espectro electromagnético, es decir, la reflexión en la banda infrarroja cercana y la gran absorción por parte de la clorofila a y b representada en la banda roja; de tal forma se expresa como la diferencia entre la banda infrarroja cercana y roja normalizada por la suma de estas bandas (Gilbert *et al.*, 1997).

La herramienta Spear delineation de ENVI clasifica los valores NDVI que van de -1 a 1 en 4 rangos equidistantes, de esta misma forma delimita la superficie de vegetación. Sin embargo considerando que los humedales de quebrada poseen especies dominantes del tipo herbácea y arbustiva y en menor medida arbórea, se realizó una reclasificación de los rangos en función a las referencias bibliográficas sobre los tipos de vegetación y sus respectivos valores NDVI. De esta forma resultó en: una clase *sin vegetación* correspondiente a yermas de rocas, suelo desnudo, cuerpos de agua u otro tipo de áreas sin vegetación clasificadas dentro del rango -1 a 0,18 (Marey, 2013); una clase *vegetación escasa* representada por las áreas de vegetación dispersa de tipo herbácea y arbustiva presentes en ambos humedales con valores entre 0,18 a 0,46, rango coherente con la referencia de Marey (2013) y Cartaya *et al.* (2014) quienes definen la vegetación escasa a partir de valores 0,15 o 0,2; la clase *vegetación moderada* contempló valores entre 0,46 a 0,75; y finalmente asociada a las especies arbóreas la clase *vegetación densa* en el rango 0,75 a 1.

3.3. Análisis socio-cultural

Para el análisis sociocultural de las alteraciones producidas en las comunidades a raíz del evento aluvional de marzo de 2012, primero se indagó sobre la composición social, económica de las áreas de estudio y antecedentes sobre su proceso de recuperación (CONADI/CED-CEH, 2012; Resolución Exenta N°98; Decreto Supremo N°289; INDAP, 2012).

Luego se aplicó a los actores claves de cada comunidad una segunda entrevista semiestructurada (Fig. 2), en esta ocasión con el objetivo de: (i) complementar la información secundaria sobre el sistema de uso y/o vida de las comunidades vinculadas a cada humedal; (ii) identificar los daños ocasionados en la infraestructura local producto de los aluviones; (iii) profundizar en las alteraciones producidas en el quehacer diario de cada comunidad afectada; y (iv) tomar datos sobre el proceso de recuperación de las comunidades (iniciativas, gestión, organización y reconstrucciones) y acerca de sus características resilientes.

Los datos levantados en esta entrevista luego de ser registrado en terreno en una pauta impresa y grabadora, se transcribieron y sistematizaron en dos estructuras: una ficha sobre las características del sistema de uso y una matriz descriptiva ordenada por tópicos sobre los efectos socioculturales del aluvión. Particularmente esta última ordenó los datos en cuatro tópicos: (i) impactos en las infraestructuras agrícola-ganaderas, residenciales y públicas; (ii) alteraciones en los patrones de uso del territorio; (iii) procesos de recuperación; y (iv) las prácticas resilientes vigentes o abandonadas en cada comunidad.

4. Resultados

4.1. Caracterización del fenómeno aluvional

4.1.1. Altuza

Durante los días 12 y 13 de marzo de 2012, cuando se produjeron aluviones en las quebradas de la Región de Tarapacá, las máximas precipitaciones se registraron en la estación Camiña con 23 mm y 48 mm respectivamente (Fig. 5). Esta estación se ubica a 2.417 msnm, en la sección media de la Quebrada de Camiña, próxima a la subsubsuena Quebrada de Camiña Norte. Los valores de precipitaciones antes señalados difieren bastante de los registrados en la estación Quebrada Camiña en Tarcavire, ubicada a los

3.863 msnm. (ver Fig. 3a), la cual durante los días 11, 12 y 13 de marzo registró 7,5 mm; 0,8 mm; y 4,7 mm respectivamente (Fig. 5).

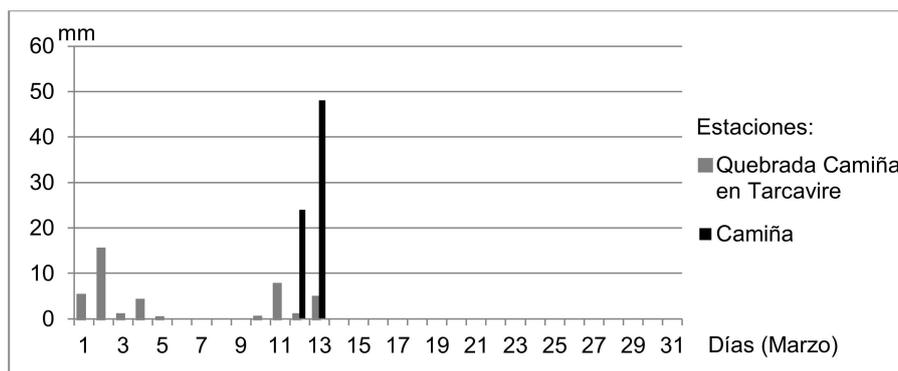


Figura 5. Pluviometría de marzo de 2012 en las estaciones Quebrada Camiña en Tarcavire y Camiña. Elaboración propia en base a datos de estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aguas.

La distribución espacial de las precipitaciones, considerando la ubicación de las estaciones meteorológicas y los milímetros registrados durante el 13 de marzo de 2012 (día del mayor evento aluvional), indica que las lluvias fueron de mayor magnitud en los sectores de Precordillera (estación Camiña), y menores en la zona de Altiplano (estación Quebrada Camiña en Tarcavire). Situación anormal de acuerdo al patrón altitudinal ascendente de las precipitaciones que caracteriza estas zonas de clima desértico marginal de altura (BWh), según la clasificación climática de Köppen (1948).

La presencia del fenómeno La Niña, en el periodo estival 2011-2012, posibilitó masas de aire húmedas con mayor potencia provenientes del Amazonas, permitiendo un mayor desplazamiento hacia el oeste y su encuentro con masas de aire cálido ascendente desde las quebradas y/o valles de la región; este proceso derivó en precipitaciones intensas fuera del marco andino (Méndez *et al.*, 2013). Estas condiciones se presentaron en las subsubcuencas Quebradas de Camiña Norte y Sur el 13 de marzo de 2012, en las cuales se desarrollaron intensas precipitaciones en sectores altitudinalmente inferiores al contexto altiplánico, como en Altuza (Precordillera).

Los datos proporcionados por la comunidad vinculada al humedal, son congruente con el análisis meteorológico señalado; destacando la ubicación de las precipitaciones entre Camiña y Altuza (Fig. 3a) y las características convectivas como el repentino avance de las nubes, desarrollo localizado e intenso de las precipitaciones, las que se concentraron durante reducidas horas de la tarde (14:00 a 18:00 horas) correspondientes a los periodos de mayor insolación; además señalaron que a 30 minutos de iniciarse las precipitaciones se activaron las microcuencas laterales originándose flujos aluvionales repentinos.

En cuanto a los registros de la estación meteorológica Camiña, los 48 mm son una cantidad suficiente de precipitaciones para que se desarrollen flujos laterales, considerando como referencia eventos aluvionales desarrollados en áreas de similares características (cuenca del río Blanco, Mendoza), en las cuales se han estudiado y verificado este tipo de flujos con sólo 19 mm de precipitaciones (Páez *et al.*, 2013).

La activación de las microcuencas presentes en la Quebrada de Camiña, específicamente en el sector de Altuza, resultó en el desarrollo de flujos que dieron origen al aluvión principal, el cual alcanzó mayores volúmenes quebrada abajo. Además el material sólido de los flujos configuró la serie de conos de deyección formados al término de las microcuencas.

4.1.2. Iquiuca-Parca

Específicamente durante el día 13 de marzo de 2012 se desarrollaron aluviones en las quebradas de la Región de Tarapacá, sin embargo no se registraron precipitaciones en la estación meteorológica más cercana al humedal de Iquiuca-Parca (Fig. 3b; Fig. 6, estación Parca), al igual que en las estaciones circundantes CMCC y Mamiña ubicadas a una altitud similar; sólo en la estación Pampa Lirima, ubicada en la subsubcuenca altiplánica Lagunillas, se registraron 6,6 mm. Estos registros de precipitaciones son incongruentes con el evento aluvional desarrollado, puesto que los antecedentes de la magnitud del fenómeno suponen precipitaciones mayores a las registradas y su desarrollo dentro de los límites de la subsubcuenca Chipisca.

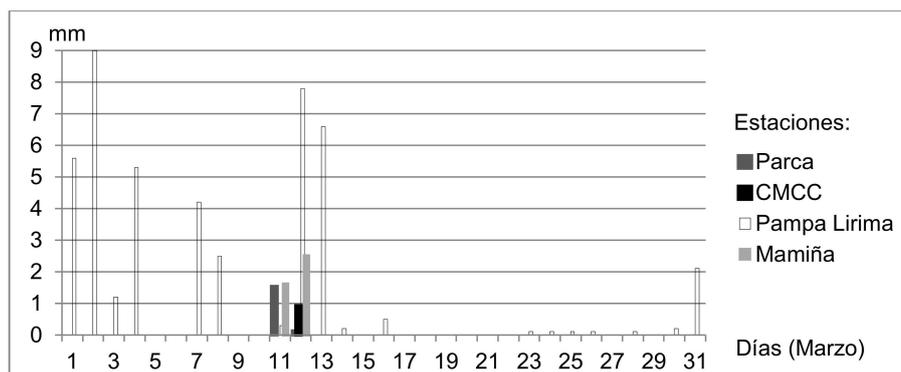


Figura 6. Pluviometría durante marzo de 2012 en las estaciones Parca, CMCC, Pampa Lirima y Mamiña. Elaboración propia en base a datos de estaciones meteorológicas de la Dirección General de Aguas.

La geomorfología presente en el límite este de la subsubcuenca Chipisca (ver Fig. 1 y 3b), corresponde a una estructura montañosa divisoria de agua, que distribuye y limita la dirección de los flujos y escorrentías provenientes de vertientes o precipitaciones. De esta forma, las precipitaciones desarrolladas al este de la divisoria de agua escurren superficialmente y permanecen en el marco altoandino, y las lluvias caídas al lado oeste de la estructura fluyen en esa dirección siguiendo la gradiente altitudinal descendente que se presenta en la Precordillera y en los valles de la región, donde se ubica el humedal de Iquiuca-Parca. Se estima por tanto que las precipitaciones que dieron origen al evento aluvional en esta área de Precordillera se presentaron en la subsubcuenca Quebrada de Chipisca, particularmente en la cabecera de la cuenca donde hacia marzo de 2012 no existían estaciones meteorológicas que registraran las precipitaciones; puesto que en los sectores medios de esta subsubcuenca el día del aluvión las estaciones meteorológicas vigentes no registraron precipitaciones.

Los datos aportados por los habitantes de Iquiuca-Parca son bastantes similares a los señalados en el área de Altuza, indicando que el inicio del evento fue entre las 16:00 y 17:00 horas; lo cual está estrechamente ligado al desarrollo de nubes tipo cumulonimbus de rápida formación durante horas de la tarde, avance vertiginoso y gran efecto sobre la cabeceras de las cuencas precordilleranas. Así mismo los entrevistados indicaron que las lluvias se presentaron específicamente en el sector de Noasa (cabecera de cuenca), activando las microcuencas laterales y dando origen a importantes flujos que llegaron hasta 5 metros de altura aproximadamente, estos avanzaron por la quebrada principal, se depositaron en lugares llanos dentro la caja del río y/o se desplazaron y depositaron fuera de la estructura montañosa, en la Pampa del Tamarugal.

4.2. Modificaciones en la vegetación ripariana

4.2.1. Altuza

Las modificaciones producidas en la vegetación entre el año 2011 y 2012 consistieron en reducciones de parches completos de vegetación y disminución en la densidad de los mismos, las que suman un total de 9.015,21 m². Estos se produjeron principalmente en áreas contiguas a las microcuencas de la ladera noroeste de la quebrada, por lo cual es posible señalar que tanto la vegetación densa y escasa reducida, como los parches con modificaciones en su densidad, están asociados a la activación de estas microcuencas laterales, que depositan los residuos aluvionales en estos sectores en forma de conos de deyección. Estas evidencias son visibles en la imagen satelital post aluvión (14-07-2012; Fig. 7b y d), y no así en la imagen previa al mismo (11-09-2011; Fig. 7a y c). Las formaciones aluvionales también se presentan en la ladera este, aunque afectando principalmente el curso del río. En general, las imágenes muestran que los impactos en la vegetación fueron causados principalmente por los flujos laterales y en menor medida por los flujos centrales de la quebrada.

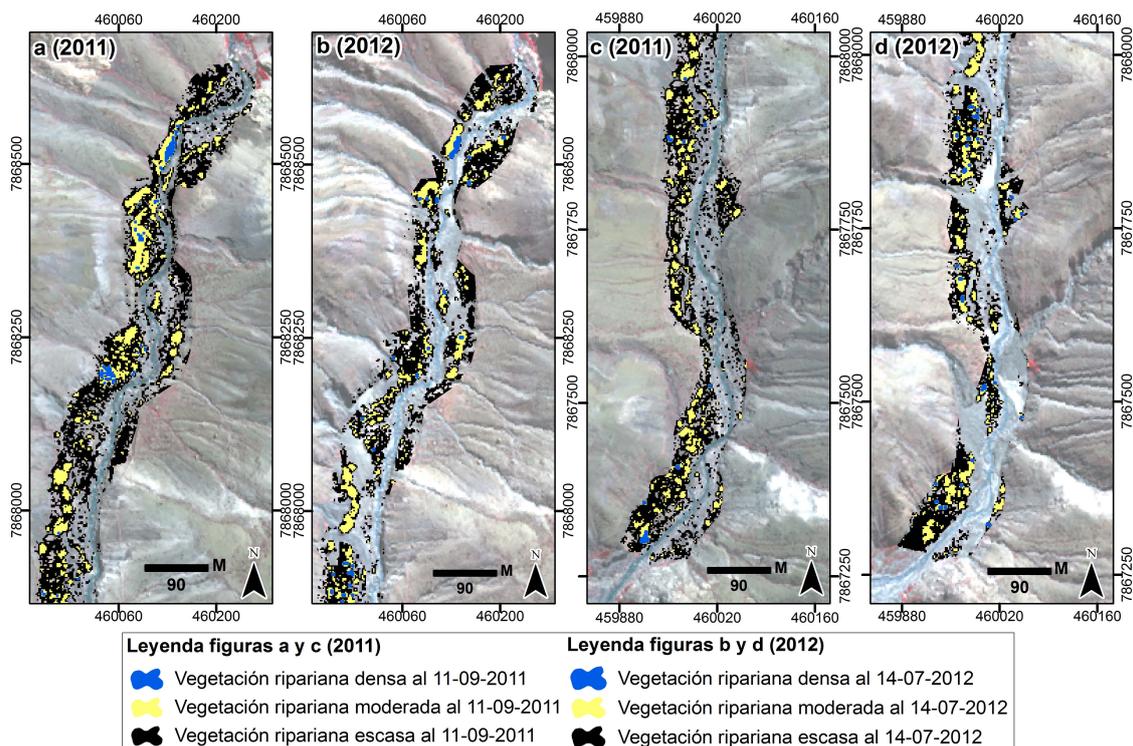


Figura 7. Reducción en la superficie de vegetación Densa, Moderada y Escasa (NDVI) en el humedal de Altuzá entre los años 2011 y 2012.

La reclasificación del NDVI indica que la vegetación de tipo escasa, previo al aluvión, cubría la mayor parte de la superficie del humedal (48.397,25 m²), la que a su vez percibió las mayores reducciones de superficie con respecto a los otros tipos de vegetación (Tabla 1); sin embargo, en términos porcentuales, se redujo sólo el 15% de la vegetación escasa original. La vegetación de tipo moderada correspondió a la menos impactada (8%) en relación a la superficie inicial de esta categoría. La vegetación de tipo densa asociada a especies arbóreas y arbustivas, mostró las menores reducciones de superficie (236,46 m²) con respecto a las otras categorías, pero en relación a la superficie inicial de la misma categoría (densa) la reducción alcanzó un 38%; debido a la mínima extensión que ocupaba la vegetación densa antes del aluvión en el humedal de Altuzá.

Tabla 1. Superficie de vegetación entre los años 2011 y 2012 en Altuzá, por categoría de reclasificaciones NDVI.

Humedal	Años	Reclasificaciones NDVI			
		Superficie (m ²) veg. escasa	Superficie (m ²) veg. moderada	Superficie (m ²) veg. densa	Superficie (m ²) veg. total
Altuzá	2011	48.397,25	13.326,05	622,00	62.345,31
Altuzá	2012	40.685,74	12.258,82	385,54	53.330,10
Diferencias entre 2011-2012 (m ²)		7.711,51	1.067,23	236,46	9.015,21
Diferencias entre 2011-2012 (%)		15,93%	8,00%	38,01%	14,46%

4.2.2. Iquiuca-Parca

Las modificaciones producidas en la vegetación entre los años 2011 y 2012 consistieron en importantes reducciones de vegetación escasa y moderada (ver Fig. 8), superando las 3 hectáreas. Estas clases de vegetación emplazadas en las secciones centrales de la caja del arroyo, según las imágenes del año 2011 (ver Fig. 8a y b), son reemplazadas por un marcado escurrimiento superficial y por suelo desprovisto de vegetación correspondiente a residuos aluvionales, según las imágenes del año 2012 (ver Fig. 8c y d).

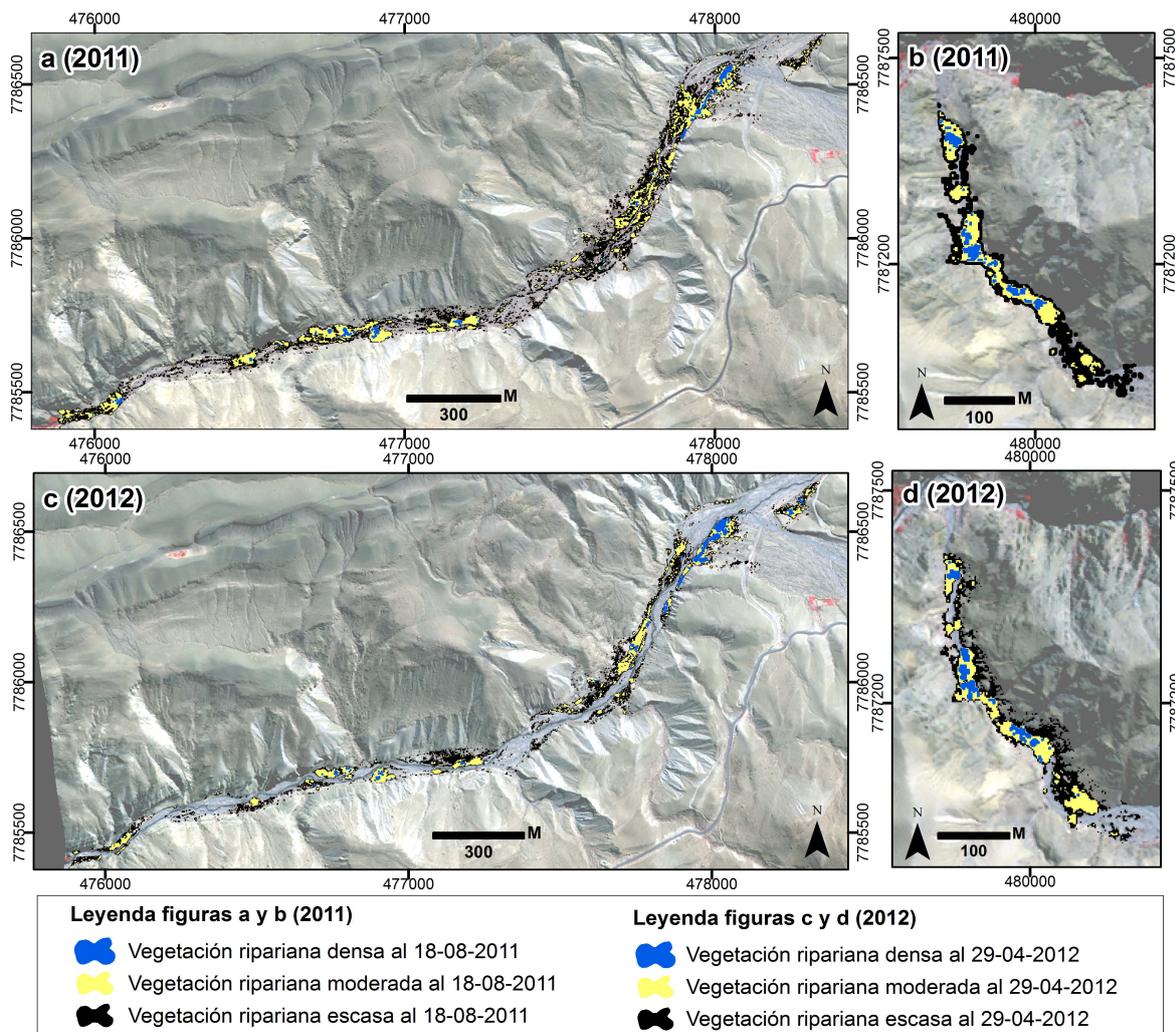


Figura 8. Reducción en la superficie de vegetación Densa, Moderada y Escasa (NDVI) en el humedal de Iquiuca-Parca entre los años 2011 y 2012.

Otra modificación bastante particular es el aumento en el área de vegetación densa hacia el 29-04-2012 (Tabla 2), asociada a los cambios positivos en la vigorosidad o productividad de la vegetación que permaneció durante el periodo de lluvia y resistió el impacto del evento aluvional. Puesto que existe una relación directa entre las disminuciones o incrementos de los valores NDVI y las precipitaciones intra e interanuales, por lo tanto, el déficit de precipitación repercute en una menor vigorosidad de la vegetación, como también los niveles normales de precipitación o los superávits de las mismas (Iglesias *et al.*, 2010). En general la vegetación tiene una respuesta inmediata o medianamente desfasada con los cambios en las condiciones atmosféricas, de tal forma que un superávit de precipitaciones permite un aumento de la vigorosidad de la vegetación, y, en el caso de las lluvias desarrolladas durante el verano austral 2011-2012 en Iquiuca-Parca, significaron una mayor densidad de la vegetación que permaneció en el humedal luego de tolerar los avances del flujo aluvional.

Tabla 2. Superficie de vegetación entre los años 2011 y 2012 en Iquiuca-Parca, por categoría de reclasificaciones NDVI.

Humedal	Años	Reclasificaciones NDVI			
		Superficie (m ²) veg. escasa	Superficie (m ²) veg. moderada	Superficie (m ²) veg. densa	Superficie (m ²) veg. total
Iquiuca-Parca	2011	87.243,98	45.267,88	3.016,90	135.528,76
Iquiuca-Parca	2012	61.677,69	33.453,92	3.680,68	98.812,29
Diferencias entre 2011-2012 (m ²)		25.566,29	11.813,96	-663.78	36.716,47
Diferencias entre 2011-2012 (%)		29,30%	26,09%	-22,00%	27,29%

4.3. Impactos socio-culturales en Altuza e Iquiuca-Parca

Los humedales de Altuza e Iquiuca-Parca poseen dinámicas de usos sustentadas en la pequeña agricultura y ganadería de subsistencia, en el caso de Altuza es ejercida por población externa al humedal, residentes de localidades próximas que mediante contratos de arriendos cultivan pequeñas porciones de tierras. La población originaria sólo realiza un uso estacional del humedal durante el desarrollo de festividades religiosas (fiesta patronal de San Santiago), resultado del proceso de migración hacia las urbes costeras iniciado hace 30 años aproximadamente en el norte de Chile y la conservación de tradiciones translocalizadas. En Iquiuca-Parca, si bien la población no ha migrado completamente los escasos habitantes que permanecen y componen la comunidad presentan rangos etarios elevados, crecimiento vegetativo y una tasa de natalidad negativa, situación que dificulta la conservación de prácticas ancestrales de reciprocidad como las faenas comunitarias y ha deteriorado las capacidades de autosubsistencia.

El aluvión de marzo de 2012 ocasionó diversas pérdidas materiales como cortes de caminos, reducciones y daños en áreas de cultivos (terrazas), en la infraestructura de riego y en la infraestructura destinada a la ganadería (cunicultura, ovino y asnal), además de los daños inherentes en los productos agrícolas y derivados.

En estos territorios la agricultura es una actividad frágil y simple, puesto que depende de los recursos que provee el ecosistema y de la infraestructura básica que los canaliza. Sin embargo a partir de la agricultura se estructura la vida de los habitantes, es decir, los ciclos de los cultivos determinan las horas diarias destinadas al riego y al cuidado en general, como también las épocas destinadas a la preparación de la tierra, la siembra, la poda, la cosecha y las temporadas de desplazamiento a lo largo de la quebrada para el cuidado de los cultivos localizados en otras zonas. Producto de esta estrecha dependencia cualquier impacto sobre la agricultura, como los daños materiales ocasionados por los aluviones, implica interrumpir por periodos breves o prologados el uso de los recursos y la estructura diaria y anual de las actividades cotidianas practicadas por la comunidad. Cabe destacar que el cultivo en terrazas constituye una de las prácticas ancestrales de la zona andina que permanece hasta la actualidad.

Los procesos de recuperación de la infraestructura deteriorada y de las actividades agrícolas y ganaderas, consistieron en catastrar los daños materiales (INDAP, 2012) y suministrar recursos monetarios para reconstruir viviendas, espacios públicos, canales de regadíos, terrazas agrícolas y otras infraestructuras básicas (Decreto Supremo N°289; Resolución exenta N°3939). Programa de recuperación impulsado desde el gobierno central y ejecutado burocráticamente por el gobierno regional, es decir, gestiones y recursos externos a la comunidad, que significaron la recuperación parcial de las áreas de estudio.

Entre las características y prácticas resilientes aún vigentes en estas comunidades es posible mencionar, la organización de los y las habitantes en diferentes asociaciones formales (personería jurídica), en las cuales los representantes son escogidos democráticamente, sin embargo la participación es irregular. Además existe una preocupación por el patrimonio natural y cultural, particularmente interesados en la conservación de la especie *Browningia candelaris* y en los sitios arqueológicos presentes en las zonas circundantes. Por último señalar el desarrollo, aunque escaso, de algunas faenas comunitarias asociadas a la remodelación de la infraestructura de riego.

En contraposición, las prácticas resilientes abandonadas o en descenso son principalmente la siembra en conjunto; las faenas comunitarias vinculadas a la infraestructura agrícola, residencial y pública; y la organización esporádica para auto-recuperar la infraestructura en situaciones de emergencia, como es el caso de los desastres generados por los aluviones de marzo 2012. Entre las cualidades de la comunidad que impiden el mantenimiento de estas prácticas es posible señalar el número de habitantes reducido, el rango etario elevado de la población, la desconfianza en las gestiones de los representantes de las asociaciones y el desarrollo de prácticas individuales.

5. Discusión y conclusiones

Las condiciones atmosféricas que favorecieron el desarrollo de las intensas precipitaciones y aluviones, como la presencia de La Niña, la intensificación del Monzón Sudamericano y fenómenos locales de forzamiento orográfico no son inusuales en estos sectores; estos se enmarcan dentro de la extrema variabilidad climática natural e interanual que caracteriza las zonas del Altiplano y Precordillera del norte de Chile (Romero *et al.*, 2013).

La distribución espacial y temporal de las precipitaciones analizadas, indica su desarrollo en horas específicas de la tarde y su localización en las cabeceras de las cuencas precordilleranas; al respecto Méndez *et al.* (2013) señala que las imágenes Goes-12 registraron 30 mm de precipitaciones entre las 16:30 y 17:30 en la Quebrada de Camiña. Y su desarrollo localizado obedece a la extrema variabilidad climática descrita por Sarricolea y Romero (2015).

Los 48 mm registrados en la estación Camiña si bien son montos suficientes para originar flujos en las laderas y microcuencas de gran pendiente de la Quebrada de Camiña, según las zonas de referencia

señaladas por Páez *et al.* (2013), es imprescindible considerar otras variables como el sustrato o suelo de las laderas, longitud, pendientes, entre otros. En este sentido Meza *et al.* (2014) señala que las microcuencas que componen la sección alta de la Quebrada de Camiña (Altuzá), previo al aluvión de marzo de 2012, poseían propiedades muy inestables que favorecían el desarrollo de movimientos en masa.

La cantidad y distribución espacial y temporal de las precipitaciones determinó la forma de desarrollo de los flujos en las quebradas y en los humedales. Altuzá, próximo a la cabecera de cuenca, percibió principalmente flujos laterales asociados a la activación de microcuencas, desencadenados por precipitaciones intensas sobre este mismo sector; resultando en conos de deyección en las áreas contiguas al término de las microcuencas. Y en Iquiuca-Parca, ubicado en las secciones medias de la quebrada, se produjo un gran flujo central por el lecho del río, cuyo origen se encuentra en las precipitaciones intensas desarrolladas quebrada arriba, es decir, en cabecera. En este sector se activaron microcuencas, originando flujos que drenaron hacia la quebrada principal, se canalizaron y conformaron el gran flujo aluvional que avanzó hacia las secciones medias y bajas de la quebrada, implicando ampliaciones en la caja del río y depósitos dispersos en el lecho, además de los extensos depósitos que se produjeron en la Pampa del Tamarugal en forma de cono de deyección.

El desarrollo de los flujos a lo largo de la quebrada y sus forma geomorfológicas conos de deyección impresos en el territorio son procesos frecuentes cuando el flujo se canaliza por un sólo cauce y disminuye su pendiente y velocidad (Gómez, 1996).

En relación a los impactos de los flujos aluvionales, es posible señalar que el comportamiento de estos últimos en las respectivas áreas de estudio determinó las zonas de vegetación ripariana modificada. En Altuzá la vegetación reducida alcanzó un 14%, correspondiente a las zonas adyacentes a las microcuencas activadas; y en Iquiuca-Parca la vegetación reducida llegó a un 27%, contemplando las zonas próximas al lecho del río.

En Iquiuca-Parca las áreas más afectadas por los aluviones corresponden a las praderas y matorrales, mientras que los renovales y bosques prácticamente no se ven alterados. Esto se debe en gran parte a que las formaciones vegetacionales renovales y bosques se encuentran fuera del cauce principal, que es por donde se encausan las crecidas eventuales, quedando marginales a ellas, lo cual explica la mayor estructura que han logrado alcanzar. Autores como Bendix y Hupp (2000) y Hauenstein *et al.* (2002) señalan que la reducción de vegetación en los humedales, sea esta por diferentes causas, constituyen una modificación o disminución de hábitats para la fauna propia de estos ecosistemas; implicando posiblemente alteraciones en la biodiversidad del ecosistema. En este contexto es posible señalar que diversas especies de aves presentes en los humedales de Altuzá e Iquiuca-Parca, requieren para su nidificación especies arbustivas y arbóreas (Faúndez, *et al.*, 2014).

El evento aluvional responsable de la reducción de la superficie de vegetación ripariana en Altuzá e Iquiuca-Parca, corresponde a un evento no periódico propio de los sistemas lóticos analizados. Constituye una perturbación de gran magnitud que se presenta a escala interanual y de forma irregular, y en lo inmediato afecta el funcionamiento y la estructura del humedal. Sin embargo el retorno de los aluviones, a su vez, regula el funcionamiento y la estructura de estos ecosistemas dinámicos, permitiendo restablecerlo constantemente hacia sus primeros estados sucesionales (Manson, *et al.*, 2009). Esta característica de los ambientes fluctuantes les atribuye una capacidad para resistir a los efectos de las perturbaciones naturales, puesto que rápidamente inician procesos ecológicos de restauración del ecosistema, es decir, capacidad de resiliencia.

Particularmente las áreas de vegetación riparina afectadas por los aluviones, en los humedales de quebrada de Altuzá e Iquiuca-Parca, iniciaron procesos de recolonización y revegetación para restablecer la vegetación original o una de estructura similar, exponiendo con estos procesos la inmediata capacidad de recuperación y/o resiliencia que poseen.

En cuanto a los impactos de los aluviones en el ámbito sociocultural, es posible señalar que, las poblaciones asentadas en torno a estos humedales de quebrada, ancestralmente han dependido de los recursos que estos les proveen, estructurando en función a estos recursos su economía agrícola-ganadera y su organización social; de tal forma que cada uno de sus quehaceres diarios y anuales depende de los ciclos de la agricultura. Por lo tanto, los daños materiales en la infraestructura asociada a la agricultura, desestructuró sus sistemas de vida por periodos breves, largos e incluso han influido en la pérdida de interés en este tipo de actividades ancestrales.

De tal forma, en el ámbito sociocultural de las áreas de estudio los aluviones no constituyen una regulación, sino una amenaza; y se materializan en desastres socio-naturales en la medida que se desarrollan en un espacio social vulnerable (León, 2008). En este sentido las áreas de estudio albergan una comunidad o población bastante erosionada socioculturalmente. En Altuzá ya no hay población permanente, en Iquiuca-Parca la población es bastante reducida y de un rango etario elevado. Sus actividades microeconómicas de subsistencia son cada vez más reducidas, algunas prácticas tradicionales se han olvidado o simplemente ya no se realizan, lo que les otorga una mayor vulnerabilidad frente a catástrofes y una menor capacidad para enfrentarlas. Esta erosión social es el resultado de una serie de procesos que se han desarrollado en la zona andina como: la migración, la pérdida de prácticas de

reciprocidad y de las faenas comunitarias, la influencia de procesos de modernización y las políticas desarrollistas (Greve, 1997).

En este contexto las comunidades y asociaciones indígenas andinas surgen a raíz de las políticas y legislaciones nacionales que requirieron la introducción de la población andina bajo un nuevo formato legal *Comunidades o Asociaciones indígenas*, principalmente para efectuar el traspaso de recursos desde el estado. Este proceso ha significado no sólo la creación de numerosas comunidades y asociación indígenas locales y translocalizadas, sino también facciones dentro de las comunidades originales, personalismos, dependencia organizacional y de recursos; estas cualidades en muchos casos han debilitado a la comunidad original organizada espontáneamente sin incentivo, tornándola dependiente de los recursos externos para desarrollar las actividades tradicionales (Gunderman y Vergara, 2009).

Esta situación se complejiza aún más si se considera que la recuperación de estos desastres socio-naturales depende estrictamente de los recursos y la planificación externa a estas comunidades; tal fue el caso de la inyección de recursos ejecutada a raíz de los aluviones de marzo de 2012. En tal ocasión se asignaron recursos para el restablecimiento de las áreas agrícola, públicas y subsidios de viviendas (Resolución exenta N°3939), en las mismas áreas vulnerables a fenómenos aluvionales. Por su parte la población vuelve a ocupar los espacios vulnerables tanto para residir como para cultivar y tiene escaso conocimiento sobre la prevención de este tipo de riesgo.

Sumado a lo anterior es importante enfatizar que varias prácticas que permitían la auto-recuperación se han abandonado. En la actualidad varias características de las comunidades imposibilitan su auto-recuperación, entre ellas la reducida población, el rango etario de las comunidades, el cese de las faenas comunitarias reciprocas, la cada vez más decadente autosubsistencia y la dependencia de los recursos externos. Estas características aluden a los antipilares de la resiliencia comunitaria como la dependencia económica, la desorganización y la pobreza de prácticas culturales (Uriarte, 2013).

En general, existe poca preocupación por la desestructuración de los sistemas de vida de las comunidades asentadas en torno a los humedales, parece no ser algo relevante para las comunidades y para las instituciones públicas, pues en muchos casos las recuperaciones tardan largos periodos, y los aprendizajes sociales sobre este tipo de amenazas no se traducen en instrumentos o medidas que permitan a la comunidad adaptarse a estos eventos.

En conclusión, es posible señalar que los aluviones de marzo de 2012 desarrollado en Altuzza e Iquiuca-Parca corresponden a procesos no periódicos propios en estas áreas; sin embargo es importante considerar las proyecciones del clima para el Altiplano y sus zonas adyacentes, sobre posibles aumentos en intensidad y frecuencia de las precipitaciones que dan origen a estos aluviones (Sarricolea y Romero 2015). En este escenario es posible señalar que la dinámica de reducción y restablecimiento de la vegetación ripariana en los humedales de quebrada, derivada de los aluviones, podría cambiar al desbordarse los umbrales de resiliencia de estos ecosistemas producto de la mayor intensidad y frecuencia de estos procesos.

La vulnerabilidad de las comunidades expuestas a estos procesos quedó reflejada durante los aluviones de marzo de 2012, lo cual hace indispensable contar con instrumentos de gestión de riesgos efectivos y con énfasis en las amenazas latentes que significan los aluviones en la provincia del Tamarugal. Acompañado de los respectivos estudios técnico-científicos que permitan dirigir apropiadamente la inyección de recursos en la prevención de catástrofes y no en la mitigación de las mismas; además de disponer de información para la ciudadanía, de tal forma de educar sobre los riesgos socio-naturales locales y fortalecer el sistema social, reduciendo su vulnerabilidad.

Agradecimientos

Agradecimientos al Centro de Estudios de Humedales de Pica, institución administrada por el Centro de Estudios del Desarrollo, y al proyecto FONDECYT Análisis Multiescalar de los Cambios Climáticos y su Consideración en la Evaluación Ambiental Estratégica del Desarrollo Regional Sustentable del Altiplano del Norte de Chile (N°1120204), por el financiamiento de la presente investigación, y la consideración de la misma en sus ejes de trabajo.

Anexos

Anexo 1. Años de eventos extremos asociados a precipitaciones y aluviones en la provincia del Tamarugal (1819-2012). Elaboración propia en base a referencias bibliográficas.

Referencias bibliográficas e Informantes	Años
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1819
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1823
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1852
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1859
Billinghurst (1886)	1868
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1878
Billinghurst (1886), Bowman (1924), Aldunce (2009)	1884
Billinghurst (1886), Bowman (1924)	1885
Figueroa y Silva (2010)	21-02-1900
Figueroa y Silva (2010)	20-02-1902
Bowman (1924)	1903
Bowman (1924), Aldunce y González (2009)	1911
Figueroa y Silva (2010), informantes (entrevistas comunidades)	15-02-1925
Aldunce y González (2009)	1944
Aldunce y González (2009)	1948
Aldunce y González (2009)	1967
Aldunce y González (2009)	1978
Aldunce y González (2009)	1983
Aldunce y González (2009)	1988-1989
Aldunce y González (2009), informantes (entrevistas comunidades)	1992
Aldunce y González (2009), informantes (entrevistas comunidades)	1998-1999-2000-2001
Aldunce y González (2009), informantes (entrevistas comunidades)	2012

Referencias

ALBERICH, Tomás; ARNANZ, Luis; BASAGOITI, Manuel; BELMONTE, Roberto; BRU, Paloma; ESPINAR, Carmen; GARCÍA, Néstor; HABEGGER, Sabina; HERAS, Pedro; HERNÁNDEZ, Dolores; LORENZANA, Concha; MARTÍN, Pedro; MONTAÑÉS, Manuel; VILLASANTE, Tomás y TENSE, Alicia. *Metodologías Participativas*. Madrid: CIMAS, 2009. 75 p.

ALDUNCE, Paulina y GONZÁLEZ, Meliza. *Desastres Asociados al Clima, en la Agricultura y Medio Rural en Chile*. Santiago de Chile: Universidad de Chile - Facultad de Ciencias Agronómicas - Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales Renovables, 2009. 118 p. ISBN: 978-956-19-0611-2

BEJARANO, Maria; NILSSON, Christer; GONZÁLEZ DEL TÁNAGO, Marta y MARCHAMALO, Miguel. Responses of riparian trees and shrubs to flow regulation along a boreal stream in northern Sweden. *Freshwater Biology*, April 2011, vol. 56, no 5, pp. 853-866.

BENDIX, Jacob y HUPP, Cliff. Hydrological and geomorphological impacts on riparian plant communities. *Hydrological processes*, November 2000, vol. 14, no 16, pp. 2977-2990.

BÓ, Roberto y MALVARÉZ, Ana Inés. Inundaciones y la biodiversidad en los humedales. Un análisis del efecto de eventos extremos sobre la fauna silvestre. En: Malvárez, Ana Inés. *Tópicos sobre humedales subtropicales y templados de Sudamérica*. Montevideo: UNESCO, 1999, pp. 151-172.

BÖRGE, Reinaldo. *Geomorfología*. Colección Geografía de Chile, Tomo II. Santiago de Chile: Instituto Geográfico Militar, 1983. 182 p.

CARBALLO, Cristina y GOLDBERG, Susana. *Comunidad e información ambiental del riesgo. Las inundaciones y el río Luján*. Buenos Aires: Editorial Dunken, 2014. 167 p. ISBN 9870273513

CARTAYA, Scarlet; ZURITA, Shirley; RODRÍGUEZ, Elvira y MONTALVO, Víctor. Comparación de técnicas para determinar cobertura vegetal y usos de la tierra en áreas de interés ecológico, Manabí, Ecuador. En: *XVI Simposio Internacional SELPER* (Medellín, 29 de septiembre - 3 de octubre de 2014): *La Geoinformación al Servicio de la Sociedad*. Medellín: Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial, 2014, pp. 1-27.

CORPORACIÓN NACIONAL DE DESARROLLO INDÍGENA/CENTRO DE ESTUDIOS DEL DESARROLLO-CENTRO DE ESTUDIOS DE HUMEDALES (CONADI/CED-CEH). *Catastro de Humedales y Usos Indígenas de la Provincia del Tamarugal Etapa 1 y 2* (Licitaciones N°802-23-LE11 y N°802-11-LE12). Iquique: [s.e.], 2012. 126 p.

Decreto Supremo N° 289. Diario Oficial de la República de Chile, Santiago, Chile, 3 de abril de 2012.

DUGAN, Patrick. *Conservación de humedales. Un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias*. Gland: UICN, 1992, 100 p. ISBN 2-8317-0118-X

FAUNDEZ, Luis; PEREDO, Ronny y VERA, Carolina. *Guía Aves, Anfibios y Flora de los Humedales de Iquica-Parca y Altuz. Región de Tarapacá*. Santiago de Chile: [s.e.], 2014. 95 p.

- FIGUEROA, Carolina y SILVA, Benjamín. *Documentos para la Historia Regional. Luis Friedrich y su acción clerical, rearticulando la memoria e identidad del pueblo de San Andrés de Pica (1898-1925)*. Valparaíso: Obisado de Iquique, 2010. 236 p. ISBN 9789563329780
- GILBERT; GONZÁLEZ-PIQUERAS y GARCÍA-HARO. Acerca de los índices de vegetación. *Revista de Teledetección*, Diciembre 1997, vol. 8, pp. 1-10.
- GARREUD, René y ACEITUNO, Patricio. Interannual Rainfall Variability over the South American Altiplano. *Journal of climate*, June 2001, vol. 14, pp. 2779-2789.
- GÓMEZ, Amelia. Abanicos aluviales: aportación teórica a sus aspectos más significativos. *Cuaternalio y Geomorfología*, Diciembre 1996, vol. 10, no 3-4, pp. 77-124.
- GREVE, Maria Ester. Procesos Migratorios, Identidad Étnica y Estrategias Adaptativas en las Culturas Indígenas de Chile: Una Perspectiva Preliminar. *Revista Chilena de Antropología*, Enero 1997, no14, pp. 55-68.
- GUNDERMAN, Hans y VERGARA, Jorge. Comunidad, organización y complejidad social andinas en el norte de Chile. *Estudios Atacameños*, 2009, no 38, pp. 107-126.
- HAEUBER, Richard y MICHENER, William. Policy implications of recent natural and managed floods. *BioScience*, September 1998, vol. 48, no 9, pp. 765-772.
- HAUENSTEIN, Enrique; GONZÁLEZ, Marco; PEÑA-CORTÉS, Fernando y Muñoz-Pedreras, Andrés. Clasificación y caracterización de la flora y vegetación de los humedales de la costa de Tolstén (IX Región, Chile). *Gayana Botánica*, 2002, vol. 59, no 2, pp. 87-100.
- HOUSTON, John. Variability of precipitation in the Atacama Desert: its causes and hydrological impact. *International Journal of Climatology*, July 2006, vol. 26, no 15, pp. 2181-2198.
- IGLESIAS, Maria; BARCHUK, Alicia y GRILLI, Mariano. Dinámica estacional e interanual del NDVI en bosques nativos de zonas áridas Argentinas. *Revista de Teledetección*, Diciembre 2010, vol. 34, pp. 44-54.
- INSTITUTO DE DESARROLLO AGROPECUARIO (INDAP). *Decimo informe técnico emergencia 2012 Daño efecto de lluvias estivales Región de Tarapacá*. Iquique: [s.e.], 2012. 33 p.
- KVALE, Steinar. *Las entrevistas en investigación cualitativa*. 1ra ed. Madrid: Ediciones Morata, 2011. 200 p. ISBN: 9788471126306
- KÖEPPEN, Wilhelm. *Climatología*. 1ra ed. en español. México: Editorial Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- LATERRA, Pedro; JOBBAGY, Esteban y PARUELO, José. *Valoración de Servicios Ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial*. Buenos Aires: INTA, 2011. 720 p. ISBN 978-987-679-018-5
- LEÓN, Alejandro. Desarrollo Económico y Vulnerabilidad Asociada a la Variabilidad y Cambio Climático en América Latina. En: ALDUNCE, Paulina; Neri, Carolina y Szlafsztein, Claudio. *Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación Ante la Variabilidad y el Cambio Climático*. Brasil: Biblioteca do Núcleo de Meio Ambiente/UFPA, 2008, pp. 21-29.
- MANSON, Robert; JARDEL, Enrique; JIMÉNEZ, Martín y ESCALANTE, Carlos. Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. En: DIRZO, Rodolfo; GONZÁLEZ, René y MARCH, Ignacio. *Capital natural de México: Estado de conservación y tendencias de cambio*. México: CONABIO, 2009, vol. II, pp. 131-184.
- MAREY, Marilyn. *Caracterización de la vegetación acuática del humedal del río cruces por medio del análisis de imágenes espectrales*. Tesis pregrado. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias, Departamento de Ciencias Ecológicas, Laboratorio de Modelación Ecológica. Santiago de Chile, 2013.
- MARTÍN-LÓPEZ, Berta y MONTES, Carlos. Funciones y servicios de los ecosistemas: una herramienta para la gestión de los espacios naturales. En: Onaindia, Miren; Ibabe, Arantza y Unzueta, Jasone. *Guía científica de Urdaibai*. Leioa: UNESCO, Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental del Gobierno Vasco, 2010, pp. 13-32.
- MENDONÇA, Magaly. Monzón Sudamericano: La integración de la circulación amazónica y altiplánica y las variabilidades climáticas del altiplano andino chileno. En: *XIV Encuentro de Geógrafos de Latinoamérica* (Lima, 8-12 de abril de 2013): *Reencuentro de Saberes Latinoamericanos*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú [ISBN: 978-612-46407-2-8], 2013.
- MÉNDÉZ, Manuel; SARRICOLEA, Pablo y ROMERO, Hugo. Vulnerabilidad Social ante los aluviones del 12 y 13 de marzo de 2012 en la Quebrada de Camiña, Desierto de Atacama. En: *XIV Encuentro de Geógrafos de Latinoamérica* (Lima, 8-12 de abril de 2013): *Reencuentro de Saberes Latinoamericanos*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú [ISBN: 978-612-46407-2-8], 2013.
- MEZA, Mónica; RODRÍGUEZ, Alan; CORVACHO, Oscar y TAPIA, Alejandro. Análisis morfométrico de microcuencas afectadas por flujos de detritos bajo precipitación intensa en la quebrada de Camiña, norte grande de Chile. *Revista Diálogo Andino*, 2014, no 44, pp. 15-24.
- NERI, Carolina y ALDUNCE, Paulina. Métodos y conceptos para el estudio de la variabilidad y cambio climático. En: ALDUNCE, Paulina; NERI, Carolina y SZLAFSZTEIN, Claudio. *Hacia la Evaluación de Prácticas de Adaptación Ante la Variabilidad y el Cambio Climático*. Brasil: Biblioteca do Núcleo de Meio Ambiente/UFPA, 2008, pp. 11-20.
- PÁEZ, María; MOREIRAS, Stella; BRENNING, Alexander y GIAMBIAGI Laura. Flujos de Detritos y Aluviones Históricos en la Cuenca del Río Blanco (32°55'-33°10' y 69°10'-69°25'). Mendoza. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, Diciembre 2013, vol. 70, no 4, pp. 488-498.
- Resolución exenta N°98. Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile, 14 de marzo 2012.
- Resolución exenta N°3939. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, Santiago, Chile, 16 de mayo de 2012.
- ROJAS, Octavio; MARDONES, María; ARUMÍ, José Luis y AGUAYO, Mauricio. Una revisión de inundaciones fluviales en Chile, período 1574-2012: causas, recurrencia y efectos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, Mayo 2014, no 57, pp. 177-192.
- ROMERO, Hugo y MENDONÇA, Magaly. Ondas de frío registradas en invierno de 2010: necesidad de una perspectiva regional integrada para la climatología latinoamericana. *Revista Geográfica de América Central*, 2011, vol. 2, no 47E, pp. 1-13.
- ROMERO, Hugo; MENDONÇA, Magaly; Méndez, Manuel y Smith, Pamela. Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. *Revista de Geografía Norte Grande*, Septiembre 2013, no 55, pp. 19-41.
- SARRICOLEA, Pablo. Irregularidad de las precipitaciones y la sequía en el altiplano del norte de Chile y su relación con el cambio climático global. *Anales de la Sociedad Chilena de Geografía*, 2013, pp. 95-102.
- SARRICOLEA, Pablo y ROMERO, Hugo. Variabilidad y cambios climáticos observados y esperados en el Altiplano del norte de Chile. *Revista de geografía Norte Grande*, Diciembre 2015, no 62, pp. 169-183.

SECRETARIA DE LA CONVENCION DE RAMSAR. *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales*. 4ta. ed. Gland: Secretaría de la Convención de Ramsar, 2006. 121 p.

TRÉLLEZ, Eloísa; MAMANI, Maximiliano; VALENZUELA, Fernando y VERA, Carolina. *Guía educación y sensibilización ciudadana, para la conservación y uso sustentable de los humedales de la Región de Tarapacá*. Santiago de Chile: [s.e.], 2011. 108 p.

URIARTE, Juan de Dios. La Perspectiva Comunitaria de la Resiliencia. *Psicología Política*, Noviembre 2013, no 47, pp. 7-18.