

Proyecto CONAF 026/2010

**Propuesta de desarrollo estratégico de
recuperación de poblaciones de las tres
grandes cactáceas columnares de
Tarapacá**



**Raquel Pinto Bahamonde
2012**



1. INTRODUCCION	2
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
3. METODOLOGIA.....	4
3.1. STOCK DE SEMILLAS	4
3.2. STOCK DE PLÁNTULAS	5
3.3. FORTALECIMIENTO DE EJEMPLARES ADULTOS.....	6
3.4. EXPERIENCIA PILOTO DE FORESTACIÓN.....	6
3.4.1. <i>Eulychnia iquiquensis</i>	7
3.4.2. <i>Browningia candelaris</i>	8
3.4.3. <i>Echinopsis atacamensis</i>	9
3.5. CONTROL DE CRECIMIENTO	10
3.5.1. <i>Eulychnia iquiquensis</i>	10
3.5.2. <i>Browningia candelaris</i>	10
3.5.3. <i>Echinopsis atacamensis</i>	10
3.5. DIFUSIÓN	10
4. RESULTADOS	10
4.1. STOCK DE SEMILLAS	10
4.2. STOCK DE PLÁNTULAS	15
4.3. FORTALECIMIENTO DE EJEMPLARES ADULTOS.....	29
4.3.1. <i>Eulychnia iquiquensis</i>	29
4.4. EXPERIENCIA PILOTO DE FORESTACIÓN.....	32
4.4.1. <i>Eulychnia iquiquensis</i>	32
4.4.2. <i>Browningia candelaris</i>	40
4.4.3. <i>Echinopsis atacamensis</i>	42
4.5. CONTROL DE CRECIMIENTO	51
4.5.1. <i>Eulychnia iquiquensis</i>	51
4.5.2. <i>Browningia candelaris</i>	53
4.5.3. <i>Echinopsis atacamensis</i>	56
4.6. DIFUSIÓN	58
5. RESUMEN	60
6. BIBLIOGRAFIA.....	62
7. MAPAS	64
8. TABLAS	71

1. INTRODUCCION

La mayoría de las especies de cactáceas se encuentran en categorías de amenaza en el país (Hunt, 1992, 1999, 2002; Belmonte et al, 1998; Hoffmann, 2005; fichas de antecedente de especies de CONAMA). A pesar que CONAMA se ha preocupado de la clasificación de especies en categorías de conservación, en la práctica, al menos para esta familia, son aún escasos los estudios específicos realizados con el fin de evaluar el estado de conservación en que se encuentran las poblaciones en hábitat. Por otro lado, el sistema de categorización de especies que existe en Chile está en proceso de actualización con los criterios actuales de la UICN (IUCN, 2001) donde por ejemplo en Chile no se incluye la categoría de “En Peligro Crítico”, categoría en que se encuentran todas las especies de cactus costeros en el extremo norte de Chile. Tampoco existe una categorización a nivel regional, a excepción de los libros rojos de la flora de las regiones de Coquimbo y Atacama (Squeo et al, 2001, 2008). Este punto es importante a considerar en un país como el nuestro con un rango longitudinal tan estrecho y un rango latitudinal tan amplio, por lo que especies de rango amplio pueden presentar poblaciones limítrofes en la distribución en estado de conservación alterado por el cambio climático. Sin embargo, en el norte de Chile esto es aún más drástico, encontrándose muchas de ellas en peligro, en peligro crítico e incluso una especie *Eriosyce islayensis* extinta en hábitat en el norte de Chile (Pinto & Kirberg, 2005).

Nuestra experiencia de 10 años de dedicación al estudio en terreno de los cactus en el extremo norte de Chile, se refleja a través de varios trabajos publicados (Pinto, 2002, 2003; Pinto & Moscoso, 2004; Pinto, 2005, 2007; Pinto & Kirberg, 2005, 2009) sobre los géneros *Eriosyce*, *Eulychnia*, *Browningia*, *Echinopsis* y *Maihueniopsis*. En ellos se muestra el estado de conservación en que se encuentran muchas de las poblaciones de cactáceas en el extremo norte del país, con todas las especies costeras así como los niveles altitudinales bajos de las especies precordilleranas afectadas por el cambio climático.

Exceptuando los escasos bosquetes de queñua (*Polylepis*), en la zona altoandina de Tarapacá y el bosque de tamarugo (*Prosopis*) plantado en la Reserva Nacional Pampa del Tamarugal en la pampa, las grandes cactáceas columnares pertenecientes a las formaciones xerofíticas propias de zonas desérticas constituyen los bosques nativos de la zona norte del país. Estas se distribuyen en los tres pisos altitudinales, *Eulychnia iquiquensis* en la cordillera de la costa, *Browningia candelaris* en la precordillera y *Echinopsis atacamensis* en el altiplano. Estas tres especies actualmente se encuentran amenazadas y se han visto afectadas por dos factores principales: el cambio climático y la explotación. El cambio climático se ha manifestado en un período de desecamiento de los últimos tiempos modificando los ecosistemas (sólo existen registros de precipitación regional desde comienzos de 1900 por Almeyda (1948) y desde 1978 por la Dirección General de Aguas Región de Tarapacá). Esto ha afectado sobre todo la zona costera y precordillerana del norte de Chile, que ha llevado a una reducción en el número de ejemplares en las diferentes poblaciones donde actualmente se observan numerosos ejemplares muertos. Por otro lado, a la extinción de poblaciones enteras ha llevado también a una reducción en el área de ocupación de estas especies. Además, en las especies costeras como *Eulychnia* y en las especies precordilleranas como *Browningia* es muy raro encontrar “seedlings” en la naturaleza, ya que las condiciones climáticas apropiadas para la germinación ocurren cada vez con menos frecuencia, con varias décadas de sequía. La falta de lluvia en estos sectores también influye en el crecimiento de estas especies, son especies de crecimiento lento, pudiendo alcanzar 50-100 cm en 30 años

(Leuenberger y Eggli, 2000). Otro factor ha sido la disminución de las poblaciones, producto de la explotación por el hombre en el pasado para uso maderero donde *B. candelaris* y *E. atacamensis* fueron utilizados en mueblería y para la construcción de viviendas (largueros de los techos, puertas y dinteles), actualmente la explotación de *E. atacamensis* continúa con fines comerciales. Por otro lado, en la costa *E. iquiquensis* constituía el único recurso leñoso en la zona (Britton y Rose, 1920) y fue utilizado intensamente como combustible por la minería (en Huantajaya y La Paquína) y por los poblados costeros.

Otro punto importante es la falta de protección de estas especies. Ninguna de ellas especies se encuentra dentro de áreas protegidas legalmente en Chile. A excepción de una población de *B. candelaris* con el reciente decreto de enero 2010, del Monumento Natural Quebrada Cardones en Arica.

Estudios y acciones de rescate, restauración y conservación de cactáceas en conjunto con las comunidades locales se están realizando principalmente en México (Reyes J, Fernández et al, México Forestal, 2010). En Chile el cultivo de cactáceas chilenas es aún incipiente (Faúndez et al, 2001; Salazar et al, 2006) a excepción de algunos pocos cultivadores privados. Entre ellos los de mayor experiencia es el Vivero Alvaralto, quienes participan en el apoyo técnico en este proyecto. Existe una experiencia de cultivo de pasacana por parte de la Minera Radomiro Tomic en la Región de Antofagasta. En ambientes semiáridos existen experiencias en restauración ecológica, es el caso de España (Balaguer, Miranda et al, 2004, Díaz-Pinés, 2004). No encontramos antecedentes de restauración ecológica en ambientes áridos. En todo caso este proyecto no plantea restauración de ecosistemas en sí, sino que plantea la restauración en el sentido de desarrollar una experiencia de recuperación de las poblaciones de las especies de cactáceas que tratar este proyecto *Eulychnia*, *Browningia* y *Echinopsis atacamensis*, especies todas de alto valor ecológico y emblemáticas de sus respectivos ecosistemas.

Este proyecto plantea realizar diversas acciones tendientes a desarrollar mecanismos para la restauración de las tres grandes cactáceas columnares: cultivo ex situ a partir de germinación de semillas, restauración en hábitat de plantas adultas para el fortalecimiento de ellas y la posterior obtención de frutos, y desarrollar una experiencia piloto de forestación con plantas que ya tenemos para determinar cuál es el tratamiento óptimo para el establecimiento de ellas en el hábitat, y así en una segunda etapa realizar con éxito la forestación masiva.

Se plantea además la difusión y capacitación a nivel de comunidades locales del quehacer de este proyecto contribuyendo así al fomento de la conservación in situ de este patrimonio por parte de las propias comunidades locales para el caso de *B. candelaris* y *E. atacamensis*.

Como producto final se elaborará un manual con la experiencia adquirida durante la ejecución del proyecto, que contenga modo de obtención de semillas, limpieza, siembra, germinación, transplante, control fitosanitario y conservación in situ.

Se buscará financiamiento para mantener en el tiempo esta actividad hasta lograr un stock masivo de plantas de un tamaño óptimo para realizar en una segunda etapa la forestación masiva, detección del tamaño óptimo para que el trasplante al hábitat resulte exitoso y detección del tratamiento y tiempo óptimo de mantención del sistema hídrico en hábitat para que el establecimiento de las plantas sea exitoso y pueda seguir su control por 5 a 10 años.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desarrollar una estrategia de restauración de poblaciones de las tres grandes cactáceas columnares de Tarapacá: *Eulychnia iquiquensis*, *Browningia candelaris* y *Echinopsis atacamensis*, que se distribuyen en los diferentes pisos altitudinales, cordillera de la costa, precordillera y altiplano respectivamente.

2.2. Objetivos Específicos

1. Formar un stock de semillas de cactus, que permita mantener una colección y producción *ex situ* de plantas en el tiempo.
2. Formar un stock de plántulas de cactus (cultivo *ex situ*) para su cultivo hasta tamaño óptimo para su trasplante al hábitat natural.
3. Fortalecimiento de ejemplares adultos de *Eulychnia* en el ecosistema de niebla de Punta Gruesa con el fin de asegurar la producción de frutos.
4. Experiencia piloto de forestación, con plantas cultivadas *ex situ* previamente, en los sitios de Punta Gruesa, Parca-Mamiña y Chijo.
5. Control de crecimiento en hábitat, de plantas marcadas en años anteriores.
6. Realizar actividades de difusión y capacitación en escuelas y comunidades locales.

3. METODOLOGIA

3.1. Stock de semillas

La formación del stock de semillas de cactáceas del extremo norte de Chile se hizo en base al stock inicial con que se contaba previo a la realización de este proyecto, de colectas de frutos realizadas en años anteriores desde el año 2002, y en base a nuevas colectas de frutos durante el período 2011 y 2012 considerando la fructificación de cada especie: enero a marzo para *Eulychnia iquiquensis* en la cordillera de la costa; septiembre a diciembre para *Browningia candelaris* en la precordillera; y febrero a julio para *Echinopsis atacanmensis* en la zona altoandina. Luego de la colecta de frutos se procedió a separar las semillas de la pulpa con una media panty, lavando y dejando secar las semillas a la sombra. Una vez secas las semillas se limpiaron y almacenaron en sobre de papel debidamente rotulados, quedando clasificadas por especie, fecha y lugar de colecta. Estas se mantuvieron en cajas en el refrigerador con una temperatura promedio de 9°C.

3.2. Stock de plántulas

La formación del stock de plántulas de cactáceas de Tarapacá se hizo en base a siembra en ambiente natural. Para su ejecución se adecuó la pérgola de la casa en Iquique como vivero. Esto por no contar con los fondos para crear las condiciones óptimas para la instalación del vivero (cierre del sitio, instalación de agua y luz, caseta y cuidador permanente) en el sitio concedido el año 2007 por Bienes Nacionales para el cultivo de cactus nativos de Tarapacá.

Se forraron paredes y techo de la pérgola en policarbonato más la instalación de mallas para sombrear durante el verano. Se instalaron mesones y aducción de agua con filtro. Este vivero se ocupó para plantas repicadas de 6 meses a un año de edad, como lugar de trabajo y almacenaje de materiales. Se adecuó además otro sector que mantiene una temperatura superior para colocar las almacigueras sembradas. Al segundo año se amplió mesón y repisas. Un segundo vivero solo forrado con reja para evitar la entrada de pájaros se utilizó para las plantas de mayor tamaño.

Las siembras en ambiente natural se realizaron a lo largo de la ejecución de este proyecto. Para ellos se utilizaron almacigueras apilables de plástico negro marca Bummong de 54 x 28 cm, 72 cavidades de 38 mm de diámetro por 46 mm de profundidad. Se preparó el sustrato con una mezcla de turba, perlita y piedrecillas pequeñas de cuarzo. Para el repique a bandejas de helado se preparó el sustrato con tierra arneada (sacando los trozos de madera), arena, piedrecillas de tamaño medio y perlita. Las bandejas se colocaron en una base de cartón forrada en plástico con una tapa de plástico transparente. Se sembraron almacigueras con semillas de diferentes años de colecta, con diferentes cantidades de semillas por cubículo 10, 15, 20 y 25 semillas. Las semillas a sembrar fueron colocadas a diferentes horas en remojo 4, 12 y 24 horas y sin remojar.

El repique de las plántulas de las almacigueras a bandejas de helado se hizo en varias oportunidades a partir de los seis meses a un año de sembradas. Se preparó el sustrato con una mezcla de tierra, arena, perlita y piedrecillas de tamaño como maicillo. Las bandejas de helado sembradas se colocaron sobre una bandeja pastelera.

Antes de preparar los sustratos de siembra se arnearon las piedrecillas por diferentes tamaños de abertura de rejilla, de tal modo de separar los diferentes tamaños que se necesitan para el sustrato de almacigueras, para el sustrato del repique, para el sustrato para las plantas de mayor tamaño, para la capa que se coloca al fondo de las macetas y la capa que se coloca sobre el sustrato. Estas piedrecillas se obtuvieron del hábitat, las que se recogían en cada salida a terreno cada vez que se encontraban. En la región no es posible encontrar maicillo como tal.

Además se hicieron ensayos de germinación en condiciones controladas se realizaron en el Departamento de Biología De la Facultad de Agronomía la Universidad Nacional de Salta, Argentina, a cargo del Dr. Pablo Ortega-Baes. Las semillas se pusieron a germinar usando una a 25° C y fotoperíodo 8/16 horas de luz y oscuridad. Las semillas se pusieron en cápsulas de petri con agar al 1% en agua destilada.

3.3. Fortalecimiento de ejemplares adultos

Eulychnia iquiquensis

El fortalecimiento de ejemplares adultos se realizó en el ecosistema de niebla de Punta Gruesa, a 20 Km al sur de Iquique, a 800 m de altitud sobre el acantilado costero (**MAPA 1, en ANEXO**). Para esto se seleccionaron algunas plantas a las cuales se les instalaron atrapanieblas, quedando ejemplares de tamaños similares sin atrapanieblas. Las plantas fueron georeferenciadas, medidas y marcadas. Se midió alto, diámetro de tronco, diámetro de copa, número de ramas y número de flores. Además se marcaron dos ramas por ejemplar para seguir su crecimiento. De esta manera fue posible monitorear el efecto del atrapanieblas sobre el crecimiento y floración quedando las plantas sin atrapanieblas como control.

Lo primero que se hizo fue definir la ruta de acceso al ecosistema de niebla de Punta Gruesa con ayuda de raidistas (N Valenzuela, JJ Giammarino, J Gatavara). Esto por la dificultad de atravesar el campo dunario que existe antes de llegar al acantilado. Para estos terrenos tuvimos que recurrir a una camioneta Toyota Runner 3.4 (bencinera), ya que con el vehículo propuesto para uso en este proyecto, Mitsubishi Pajero 2.5 (petrolero) no fue posible hacer esta ruta. Las salidas a terreno para la instalación de los atrapanieblas y el plantado se realizaron acampando en el sector, ya que la entrada de la niebla a medio día limita el tiempo de trabajo y aumenta la dificultad para el regreso por la escasa visibilidad con niebla. Para los controles se usó el jeep Mitsubishi Pajero, el que se dejaba antes de entrar al campo dunario. De ahí al borde del acantilado es una hora de caminata de ida y una hora y media de regreso.

La experiencia de fortalecimiento de ejemplares adultos de *Browningia candelaris* en la quebrada de Camiña planteada en el proyecto no se llevó a cabo por diversos motivos. Se trató de realizarlo en la quebrada de Parca, lo que tampoco se logró. Frente a esto, se desistió seguir adelante con este objetivo. En todo caso, el año 2012 fue un año excepcionalmente lluvioso en el período estival en la zona cordillerana andina. La precipitación en Camiña alcanzó los 159 mm. En ese lugar la precipitación promedio en los últimos 39 años es de 35 mm. De hecho, casi todos los poblados precordilleranos fueron tremendamente afectados por las lluvias estivales y los aluviones producidos en marzo. Sin embargo, para el ambiente esta lluvia produjo un gran desarrollo vegetal en la zona y permitió el florecimiento de *Browningia* pudiendo efectuar colectas de frutos a finales de año, motivo por el cual se había planteado este objetivo.

3.4. Experiencia piloto de forestación

Los sitios donde se realizaron las experiencias de forestación fueron visitados por Ricardo Keim e Ingrid Schuab, dueños del Vivero Cactus Alvaralto, Olmué, con gran experiencia en el cultivo de cactus chilenos y por el Dr. Pablo Ortega de la Universidad Nacional Salta, Argentina, especialista en la familia cactácea con vasta experiencia en *Echinopsis atacamensis*. Esto se realizó en abril del

2011 y en septiembre de 2012 respectivamente. Con ellos se discutió en terreno metodologías, criterios y se recibieron observaciones de esta experiencia, los hicieron valiosos comentarios.

3.4.1. *Eulychnia iquiquensis*

La experiencia de forestación de *E. iquiquensis* se realizó en dos ecosistemas de niebla Punta Gruesa y Punta Patache, colocando plántulas bajo condiciones de atrapaniebla en los altos del acantilado costero. Ambos ecosistemas fueron considerado como Sitios de Segunda Prioridad dentro de la Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad por CONAMA Región de Tarapacá, el año 2008. Dichos ecosistemas se encuentran al sur de Iquique. El de Punta Gruesa se encuentra a 20 km al sur de Iquique por la ruta costera y el de Patache se encuentra a 70 km al sur de Iquique, separados entre ellos por 60 km de desierto absoluto (**MAPA 1**). El trasplante se realizó antes que comiencen los nublados de invierno, durante mayo-junio de 2011 y mayo-junio de 2012 en Punta Gruesa y en mayo del 2012 en Patache.

Para llevar a cabo esta experiencia se contaba con plántulas cultivadas a partir de semilla. Los ejemplares a plantar se seleccionaron por clases de tamaños: entre 10.5 y 19 cm de alto que corresponden aproximadamente a ejemplares de 8 a 10 años de edad, eligiéndose los ejemplares más robustos para plantar el primer año 2011. Luego al año siguiente el 2012, por los buenos resultados obtenidos se plantaron ejemplares más pequeños: de 3 a 4, de 6 a 9 y de 10 y 16 cm de alto correspondientes a 2, 6 y 8 años de edad aproximadamente. Estos se trasladaron en sus mismos maceteros en varios viajes desde el vivero de Iquique en la costa hasta altos de Punta Gruesa entre 800 y 850 m de altitud y hasta los altos de Patache a 750 m de altitud.

Los primeros cuatro ejemplares se dejaron en sus maceteros para su aclimatación durante una semana, antes de plantarlos. Dada la gran cantidad de agujeros de roedor en el sector de Punta Gruesa se colocaron 12 trampas Sherman con sebo de avena con manzana, para detectar presencia de roedores previo a realizar el plantado. Dado que se detectó presencia de roedores, todas las plantas se plantaron bajo condiciones de protección, con rejilla de alambre y tapa superior para evitar el picoteo de aves en las plantas. Cada uno de los ejemplares plantados fue identificado con una etiqueta de fierro numerada de la 15 a la 37 en los ejemplares plantados el año 2011 y de la 45 a la 75 ejemplares plantados el año 2012. La identificación de los roedores la realizó Jonathan Guzmán de la Universidad de Concepción.

Para el desarrollo de esta experiencia en Punta Gruesa se instalaron 26 miniatrapanieblas de diferentes tamaños, de 1.2 a 1.8 m de alto por 2 a 5 m de ancho, 14 atrapanieblas el año 2011 y 12 atrapanieblas el año 2012. Bajo cada uno de ellos se hicieron 3, 2 o 1 hoyo separados aproximadamente cada un metro. Para la construcción de los atrapanieblas se usaron largueros y estacas de fierro de 16 mm, cable de acero forrado de 2 mm y malla rachel de 65 y 35% de sombra. Los atrapanieblas se ubicaron según el terreno: exposición a la niebla, inclinación de ladera, diferentes condiciones de sustrato (arenoso, roca fragmentada, afloramiento rocoso) y que fuera de fácil acceso de seguir para el monitoreo de las plantas, siguiendo un sendero, minimizando así la erosión que uno mismo produce al caminar. Se usaron diferentes tratamientos: con adición de nutriente (germinal), perlita y control (sin nada) en cada una de las plantas por atrapanieblas.

A las plantas trasplantadas en Punta Gruesa se les realizó dos riegos de 2.5 litros por planta durante el verano, el primero el 23 de enero y el segundo el 4 de marzo del 2012, acarreado bidones de agua desde Iquique.

El ecosistema de niebla de Patache está en concesión por parte de Bienes Nacionales al Centro del Desierto de Atacama, de la Pontificia Universidad Católica desde el año 2005 con fines de conservación e investigación. El haber colocado plantas en dos ecosistemas de niebla permitirá tener una comparación en los resultados de esta experiencia de forestación, respecto al comportamiento de las plantas en cuestión. En Patache se instalaron 6 atrapanieblas de 1.2 m de alto por 2 m de ancho. Se usaron diferentes tratamientos: con adición de nutriente (germinal), perlita y control (sin nada) en cada una de las plantas por atrapanieblas. Todas las plantas se plantaron bajo condiciones de protección: con rejilla de alambre y tapa superior. Cada uno de los ejemplares plantados fue identificado con una etiqueta de fierro numerada de la 1 a 19 en los ejemplares plantados el año 2012.

Esquejes

Se realizó también una experiencia de trasplante de esquejes de *Eulychnia*, eligiéndose tres tipos diferentes de ramas con el fin de determinar la respuesta al enraizamiento: rama cortada a los 70 cm, rama desganchada desde el tronco y brote de antiguos ápices cortados sacados con base de rama.

Suelos

Se hizo análisis de suelo de muestras de Punta Gruesa y Chijo de los lugares donde se colocaron las plantas de *Eulychnia* y *Echinopsis*. Esto se llevó a cabo en el laboratorio del Departamento de Agricultura de la Facultad de Recursos Naturales Renovables de la Universidad Arturo Prat, Iquique, a cargo del Dr. José Delatorre.

3.4.2. *Browningia candelaris*

La experiencia de forestación de *Browningia* se programó realizar en la precordillera andina en las cercanías del pueblo de Mamiña, comuna de Pozo Almonte. Se tomó contacto con el dueño y el administrador del Hotel El Salitre en Mamiña. Se recorrió el lugar, se definió el sector donde se colocarían las plantas y se comprometieron al cuidado de ellas. Se acordó además, realizar una experiencia de siembra en un sector que se habilitaría como vivero considerando el acceso al agua. Luego se instaló la estructura del vivero y se dejaron las plantas a trasplantar. Sin embargo, el sitio fue inundado con aguas de desagüe y la malla de protección estaba llena de orín de perro, por lo que se tomó la decisión de sacar las plantas y el vivero del lugar.

Luego de esta mala experiencia las plantas de *Browningia* se colocaron en el patio de la Escuela de Mamiña, a 126 km al interior de Iquique y en la Quebrada de Parca, a 17 km al norte de Mamiña en dos sectores: en los alrededores del cementerio del pueblo y siguiendo un canal de regadío de terrazas de cultivo (**MAPA 1**). El trasplante se realizó en octubre de 2011.

3.4.3. *Echinopsis atacamensis*

La experiencia de forestación de *E. atacamensis* se realizó en el altiplano frontera con Bolivia, en las cercanías del pueblo de Chijo, Cariquima, comuna de Colchane, a 260 km al interior de Iquique, en un terreno privado cercado por pirca de piedra en el sector denominado Chivillana (**MAPA 1**). Este terreno pertenece a Don Antonio Moscoso Mamani. Los ejemplares a plantar se seleccionaron en cuatro clases de tamaños: de 2.5, 5, 10 y 20 cm de alto correspondientes a 2, 4, 6 y 8 años de edad aproximadamente. Estos se trasladaron en sus mismos maceteros en varios viajes desde el vivero de Iquique en la costa hasta Chijo a 3900 m de altitud. Para su aclimatación se dejaron los ejemplares protegidos por la casa bajo una malla anti helada por un mes. El trasplante se llevó a cabo a fines de diciembre de 2011 y comienzo de enero de 2012, antes que comiencen las lluvias estivales

El área a forestar fue de 50 m a lo largo de la pirca de Este a Oeste por 10 m de ancho bajando por la ladera, abarcando un área total de 500 m². Se hicieron 44 hoyos separados cada metro y medio aproximadamente en tres hileras paralelas a la pirca. Se usaron diferentes tratamientos: con adición de nutriente (germinal), guano de llamo y alpaca de la zona, perlita y control (sin nada). Las plantas se plantaron bajo diferentes condiciones de protección: con rejilla, con pirca de piedras del lugar, bajo planta nodriza y sin nada. Cada uno de los ejemplares plantados fue identificado con una etiqueta de fierro numerada. Previo a realizar el plantado, se colocaron 12 trampas Sherman para detectar presencia de roedores en el sector.

Experiencia de siembra in-situ

Se realizó también una experiencia de siembra in-situ con semillas de 3 años diferentes. Esto se realizó el 3 de enero de 2012, al segundo mes de lluvias las cuales se mantuvieron hasta el mes de marzo. Para ello se instalaron en el terreno 16 sets de 2 tubos de pvc de 20 cm de diámetro, afirmados con estacas y cubiertos por una rejilla plástica para evitar que las aves se coman las semillas. En uno de los tubos se colocaron 100 semillas y el otro quedó de control. Estos sets se distribuyeron en tres hileras entre las plantas trasplantadas. La primera hilera con 8 sets con semillas del 2011 (800 semillas), la segunda hilera con 4 sets con semillas del 2010 (400 semillas) y la tercera hilera con 4 con semillas del 2003 (400 semillas). Por lo que se sembraron en total 1.600 semillas.

Población natural

Previo a la realización de la experiencia de forestación en Chijo, se registró la población natural de *E. atacamensis* donde a simple vista se observan solo 4 a 5 ejemplares. Para ello se realizó un recorrido a pie por el sector registrando cada uno de los ejemplares encontrados, los que fueron debidamente medidos y georeferenciados.

3.5. Control de crecimiento

3.5.1. *Eulychnia iquiquensis*

Se controló el crecimiento de algunos ejemplares de la población natural de *E. iquiquensis* del ecosistema de niebla de Punta Gruesa que habían sido medidos y georeferenciados el año 2003 por Pinto (2007). Para ello se realizó un recorrido a pie por el sector donde se realizó la experiencia de forestación, monitoreando cada uno de los ejemplares. Los ejemplares se identificaron con etiquetas de fierro numeradas: del 1 al 14 plantas en el acantilado costero y del 38 al 44 plantas en la ladera interior. Esto permitirá una fácil identificación de los ejemplares para futuros monitoreos.

3.5.2. *Browningia candelaris*

Se controló el crecimiento de algunos ejemplares de la población natural de *B. candelaris* en las quebradas de Parca, Punaya y Camiña en la precordillera andina de Tarapacá que habían sido medidos y georeferenciados el año 2006 por Pinto (2006).

3.5.3. *Echinopsis atacamensis*

Se controló el crecimiento de algunos ejemplares de la población natural de *E. atacamensis* en Cerro Jilimani, Sierra Chilani y en Panavinto, Sierra Yarina en el sector de Cariquima en la zona altoandina de Tarapacá que habían sido medidos y georeferenciados el año 2004 por Pinto (2004).

3.5. Difusión

Se realizaron diferentes actividades relacionadas con la difusión de este proyecto. Organización de talleres sobre cultivo de cactus en Iquique, Parca, Mamiña, Cariquima y Colchane. Exposición del proyecto en el Taller de Flora Costera en Antofagasta, durante la participación de los cursos de Restauración Ecológica en las ciudades de Valdivia y La Serena. Donación de tres ejemplares de *Eulychnia iquiquensis* al Jardín Botánico de Antofagasta.

4. RESULTADOS

4.1. Stock de semillas

Luego de la colecta de frutos la que se realizó en diferentes épocas del año según la especie (**FOTO 1**), se procedió a la limpieza de semillas como se indica en la metodología (**FOTO 2**). El lavado de las semillas se dificulta por que los frutos presentan pulpas muy ligosas y hay que hacer varios

lavados para que las semillas queden limpias. Dentro de las observaciones que habría que hacer notar fue que los frutos de *Eulychnia* casi todos presentaban gusanos (**FOTO 3**) no así los frutos de las otras especies. Además su pulpa era muy ácida que llegaba a doler las manos como que desintegraba la piel. La pulpa de *Browningia* fue la más gomosa de todas. Otra observación interesante fue que los frutos de *Echinopsis* presentaban un número importante de semillas dobles “siamesas”, generalmente una semilla pequeña unida a una de tamaño normal (**FOTO 4**). Este fenómeno habría que registrarlo cuantitativamente contabilizando el porcentaje de este tipo de semillas en varios frutos de diferentes ejemplares.

Echinopsis atacamensis cuyo fruto dulce es conocido como pasacana, es una especie muy florecedora, sin problema de polinización y forma bosques densos en lugares donde ha sido poco explotado. Además de esto, todos los años fructifica y su período de fructificación es bastante largo de 5 a 6 meses desde febrero hasta julio es posible encontrar frutos. Por lo que la colecta de semillas no presenta problema. Sin embargo, hay que hacer notar que por ser un fruto comestible por los lugareños y dado que la comunidad aymara actual cuenta en su totalidad con vehículo motorizado que les permite el fácil acceso a cualquier lugar, la cosecha de frutos a aumentado enormemente su volumen, lo que antiguamente se hacía de a pie o en bicicleta. De hecho me tocó ver una pareja con dos baldes cada uno (de 5 galones) llenos de pasacanas. Si estimamos un total aproximado de 250 frutos por balde, esa pareja cosechó 1.000 frutos en tres horas. Esta disminución de entrada de semillas al hábitat se refleja en el escaso número de plántulas en las sierras más cercanas a Cariquima, por ejemplo en el Cerro Jilimani, en Siluvinto.

En las otras dos especies *Browningia candelaris* y *Eulychnia iquiquensis* es más difícil encontrar frutos, ya que el desarrollo de estos depende exclusivamente de años lluviosos y presencia de polinizadores. Además su cosecha se dificulta por lo disperso en que se encuentran los ejemplares, por el estado de conservación deteriorado en que se encuentran las plantas y por la escases de polinizadores.

El stock de semillas de cactus quedó conformado por las semillas que habían sido colectadas en años anteriores las cuales fueron ordenadas y además se ingresaron las semillas de frutos colectados en los años 2011 y 2012 durante la ejecución de este proyecto (**FOTO 5**). El stock actualmente consta de un total aproximado de 1.200.120 semillas. De ellas, 888.480 corresponden a las tres especies que trata este proyecto (**TABLA I**) y 311.640 corresponden a otras especies de cactáceas presentes en el norte de Chile (Arica-Parinacota y Tarapacá (**TABLA II**)). El número de semillas del stock no incluye el número de semillas utilizadas para los ensayos de germinación y germinación masiva realizada durante la ejecución de este proyecto.

En la **TABLA III** se muestran los antecedentes de frutos de *Browningia candelaris* colectados en Parca en noviembre y diciembre del año 2011. Estos alcanzaron un tamaño promedio de 5.7 cm de largo, 3.8 cm de ancho con un peso de 52.6 gramos, 20 ml de pulpa y 822 semillas Ellos no estaban en su estado máximo de madurez. El fruto maduro es ovalado de color amarillento por fuera y de pulpa más líquida, transparente y ligosa. El peso de 100 semillas varía entre 0.2 y 0.3 gramos. El fruto inmaduro es alargado de color verde oscuro.



FOTO 1. Fruto de *Eulychnia iquiquensi* (copao), *Browningia candelaris* (sabaya) y *Echinopsis atacamensis* (pasacana). El copao y la sabaya son frutos de pulpa jugosa que se abren solo por el picoteo de aves o cuando se machucan al caer al suelo cuando maduran. La pasacana cuando maduro es un fruto seco de puras semillas que se abre en la planta en dos a tres rajaduras.



FOTO 2. Proceso de limpieza de semillas. Fruto de pasacana. Cuando el fruto aún no se abre completamente la pulpa se desprende con una cuchara fácilmente de la cáscara. Se procede a sacar la pulpa, se coloca en una media panty, se estruja para separar las semillas de la pulpa, se enjuagan las semillas, se sacan de la panty y se extienden en un plato para que se sequen a la sombra.



FOTO 3. Casi todos los frutos de *Eulychnia* colectados presentaban gusanos en su pulpa.



FOTO 4. Se registró un número importante de semillas dobles en los frutos de *E. atacamensis*.



FOTO 5. Stock de semillas en bolsas de papel debidamente rotuladas por especie, por año y por localidad. Estas se mantienen guardadas en el refrigerador.

4.2. Stock de plántulas

La adecuación de la pérgola como vivero indicada en la metodología se muestran en la **FOTO 6**. Este fue ocupado inmediatamente con el repique a bandejas de helado de la siembra efectuada a comienzos del 2010 y se fue ampliando a medida que se iba necesitando mayor espacio para colocar las bandejas (**FOTO 7**).

La actividad de siembra comprendió una serie de pasos: construcción de cajas para las almacigueras, preparado del sustrato, llenado de las almacigueras, remoje de éstas en agua con fungicida, selección de semillas eliminación de las semillas malas, separación de las que flotan de las que se van al fondo, aplicación de fungicida en polvo a las semillas seleccionadas, separación en grupos a sembrar por cubículo, siembra sobre el sustrato, rotulación de la almaciguera y cobertura con plástico transparente (**FOTO 8 y 9**). Sólo durante el riego se mantenían las almacigueras destapadas (**FOTO 10**). La tapa plástica transparente se colocó para mantener la humedad en las almacigueras y así evitar la evaporación y formación de costras de sales tanto los bordes de los cubículos de la almaciguera así como también en la base de las plántulas (**FOTO 11**). Esto ocurre a pesar de que el riego se realiza con agua filtrada ya que agua potable de Iquique tiene un alto contenido de sales.

Siembra en ambiente natural

La siembra en ambiente natural consistió en un total 22.330 semillas sembradas. De ellas 12.960 corresponden a las tres especies que trata este proyecto: 4.320 de *Echinopsis atacamensis*, 5.040 de *Eulychnia iquiquensis* y 3.600 de *Browningia candelaris* (**TABLA IV**) y 9.370 corresponden a otras especies presentes en el norte de Chile, Arica-Parinacota y Tarapacá (**TABLA V**). Se realizó un conteo mensual de cada una de ellas (**FOTO 12**). A tres de las almacigueras sembradas con *E. atacamensis*, *Eulychnia* y *Browningia* se efectuó un registro diario del número de semillas germinadas. Las primeras germinaciones aparecen al séptimo día de siembra. Al llegar a un porcentaje de germinación más o menos estable el conteo se distanció a una vez por semana, luego una vez al mes y por último se contó también al momento de hacer el repique a bandejas de helado. En la **FOTO 13** se muestra una secuencia de los primeros estadios de desarrollo.

***Echinopsis atacamensis*:** Al mes de sembradas las semillas presentaron un alto porcentaje de germinación, semillas del año un 69% y semillas del año anterior un 92%, independiente de la densidad de siembra, alcanzando un tamaño entre 4 a 5 mm de alto (**FIG. 1**). Al mes de vida comienzan a aparecer plantas muertas alcanzando 0.1% al segundo mes, probablemente por exceso de humedad ya que las plantas se vuelven transparentes como unos globos llenos de agua. Este porcentaje de mortandad aumenta en los meses siguientes alcanzando al año un 35% de mortandad. Por otro lado, siguen apareciendo nuevas germinaciones hasta 6 meses a 1 año después de la siembra. Las plántulas al año alcanzan entre 1 a 2 cm de alto. Las plántulas recién germinadas son de un color verde brillante.

***Eulychnia iquiquensis*:** Al mes de sembradas las semillas del año presentaron un porcentaje de germinación de 86% y semillas del año anterior un 57%, independiente de la densidad de siembra, alcanzando un tamaño entre 3 a 5 mm de alto (**FIG. 2**). Al segundo mes de vida comienzan a

aparecer plantas muertas del orden del 1.4%. Este porcentaje de mortandad aumenta en los meses siguientes alcanzando al año un 79% de mortandad. Por otro lado, al igual que en *E. atacamensis* en los meses subsiguientes siguen apareciendo nuevas germinaciones. Después de un año de siembra se registró un 2% de nuevas germinaciones. Las plántulas al año alcanzan entre 1 a 1.5 cm de alto. El repique a bandejas de helado se hizo en varias oportunidades cuando las plantas alcanzaban más de 1 cm de alto. Se detectó presencia de plantas con tres cotiledones (2%). Al año se registraron también plantas con rebrote apical (4%). Llama la atención el gran porcentaje de germinación (70%) de semillas de 8 años (colectadas el año 2003) puestas a germinar sin tratamiento alguno (sin remojarlas). Las plántulas recién germinadas son de un color verde amarillento y de forma más alargada que *E. atacamensis* y *B. candelaris*. Luego adquieren un color verde oscuro intenso y presentan una epidermis con puntitos blancos.

***Browningia candelaris*:** Al mes de sembradas las semillas de 3 y 6 años presentaron un menor porcentaje de germinación (52%) que las semillas de 8 años (76%). Semillas de 8 años (2003) sometidas a mayores horas de remojo presentaron un mayor porcentaje de germinación (76%) que semillas expuestas a menor tiempo de remojar (20%) independiente de la densidad de siembra, alcanzando un tamaño entre 4 a 5 mm de alto (**FIG. 3**). Al segundo mes de vida comienzan a aparecer plantas muertas del orden del 0.4%. Por otro lado, al igual que en *E. atacamensis* y *E. iquiquensis* en los meses subsiguientes siguen apareciendo nuevas germinaciones. Se detectó presencia de plantas con tres cotiledones (0.4%). Llama la atención el gran porcentaje de germinación (70%) de semillas de 8 años (colectadas el año 2003) puestas a germinar sin tratamiento alguno (sin remojarlas). Las plántulas recién germinadas son de un color verde brillante.

Entre los seis meses a un año de edad, una vez que las plantas alcanzaron 1 cm o más de alto y encontrándose muy apretadas en los cubículos de las almacigueras se procedió al repique en la medida que fuera necesario. Las plantas se trasladaron a bandejas de helado preparadas con perforaciones en los bordes de la base, con una capa de piedrecillas, luego llenadas con el sustrato al tope, y dos golpecitos para que baje el sustrato (**FOTO 14**). En esta etapa es primordial contar con una mesa y sillas ya que es un trabajo largo y minucioso (**FOTO 15**). Como no todas las semillas germinan al mismo tiempo se seleccionaban las de mayor tamaño tratando que por bandeja quedaran plántulas de tamaños homogéneos. Estas se sembraron separadas cada 2 cm o a una distancia prudente que permita el crecimiento pero que no queden muy separadas. Las plántulas que presentaban raíces muy largas se cortaron a una altura similar al largo del cuerpo. Se detectó que el sustrato de los cubículos de los bordes de la almaciguera se secaban más rápidamente que los centrales y las plántulas eran más pequeñas y de color rojizo (**FOTO 16**). En las tres especies se registraron una que otra planta con dos cabezas. Una de las almacigueras de *Eulychnia* presentó varias plantas con rebrote apical, esto probablemente por daño ocurrido durante el conteo de las plántulas. La **FOTO 17** muestra los distintos estados de pudrición que se registraron en las plántulas en las tres especies en las almacigueras. La mortandad de plántulas por pudrición y por desecamiento siguió aumentando en esta etapa.

A los 2 años de edad se procede al repique de las plántulas desde las bandejas de helado a recipientes mayores o a macetas individuales (**FOTO 18**). Las plantas que quedan muy enterradas al momento del trasplante se pudren. Plantas de 3 cm de alto que se les pudre la raíz es posible que se recuperen ya que desarrollan nuevas raicillas. Para las plantas de mayor tamaño se cuenta con un vivero cerrado sólo con policarbonato en el techo que permita la limpieza del hollín del aire

de Iquique y por los lados cerrado sólo con rejilla que impida la entrada de pájaros (**FOTO 20**). Aquí las plantas presentaron algunas enfermedades y pestes (**FOTO 19**). *E. atacamensis* es afectada por pulgón, conchuela y hongos. Y *E. iquiquensis* por arañita roja. *B. candelaris* no fue afectada. Pulgón y conchuela fueron tratados con Dimetoato y aceite inmisible y la arañita roja con Vertimec. Estas pestes se desarrollan más fuertemente en verano. Para tratar de eliminar el hongo se procedió a sacar el tejido infectado cortando el ápice del tallo hasta que no quede traza alguna de mancha negra. Al año algunas plantas cortadas habían desarrollado un brote que ya tiene de 2 cm. Otras aún no rebrotan. Entre otras dificultades que tuvimos fue la entrada de gatos en ambos viveros, que pisotearon las bandejas desenterrando las plantas. A demás de tener que estar siempre controlando la gran cantidad de hormigas principalmente en verano. A las plántulas repicadas se les administraron fertilizante líquido dos veces al año.

A la fecha de término de este proyecto diciembre 2012, el stock de plántulas de 1.5 a 4 cm de alto lo conforman un total de 1.857 ejemplares. De ellos 1.414 corresponden a *Echinopsis atacamensis*, 337 a *Eulychnia iquiquensis* y 106 a *Browningia candelaris*. Esto sin considerar los ejemplares de menor tamaño que están en bandejas de helado, los que aún están en almacigueras y los que se colocaron en hábitat.

Siembra en ambiente controlado

Los ensayos de germinación en ambiente controlado mostraron resultados similares a los realizados en ambiente natural. Donde *E. atacamensis* es la especie que alcanza la mayor proporción de germinación sobre el 0.9, seguido de *B. candelaris* sobre un 0.5 y a la especie que más le cuesta es a *E. iquiquensis* con un 0.5 (**TABLA VI**). Cabe hacer notar que este ensayo se controló al mes de siembra y que la proporción de semillas germinadas de *Eulychnia* va a ir aumentando con el tiempo, ya que esta es una especie lenta pero casi todas las semillas logran germinar.

También se hicieron ensayos con *Corryocactus brevistylus* otra de las especies columnares de la precordillera que comparte hábitat con *Browningia*. Interesante es lo que pasa con esta especie, que alcanza una proporción de germinación muy baja, independiente de los años de colecta de semillas. Situación similar ocurrió con la siembra en almacigueras en ambiente natural, donde sólo germinó una semillas de las 720 semillas sembradas. Hay que hacer notar que es muy difícil encontrar ejemplares juveniles de esta especie en hábitat, a pesar de conformar poblaciones relativamente abundantes entre los 2500 a 3000 m de altitud en la precordillera andina.

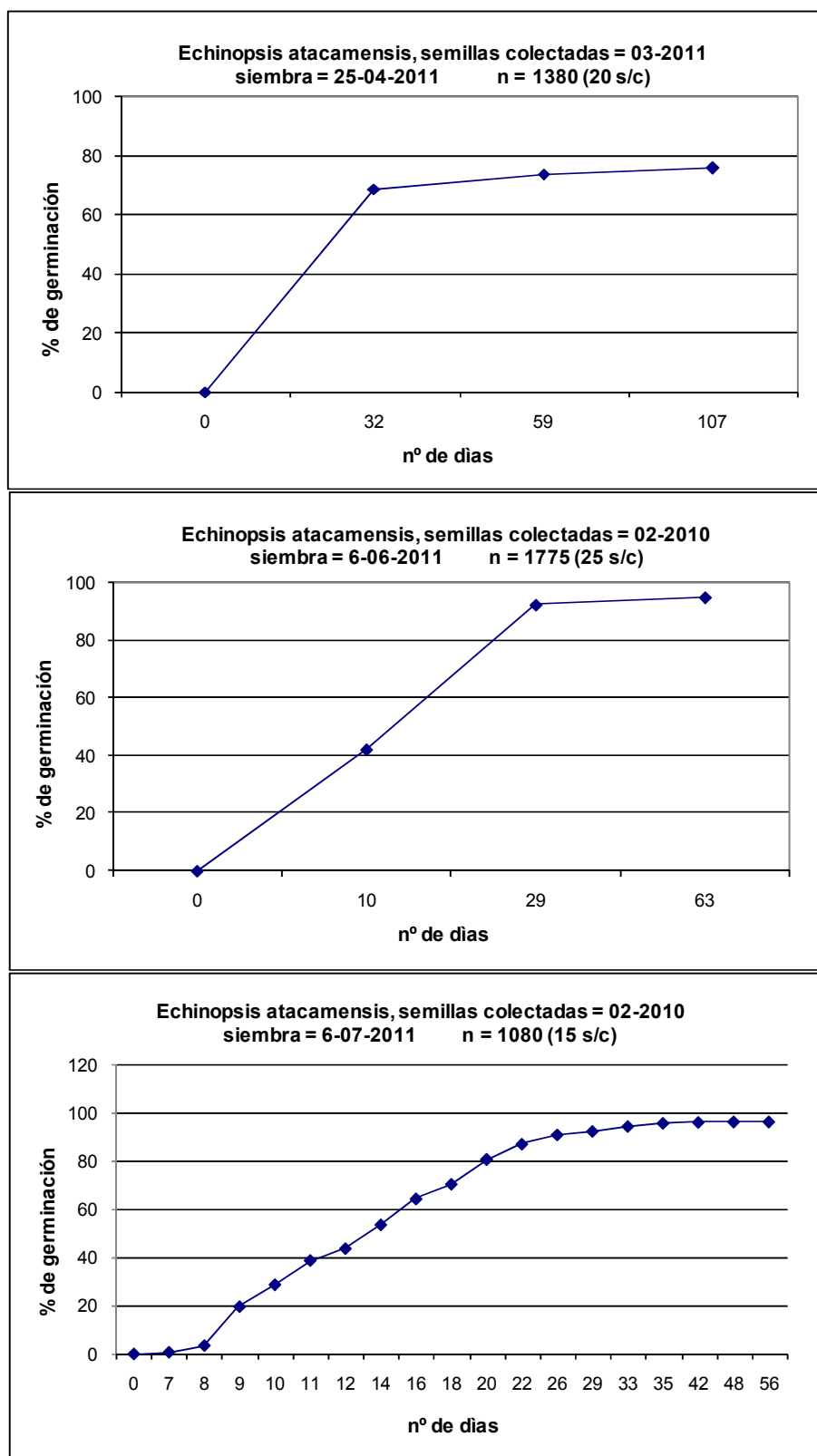


FIG. 1. Porcentaje de germinación de *Echinopsis atacamensis*, según año de colecta de semillas y densidad de siembra. Semillas del año presentan un menor porcentaje (69%) que semillas del año anterior (92%). s/c = número de semillas sembradas por cubículo.

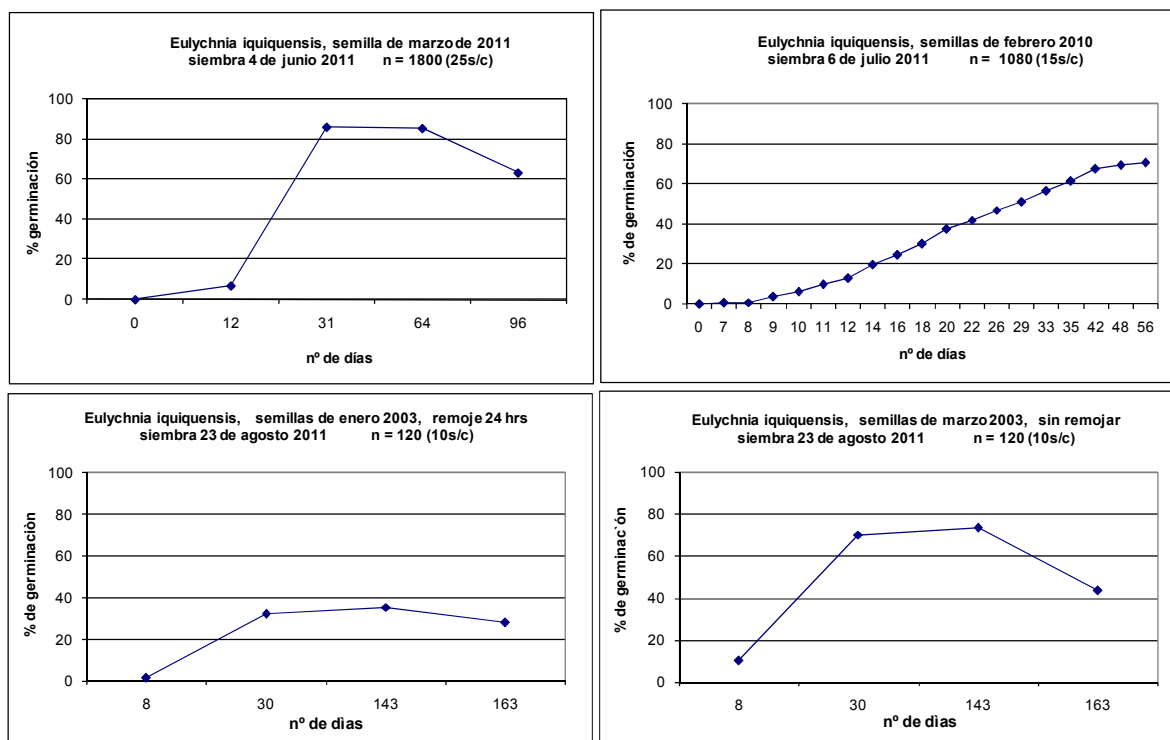


FIG. 2. Porcentaje de germinación de *Eulychnia iquiquensis*, según año de colecta de semillas, densidad de siembra y con y sin remoje. Semillas del año presentaron un mayor porcentaje (86%) que semillas del año anterior (57%). Semillas de 8 años (2003) sin remojar presentaron un mayor porcentaje de germinación (70%) que semillas con remojar (32%). s/c = número de semillas sembradas por cubículo.

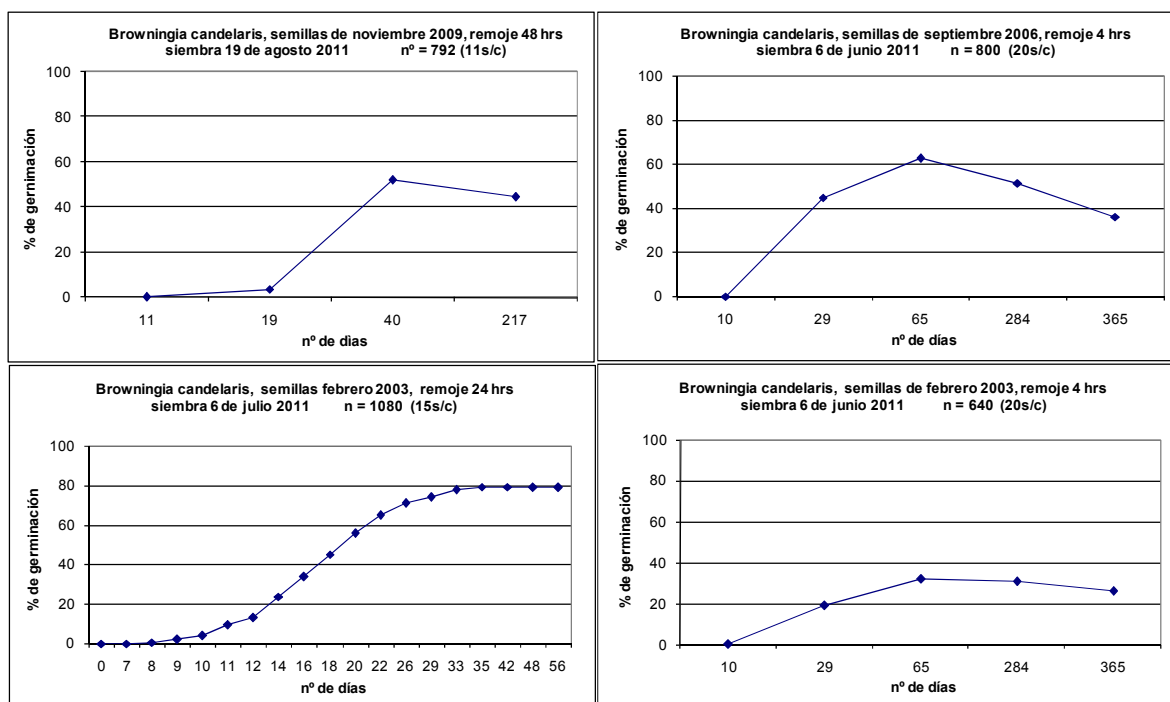


FIG. 3. Porcentaje de germinación de *Browningia candelaris*, según año de colecta de semillas, densidad de siembra y diferentes tiempos de remojo. Al mes las semillas de 3 y 6 años presentaron un menor porcentaje de germinación (52%) que las semillas de 8 años (76%). Semillas de 8 años (2003) sometidas a mayores horas de remojo presentaron un mayor porcentaje de germinación (76%) que semillas expuestas a menor tiempo de remojo (20%). s/c = número de semillas sembradas por cubículo.



FOTO 6. Adecuación de la pérgola como vivero momentáneo en casa.



06-2011

04-2012

10-2012

FOTO 7. A lo largo de estos dos años el vivero se fue llenando y ampliando los mesones a medida que se iba haciendo el repique de las almacigueras sembradas a bandejas de helado. Este espacio se tendrá que triplicar al momento de hacer el segundo repique de de bandejas de helado a macetas individuales.



FOTO 8. Actividad de siembra: rellenado de almaciguera con sustrato previamente preparado (mezcla de turba, perlita y piedrecillas). Remoje de la almaciguera en agua con fungicida. Selección y conteo de semillas y siembra. Se sembraron los tipos de semillas las que van al fondo y las que flotan, ambas germinaron.



FOTO 9. Espacio adecuado para la instalación de las almacigueras sembradas. Cada una de ellas rotulada con número, nombre de la especie, localidad y fecha de colecta, fecha de siembra y número de semillas por cubículo.



FOTO 10. Almacigueras sembradas. Solo se destapaban al momento del riego.



FOTO 11. Al sacar la tapa plástica de la almaciguera se forma inmediatamente una costra salina, tanto en los bordes de los cubículos como en la base de las plántulas.



FOTO 12. Conteo del número de semillas germinadas por cubículo por almaciguera. Riego de almacigueras. Almacigueras con *Browningia*, *E. atacamensis* y *Eulychnia* al mes de siembra. Close up de la almaciguera de *Browningia* y un cubículo donde se aprecian los seedling de 4 a 5 mm con dos cotiledones y entre ellos el inicio de aparición de las espinas. Se observan además semillas envueltas en fungicida (polvo blanco) aún sin germinar.



FOTO 13. Desarrollo de los primeros estadíos del proceso de germinación de la semilla. Semilla se abre, desarrolla una raicilla, aparición de micorriza, tallo de la plántula con la testa de la semilla aun en el ápice, aparición de hongos, apertura de cotiledones, y formación de areolas y espinas.



FOTO 14. Preparación de bandejas para el repique.



FOTO 15. Trabajando en el repique.

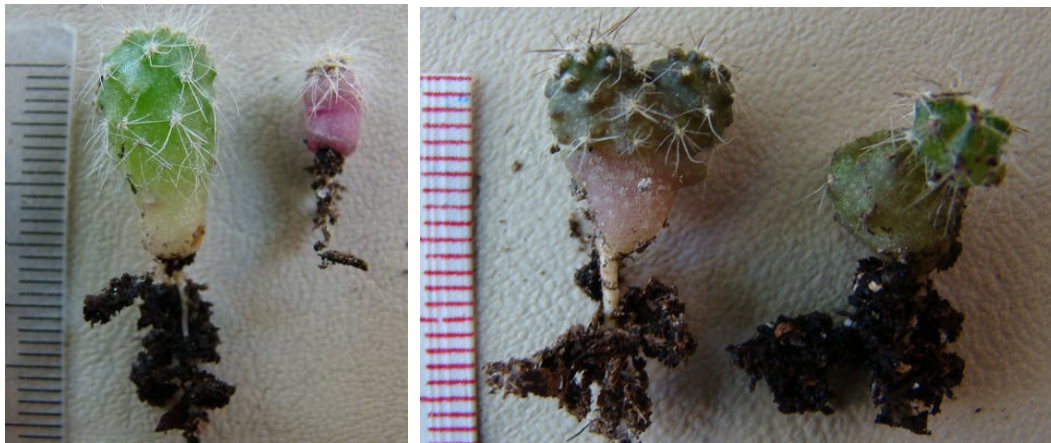


FOTO 16. Variación en el tamaño y colorido de plántulas de *Echinopsis atacamensis*. Plántulas raras de *Eulychnia iquiquensis* de dos cabezas y con rebrote apical.



FOTO 17. Tres estados de pudrición de las plántulas. Transparente transformada en un globo de agua, con la base del cuerpo blando y café y con el cuerpo totalmente desintegrado.



FOTO 18. Repique a los dos años de edad desde las bandejas de helado a recipientes mayores. Bandeja de helado con plantas creciendo muy apretadas y de diferentes tamaños. Las raíces de las plantas alcanzan la capa de piedrecillas del fondo de la bandeja. Plantas de este tamaño que se les pudre la raíz es posible que se recuperen ya pueden producir nuevas raíces.



Arañita roja



Pulgón lanífero y conchuela



Hongos



FOTO 19. Enfermedades y pestes. *E. atacamensis* es afectada por pulgón, conchuela y hongos. *E. iquiquensis* por arañita roja. *B. candelaris* no fue afectada.



FOTO 20. Vivero de plantas de más de tres años de donde se sacaron los ejemplares para llevarlos al hábitat.

4.3. Fortalecimiento de ejemplares adultos

4.3.1. *Eulychnia iquiquensis*

El sector en estudio se extiende por 500 m de largo y 100 m en altitud, en el ecosistema de niebla de Punta Gruesa (**MAPA 2, 3 y FOTO 21**). Allí se encuentran 14 ejemplares de *Eulychnia*. Se instalaron atrapanieblas en 9 de ellos. Los 5 restantes se mantuvieron como grupo control. Se trató de seleccionar parejas de tamaños similares de plantas con y sin atrapanieblas (**FOTO 22**).

No se detectó un efecto notorio del atrapanieblas en la respuesta de floración de las plantas (**FOTO 23**). A octubre del 2012 las ramas mayores de las plantas adultas habían desarrollar un número similar de botones entre 2 a 9 botones por rama, en ejemplares con y sin atrapanieblas, registrándose de 1 a 60 botones por planta. En noviembre, diciembre es la floración de *Eulychnia* y febrero marzo la fructificación por lo que esto aún no se controla. No todas las flores llegan a producir frutos, muchas abortan o no son polinizadas y caen al suelo.

Notable fue el efecto del atrapanieblas en el crecimiento de la planta tanto en alto como en ancho de los tallos, así como también en el desarrollo de nuevos brotes y el cambio en el colorido de la epidermis (**FOTO 24**). Las plantas con atrapanieblas crecieron en promedio 34 cm de alto. Las plantas sin atrapanieblas crecieron en promedio 6 cm de alto. Esto en un lapso de tiempo de 18 meses, de abril del 2011 a octubre del 2012 que abarca dos períodos de crecimiento. Cabe hacer notar que el año 2011 fue un año bastante húmedo donde cayeron 5.6 mm en Iquique, de un promedio anual de 1.3 mm (**TABLA XV**) y 5 a 6 cm es el crecimiento que se había registrado en *Eulychnia* para el Evento Niño de 2002, donde cayeron 5.1 mm.

Otro efecto positivo del atrapanieblas fue el desarrollo que se produjo de vegetación herbácea tanto anuales como bulbosas y rizomatosas y crecimiento y desarrollo de formas arbustivas o subarbustos (**FOTO 25**). Entre las anuales se encuentran *Cristaria*, *Polyachyrus*, *Parietaria*, *Tetragonia*, *Loasa*, *Cisthante* y *Nolana*. Entre las bulbosas se encuentran *Oziroë*, *Zephyra*,

Leucocoryne. Entre las rizomatosas se encuentran *Alstroemeria* y *Oxalis*. Y entre las formas arbustivas *Ephedra*, *Solanum*, *Chenopodium* y *Gandularia*. Se detectó también aparición de musgos.



FOTO 21. Ecosistema de niebla de Punta Gruesa, 20 kilómetros al sur de Iquique. Circulo verde indica el área de estudio.



FOTO 22. Se eligieron parejas de *Eulychnia* de tamaños similares para monitorear el efecto en el crecimiento y floración de las plantas con atrapaniebla y sin atrapanieblas.



con atrapaniebla



sin atrapaniebla

FOTO 23. No hubo un efecto evidente del atrapaniebla en la floración de *Eulychnia*, octubre 2012.



04-2011



10-2012

FOTO 24. Efecto del atrapaniebla en el crecimiento de *Eulychnia*, en 18 meses creció 39 cm.



FOTO 25. Notorio efecto del atrapaniebla en la vegetación arbustiva bajo *Eulychnia*, octubre 2012. En la planta con atrapaniebla la verbenácea alcanzó un mayor desarrollo.

4.4. Experiencia piloto de forestación

4.4.1. *Eulychnia iquiquensis*

La experiencia piloto de forestación de *Eulychnia iquiquensis* se realizó en dos ecosistemas de niebla costeros en Punta Gruesa y Patache. En el ecosistema de niebla de Punta Gruesa se plantaron 17 ejemplares de *Eulychnia* entre 10 y 19 cm de alto el año 2011, bajo 9 atrapanieblas y 31 ejemplares entre 3 y 16 cm de alto, el año 2012 bajo 12 atrapanieblas y 1 ejemplaresin atrapaniebla como control, dando un total de 48 plantas plantadas, 47 de ellos bajo condición de atrapaniebla. En la ladera donde se realizó la plantación en Punta Gruesa existen 14 ejemplares de *Eulychnia* con un rango de talla de 0.10 a 4 metros de alto, 5 ejemplares mayores de 2 m de alto, 3 ejemplares de 0.8 a 1.5 m de alto y 7 ejemplares de 0.10 a 0.40 m de alto. Por lo que la forestación realizada triplicó el número de ejemplares existente en el sector (**MAPA 2, 3 y 4**).

El área forestada en Punta Gruesa fue de 400 m a lo largo del borde superior del acantilado costero de Este a Oeste por 40 m de ancho bajando por la ladera, en un rango altitudinal de 50 m, abarcando un área total de 1.600 m². El **MAPA 4** muestra en forma esquemática la distribución de la plantación en Punta Gruesa. El sector no es de fácil acceso lo que ayuda a que no llegue tanta gente (**FOTO 26**), sin embargo, el campo dunario que hay que atravesar es el paraíso de motocross y jeeperos. El hecho de poder llegar con vehículo al borde del acantilado permitió llevar todos los materiales necesarios para la instalación de los atrapanieblas (**FOTO 27**).

Importante es mantener un continuo monitoreo tanto en las instalaciones como en el crecimiento de las plantas. Las rejillas de alambre instaladas como protección de las plantas se oxidaron a los dos meses de colocadas, incluso las que se pintaron con pintura antióxido. Estas no se cambiaron durante el desarrollo de este proyecto, pero sí debería hacerse en años venideros hasta que las plantas desarrollen espinas más fuertes. Cada cierto tiempo hay que volver a tensar los largueros. O reponer algún cable cortado. La malla rashel también requiere de cambio a los tres o cuatro años ya que se quema por el sol o se rompe cuando queda tocando alguna roca. Los tensores de los atrapanieblas también hay que estarlos revisando por que se sueltan con el viento. Hemos encontrado también algunas rejillas cerro abajo. Es difícil pensar que un zorro podría ser el causante de soltar las rejillas, lo más lógico es el hombre con su placer de destruir. El control de crecimiento de estas plantas debería hacerse una vez al año o cada 2 años para lograr ver un delta de crecimiento.

Los ejemplares de *Eulychnia* a los cinco meses plantados o sea después de una temporada de crecimiento presentaron signos de vigor a simple vista como el colorido de las espinas (de amarillentas a más anaranjadas negruzcas), crecimiento en el largo de las espinas, formación de nuevas espinas tanto apicales como a lo largo del tallo, colorido de la epidermis (de verde claro a un verde más oscuro) y crecimiento en alto y grosor del tallo. La **FOTO 28** muestra ésta aclimatación al ambiente, el daño provocado en la base del tallo por roedores antes que se considerara colocar rejilla de protección y muestra también el mal aspecto que presenta una planta original del lugar de similar tamaño de las que se plantaron. Esto nos indica que los atrapanieblas deberían de mantenerse hasta que las plantas adquieran un mayor tamaño por lo menos 40 a 50 cm de alto.

A partir de julio comienza la aparición de vegetación herbácea bajo los atrapanieblas, alcanzando su máximo desarrollo en septiembre y octubre, secándose completamente en diciembre (**FOTO 29**). Esta vegetación creció tanto que en algunos casos envolvieron completamente la rejilla, haciendo la función de planta nodriza (**FOTO 30**). La **FOTO 31** muestra un sector de ladera con atrapanieblas.

En la **TABLA VII** se muestra el crecimiento registrado en los 17 ejemplares plantados el 2011. Después de un año seis meses o sea con dos temporadas de crecimiento en hábitat, las plantas crecieron en alto un promedio 2 cm con máximas de 5 y mínimas de 0, en diámetro del tallo un promedio de 1 cm con máximas de 2 y mínimas de 0 y en el largo de las espinas un promedio de 1 cm con máximas de 2.5 y mínimas de 0. Además el 35 % de ellas desarrollaron formación de costillas nuevas entre 1 a 2 costillas.

En el ecosistema de niebla de Patache se plantaron 19 ejemplares de *Eulychnia* el año 2012, donde actualmente no hay presencia de ejemplares de *Eulychnia*. Se colocaron 18 bajo condición de atrapanieblas y 1 ejemplar sin atrapaniebla como control. En la ladera donde se realizó la plantación en Patache actualmente existen solo dos ejemplares de *Eulychnia* en el extremo sur del ecosistema (**MAPA 2**). La **TABLA VIII** muestra el tamaño de los ejemplares plantados, localización y fecha de plantado. A la fecha las plantas se encuentran en excelente estado pero aún no se ha realizado el control de crecimiento. El área donde se colocaron las plantas en Patache fue de 250 m a lo largo del borde superior del acantilado costero de Este a Oeste. El **MAPA 5** muestra en forma esquemática la distribución de la plantación en Patache. Los ejemplares plantados a los cinco meses presentaron signos de vigor como el colorido de las espinas (de amarillentas a más anaranjadas negruzcas), crecimiento en el largo de las espinas, colorido de la epidermis (de verde claro a un verde más oscuro) y grosor del tallo.

Esquejes

La experiencia de enraizamiento de esquejes de *Eulychnia* indica que los esquejes plantados en casa en maceteros a los 6 meses los tallos habían desarrollado una raíz gruesa de 1 a 2 cm de largo o una raíz delgada de 6 cm de largo no así los plantados en hábitat en Punta Gruesa los que no presentaron signos alguno de desarrollo radicular. Toca controlar crecimiento radicular al año de plantados.

Población natural

La población total de *Eulychnia* en Punta Gruesa se extiende a lo largo de 5 km de costa, presenta un 45% de mortandad y está formada por 64 ejemplares vivos con un rango de talla de 0.10 a 5 metros de alto (**MAPA 2**). El **MAPA 3** muestra la distribución de las plantas originales de *Eulychnia* en el área donde se realizó la experiencia piloto de forestación en Punta Gruesa. La población total de *Eulychnia* en Patache se extiende a lo largo de 3 km de costa, presenta un 42% de mortandad y está formada por sólo 15 ejemplares vivos con un rango de talla de 0.40 a 3.7 metros de alto (**MAPA 2**).

Suelo

El acantilado costero presenta rocas fracturadas en diaclasa por la dinámica del clima. Es común encontrar en algunos sectores bajo 4 a 6 cm de profundidad ceniza volcánica con alto contenido de carbonato de calcio (caliza). La **TABLA XIII** muestra los resultados del análisis de suelo donde se

registró en promedio 37 mg/l de Fosfatos, 24 mg/l de Nitratos, 23 mg/l de Calcio, 1.6 mg/l de Sodio y 0.6 mg/l de Potasio y un Ph 8.

Flora

La flora de estos ecosistemas de niebla corresponde a especies que permanecen en latencia y solo se desarrollan durante un año con presencia de un fuerte evento NIÑO. Dada la humedad producida por la captación de agua de los atrapanieblas, a principios de julio comienza a aparecer la vegetación herbácea bajo ellos, formando un prado verde, una verdadera alfombra de 0.80 a 2 m por delante del atrapaniebla y 0.50 m por detrás de él. Se registró un total de 15 especies de flora asociada a los atrapanieblas, 3 corresponden a arbustos bajos, 7 a hierbas perennes y 5 a hierbas anuales, siendo las más abundantes *Patietaria debilis* y *Polyachyrus annus* entre las anuales y *Solanum brachyanterum* en las formas arbustivas bajas.

Fauna

La fauna de estos ecosistemas esta directamente asociada al desarrollo vegetacional que ocurre esporádicamente. Llama la atención la gran cantidad de agujeros de roedores en el sector (**FOTO 32**). Se contabilizaron de 6 a 21 con un promedio de 11 por 2 m². Estos en general no corresponden a cuevas sino que a excavaciones para desenterrar los bulbos durante los años de sequía. En ambos ecosistemas de niebla Punta Gruesa y Patache se registraron roedores de la especie *Phyllotis limatus*. Lo otro notable fue la gran cantidad de lagartos *Microlophus tarapacensis* que se observaron, por lo menos dos individuos por atrapanieblas en forma permanente. Una gran cantidad de insectos y polillas merodeaban tanto en la malla rachel como en la vegetación bajo los atrapanieblas. En aves se observaron chirigues *Sicalis olivascens* y dormilana *Muscisaxicola rufivertex* en los meses de septiembre a noviembre, picoteando las plantas en los alrededores de los atrapanieblas.

Precipitación

Durante la ejecución de este proyecto el 2011 fue un año bastante húmedo. Cayó agua en invierno (1 día en junio, 4 días en julio, 2 días en agosto) y en verano (1 día en enero, 1 día en febrero y 1 día en abril). Las precipitaciones como llovizna suave a finas gotitas se produjeron en pequeños intervalos de ¼ de hora a ¾ de hora generalmente en la noche, a acepción del mes de julio en que el día 8 llovió fuerte y por 3 horas. Según los registros de la Dirección General de Agua en Iquique, el 2011 cayeron 5.6 mm, similar al agua caída el año 2002, sin embargo no hubo un desarrollo vegetacional como en aquel año. La **TABLA XV** indica los registros de precipitación en Iquique desde el año 84, donde se aprecia que el 2011 fue un año de mayor humedad respecto de años anteriores con un promedio de 1.3 mm caídos. La precipitación en lo alto del acantilado costero (800 m de altitud) con toda seguridad fue mucho más intensa, a pesar que los eventos de lluvia son bastante localizados. De hecho al día siguiente de la fuerte lluvia, el día 9 de julio, se midió una capa de humedad de 4 a 7 cm de profundidad al borde del acantilado en Punta Gruesa. Bajo los atrapanieblas esta humedad fue mucho mayor de mas de 20 cm de profundidad y de 1 a 2 metros ladera abajo desde el atrapaniebla. Esto se reflejó en la aparición de una alfombra de vegetación sólo bajos los atrapanieblas. No ha vuelto a ocurrir un período húmedo largo como lo que ocurrió en la primera mitad del siglo pasado de 1920 a 1945 **TABLA XVI** donde el año 40 cayeron 20 mm.



FOTO 26. Para llevar al sector donde se hizo la plantación al borde del acantilado de Punta Gruesa, hay que atravesar un gran campo dunario. Preparando los materiales en el campamento.



FOTO 27. Se lograron instalar tres atrapanieblas al día con tres personas necesarias para el acarreo de plantas y materiales para la Instalación de atrapanieblas, largueros, estacas de fierro, cable de acero, malla raschel, rejillas, combo, chuzo y otros. La última foto muestra que esa planta estuvo mucho tiempo en un macetero muy chico sin hacer el repique por lo que su raíz creció en círculo.



FOTO 28. Daño producido por roedores y aves antes que se colocaran las rejillas. Producción de espinas nuevas a los 3 meses de instaladas las plantas en hábitat. Aspecto de una planta original del sector.



06-2011

09-2011

FOTO 29. En septiembre se produjo la aparición de vegetación herbácea bajo los atrapanieblas. En tres meses las rejillas quedaron totalmente oxidadas.



FOTO 30. Se numeraron y marcaron cada uno de los ejemplares con una etiqueta de hierro en rojo.



FOTO 31. Vista de un sector con los atrapanieblas instalados en Punta Gruesa. Se trató de colocarlos siguiendo un sendero para así no erosionar tanto la ladera del acantilado con nuestro paso durante los monitoreos.



FOTO 32. Muy abundante y dañino para las plantas el roedor *Phyllotis*, ramonearon las plantas recién instaladas antes de colocarles rejilla. La dormilona es solitaria y poco frecuente. Chirigues son más abundantes y también picotearon las plantas antes de tapar las rejillas.



FOTO 32. Traslado, construcción de rejillas de protección, plantado de ejemplares de *Eulychnia* e instalación de atrapanieblas en Patache, mayo 2012. Cuando no se logró terminar la instalación de la malla del atrapaniebla por falta de luz, se dejaron las rejillas cubiertas con malla raschel. Última fotografía tomada 5 meses después del plantado, octubre 2012 que muestra el desarrollo de vegetación (*Alstroemeria*, *Tertragonia*, *Cristaria* y *Oxalis*) bajo el atrapaniebla y las rejillas completamente oxidadas.

4.4.2. *Browningia candelaris*

La experiencia piloto de forestación de *Browningia candelaris* se realizó en los alrededores del poblado de Parca y en la Escuela de Mamiña en la precordillera (**MAPA 6**). En Parca se colocaron 8 ejemplares 4 en una ladera delante del cementerio y 4 en la ladera del frente sobre unas terrazas de cultivo y en el patio de la Escuela de Mamiña se colocaron 3 ejemplares (**FOTO 33**). Las plantas eran de 8 a 13 cm de alto. El riego programado un litro una vez por semana quedó a cargo de Hilario Cayo las del cementerio, de Nicanor Cayo las de las terrazas y Marjorie Cáceres las de la Escuela de Mamiña, lo que no ha sido cumplido a cabalidad. Es por esta razón que a la fecha no se ha notado un crecimiento en las plantas, pero si se ven más fuertes que las plantas del vivero (**TABLA IX**) en cuanto ancho del tallo, al colorido de la epidermis y largo de las espinas, a excepción de las colocadas sobre las terrazas, las cuales no recibieron riego. Por esto se tomó la decisión de cambiarlas al borde del canal de regadío las que recibirán la humedad por dispersión del canal cuando pasa con agua regularmente una vez por semana.

Precipitación

Parca y Mamiña son dos localidades que se encuentran muy cerca a no más de 7 km de distancia en línea recta, por lo que la precipitación es muy similar. La **TABLA XVII** muestra los registros de precipitación en Parca desde el año 1978, donde se aprecia un promedio anual de 27 mm de agua caída en los últimos 35. Se observa también que el 2012 fue un año muy húmedo donde se registró un total de 91 mm anuales. Cantidad similar a lo ocurrido el año 2001 donde se registraron 97 mm anuales. Siendo 1984 el año en que se registraron las mayores precipitaciones con un total anual de 154 mm. La **TABLA XVIII** muestra los registros de precipitación en Mamiña desde el año 1986, donde se aprecia un promedio anual de 27 mm de agua caída en los últimos 27. Se observa también que el 2012 fue un año muy húmedo donde se registró un total de 78 mm anuales. Cantidad similar a lo ocurrido el año 2001 donde se registraron 73 mm anuales. Cabe hacer notar que la lluvia cae en los meses de verano-otoño (enero, febrero, marzo). Mamiña no cuenta con registros de precipitación el año 1984 pero seguramente fueron similares a los registrados en Parca. En los registros históricos recopilados por Almeyda (1948) no aparece ninguna de estas dos localidades.

Fue muy bueno haber realizado el trasplante de *Browningia* el año 2011, ya que las lluvias del 2012 seguramente ayudaron a estabilizar los ejemplares plantados. Por otro lado, esta lluvia permitió que se produjera algún grado de desarrollo de vegetación herbácea aunque en menor grado a lo ocurrido el 2001. Por ejemplo, no veíamos *Myrabilis elegans* en el sector desde el 2001. Así como también estas lluvias permitieron que ocurriera floración de *Browningia* por lo que pudimos coleccionar de frutos.



FOTO 33. Ejemplares de *Browningia candelaris* colocados bajo protección de rejilla de alambre y malla raschel siguiendo un canal de regadío y en una ladera en Parca y en el patio de la Escuela de Mamiña.

4.4.3. *Echinopsis atacamensis*

Experiencia de forestación

La experiencia de forestación de *Echinopsis atacamensis* se realizó en el poblado de Chijo en el sector denominado Chivillana, en la zona altoandina (**MAPA 6 y FOTO 34**). Se plantó un total de 80 ejemplares de las cuales 39 corresponden a ejemplares plántulas “early stage” de 2 a 2.5 cm de alto y 41 a ejemplares de 4 a 22 cm de alto. Las plantas se colocaron alternando los diferentes grupos de tamaños, de tal manera de reproducir la condición natural del bosque (**FOTO 35, 36 y 37**). Junto a *Echinopsis atacamensis* se plantó un ejemplar de *Echinopsis ferox*, de 2.5 cm de diámetro de 4 años de edad, con un total de 41 ejemplares de esta especie (**FOTO 38**). La **FIG. 4** muestra en forma esquemática la distribución de la plantación.

Los diferentes tratamientos que se aplicaron a 57 ejemplares plantados se muestran en la **TABLA X**. Las 23 plantas restantes corresponden a plántulas de 2 cm de alto las que fueron plantadas sin tratamiento alguno.

La **TABLA XI** muestra el listado de los 41 ejemplares del rango entre 4 y 22 cm de alto con sus respectivas medidas y seguimiento (alto, diámetro y largo de las espinas). Se controló crecimiento al cabo de 5 meses. Dadas las fuertes lluvias ocurridas en la zona altiplánica a comienzos de enero se produjeron escurrimientos de suelo dejando varias de las plantas enterradas bajo el barro, no fue posible seguir el crecimiento en longitud de todos los ejemplares dado que por las avenidas de lodo y barro producidas en el verano el 59 % de ellas quedaron más enterradas que cuando fueron plantados. De los ejemplares que no sufrieron enterramiento crecieron en promedio 1 cm de alto con máximas de 4 cm. Notorio fue el crecimiento en grosor de las plantas (con un promedio de 1.4 cm con máximas de 4.5 cm) y en el largo de las espinas (con un promedio de 0.6 cm y máximas de 2.9 cm) y cambio de colorido, del amarillo pálido que traían las plantas del vivero se pusieron de color más intenso y más anaranjadas.

De las plantas (early stage) 2 cm de alto que se encontraban con rejilla, el 100 % de ellas sufrieron enterramiento quedando totalmente bajo el barro (8 plantas de los 8 ejemplares plantados). Esto indica que las rejillas no cumplieron ninguna función de protección contra los escurrimientos de suelo. Estas plantas fueron buscadas bajo el barro, se lavaron y se colocaron en otro sector (**FOTO 39**). En marzo vuelve a producirse otro evento lluvioso de mayor proporción que alcanzó hasta la pampa, dejando numerosas rutas y poblados muy afectados por aluviones, afectando en menor proporción a la zona altoandina, por lo que las plantas no sufrieron enterramientos en esta oportunidad.

Como en el momento de plantado en el período estival a fines de diciembre no se detectó presencia de roedores en el sector, se consideró dejar ejemplares sin tratamiento de protección (sin rejilla y sin pirca) ya que en el sector existe una vegetación considerable que proporciona alimento. Sin embargo, ocho meses después en el mes de agosto, durante el período seco de invierno se produjo una gran mortandad de plantas que fueron comidas por roedores. De ellas las más afectadas fueron las plántulas pequeñas de 2.5 cm (early stage) plantadas sin protección con un 74 % de mortandad, las plantadas bajo pirca con un 63 % de mortandad y 0 % de mortandad en ejemplares plantados con rejilla de protección. Aquí se ve que la pirca de piedra pareciera que

favorece la presencia de roedor probablemente por producir rendijas y escondites entre las piedras. En cambio la rejilla cumplió bien el rol de protección contra los ratones.

Los ejemplares de mayor tamaño también fueron atacados de roedores a pesar que las plantas ya habían fortalecido sus espinas en tamaño y grosor. El ratón cava la tierra para llegar a la raíz y comer completamente por dentro el cactus, dejando solo la epidermis y las espinas (**FOTO 40, 41**). Se produjo un 10 % de mortandad y un 34 % de las plantas presentaban a su alrededor presencia de fecas de ratón y agujeros cavados en la tierra alrededor de las plantas. Por otro lado, los roedores produjeron un 95 % de mortandad en ejemplares de *Echinopsis ferox* plantados, de los 41 ejemplares solo quedaron 2. Esto refleja que *Phyllotis sp.* es tremendamente dañino para las cactáceas juveniles en épocas de sequía. En agosto de 2012 se dejaron todos los ejemplares cubiertos con rejilla.

Independiente de estos dos eventos negativos, enterramiento y ratones, las plantas 54 plantas que sobreviven se encuentran en general muy vigorosas, principalmente las de mayor tamaño.

Experiencia de siembra in-situ

En esta experiencia a la fecha no ha tenido resultados positivos (**Foto 42**). Ninguna de las semillas sembradas de colectas de los años 2011, 2010 y 2003 ha germinado. Como se ve en la fotografía las semillas siguen ahí, es posible detectarlas a simple vista. Las rejillas protectoras de plástico verde se quemaron a los 9 meses por lo que se las cambió por nuevas, colocándoles además malla raschel negra 60% sombra. A pesar de los resultados, los experimentos se mantienen en el campo. Sería interesante ver que pasa en el próximo período de lluvias (enero, febrero y marzo 2013). La distribución de los sets de siembra en Chivillana se muestran en azul en la **FIG. 4**.

Junto con la siembra in-situ en terreno utilizando el mismo set de semillas se sembró en pote con sustrato (turba, perlita, piedritas) y se las dejó en el alfeizar de la ventana dentro de la casa en Chijo, las que al mes habían germinado en un 100% (**Foto 43**).

Población natural

Los resultados del estudio poblacional muestran la existencia a un número no despreciable de juveniles donde a simple vista solo se veían unos 4 a 5 ejemplares adultos. Sorpresa fue la nuestra cuando durante el recorrido se fueron encontrando numerosos ejemplares en estado juvenil (**FOTO 43**). La población de *E. atacamensis* se distribuye en un área aproximada de 1 km². En total se contabilizaron 41 ejemplares 8 reclutas menores de 25 cm de alto, 20 juveniles entre 0.25 m y 1.70 m de alto y 13 adultos mayores de 1.70 m de alto (**FIG. 5 y TABLA XII**). La gran mayoría de los reclutas y juveniles de la población de *E. atacamensis* se encuentran en las terrazas de cultivo abandonadas del pueblo. De aquí salió la idea de contactarse con el Presidente de la Comunidad de Chijo y con Don Natalio Estaban, dueño de los terrenos con mayor número de juveniles de *E. atacamensis*. Esto para poder seguir el crecimiento de los reclutas y tener un patrón de comparación con el crecimiento de las plantas que se plantaron en el sector de Chivillana.

El bajo número de individuos adultos sobre los 2 m de alto refleja que esta población estuvo en el pasado bajo una gran presión de extracción. Por otro lado, es interesante encontrar un gran

número de nuevos reclutamientos, lo que estaría indicando un cierto grado de repoblamiento natural.

Con la experiencia de forestación se estaría duplicando el número de ejemplares de *Echinopsis atacamensis* en la población de Chijo.

Suelo

Los suelos de los faldeos andinos en la zona altiplánica son arcillosos mezclados con grandes rocas y una capa superficial de piedrecillas. Durante el verano lluvioso se producen escurrimientos de tierra blanda gredosa y durante el invierno la tierra se compacta y se vuelve muy dura. La **TABLA XIV** muestra los resultados del análisis de suelo donde se registró en promedio 2.4 mg/l de Fosfatos, 4.3 mg/l de Nitratos, 0.5 mg/l de Boro, 3.2 mg/l de Sodio y 28 mg/l de Potasio y un pH 7.4. Llama la atención una de las muestras tomadas a 50 cm de profundidad que contiene altos contenidos de Nitratos 42 mg/l, de Sodio 15 mg/l y con un pH más ácido.

Precipitación

Colchane y Huaytani son dos localidades que se encuentran relativamente cerca a no más de 30 km de distancia en línea recta, cayendo más agua en Huaytani que en Colchane. La **TABLA XIX** muestra los registros de precipitación en Colchane desde el año 1975, donde se aprecia un promedio anual de 120 mm de agua caída en los últimos 36. Se observa también que el 2012 fue un año húmedo donde se registró un total de 230 mm anuales. La **TABLA XX** muestra los registros de precipitación en Huaytani desde el año 1986, donde se aprecia un promedio anual de 138 mm de agua caída en los últimos 30, no habiendo registro durante 1993 y 1994. No se observa que el 2012 fuera un año húmedo porque falta el dato del mes de enero que es el mes más lluvioso, por eso el monto anual es bajo de solo 177 mm comparado con los 230 de Colchane. El año 2001 fue el más lluvioso de los últimos tiempos donde se registraron 334 mm para Colchane y 493 mm en Huaytani. Acá, en la zona altiplánica las lluvias son estivales provenientes del invierno boliviano ocurriendo principalmente en los meses de verano-otoño (enero, febrero, marzo). En los registros históricos recopilados por Almeyda (1948) tampoco aparece ninguna de estas dos localidades.

Chijo, el lugar donde se realizó la experiencia de forestación queda en medio de estas dos localidades Colchane y Huaytani por lo que las precipitaciones deben ser parecidas, aunque más cercanas a los montos de Huaytani por encontrarse entre cerros y no en la planicie altiplánica como ocurre con Colchane.

Las lluvias del 2012 que alcanzaron casi el doble que el promedio anual de años anteriores, fue favorable para los ejemplares plantados en Chijo. Pero a su vez produjeron daño por el escurrimiento de tierra que dejaron enterradas a las plantas sobre todo a las de menor tamaño.

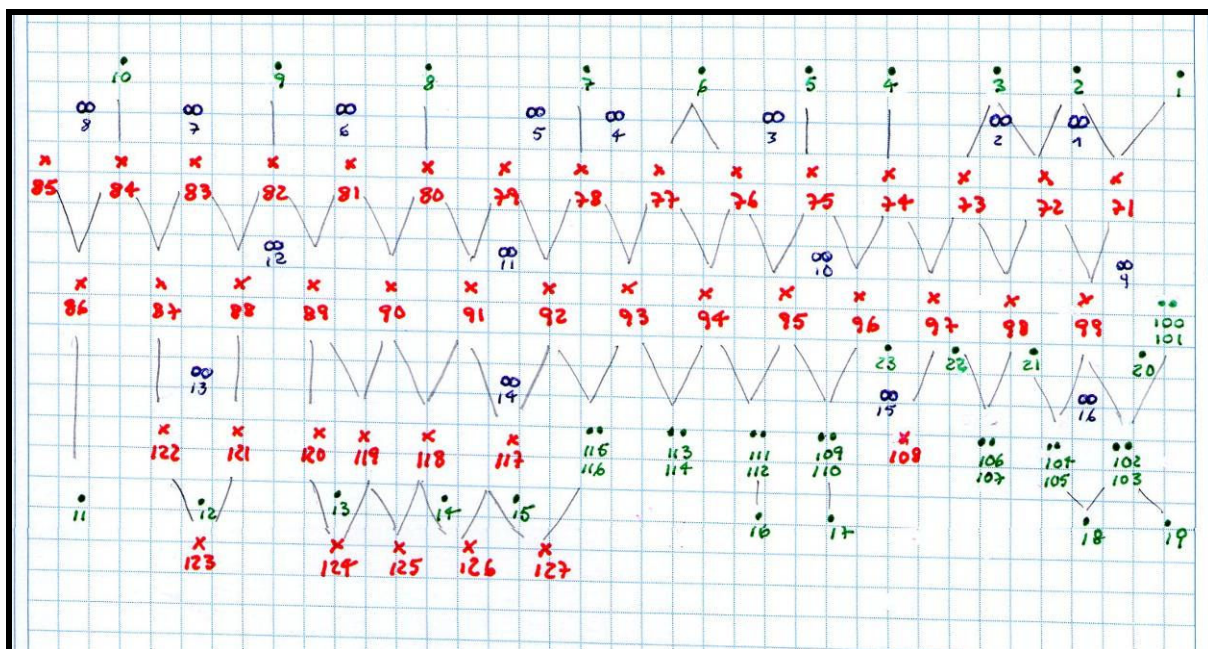


FIG. 4. Esquema de la distribución de los ejemplares de *Echinopsis atacamensis* plantados en Chijo, según la numeración de las etiquetas. Los 39 puntos verdes corresponden a ejemplares de 2 a 2.5 cm de alto: del 1 al 23 plantados sin protección y del 100 al 116 plantados de a dos ejemplares bajo rejilla de protección. Las 41 cruces rojas corresponden a ejemplares de 4 a 22 cm de alto. Y los 16 círculos azules corresponden a la experiencia de siembra in-situ: del 1 al 8 semillas del año 2011, del 9 al 12 semillas del año 2010 y del 13 al 16 semillas del año 2003.

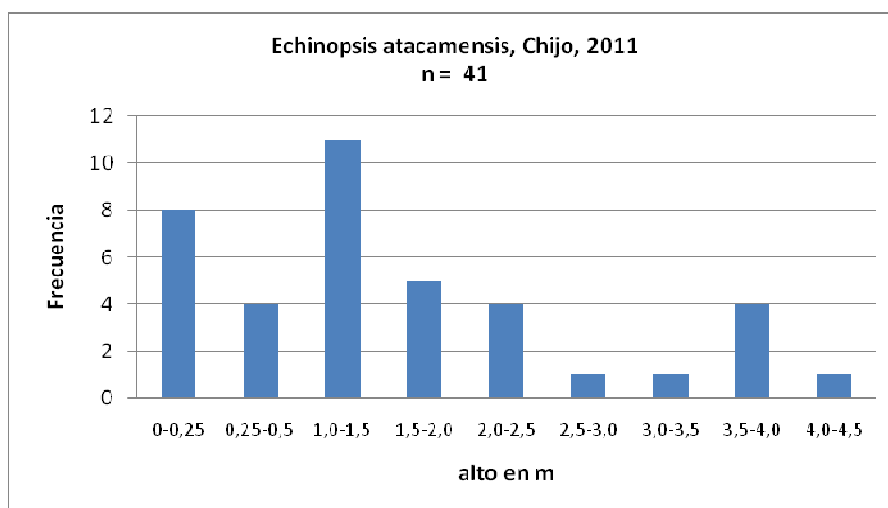


FIG. 5. Estructura de la población natural de *Echinopsis atacamensis* en Chijo, año 2011. Es una población joven con solo 7 ejemplares adultos mayores de 2 m de alto. Se puede inferir que fue intensamente explotada y que actualmente se está recuperando.



FOTO 34. Localización del área (línea roja) donde se realizó la experiencia de forestación de *E. atacamensis* en las cercanías del poblado de Chijo. Terreno privado pircado que protege el ingreso de ganado ovejero y de auquénidos. Cordón del Cabarray nevado.



FOTO 35. Traslado de plantas y materiales, aclimatación de las plantas, preparación del terreno y plantado de ejemplares de *E. atacamensis* en Chijo.



FOTO 36. Diferentes tratamientos empleados en el plantado de *Echinopsis atacamensis*: sin protección, con protección bajo rejilla y con protección bajo pirca de piedra.



FOTO 37. Diferentes tratamientos empleados en el plantado de *Echinopsis atacamensis*: sin protección, con protección bajo rejilla y con protección bajo pirca de piedra.



FOTO 38. Junto a cada ejemplar de *Echinopsis atacamensis* se plantó un ejemplar de *Echinopsis ferox* de 3 cm de diámetro (6 años de edad), también cultivada a partir de semilla. Esta es una especie acompañante propia del lugar y de los bosques de pasacana en general.



FOTO 39. Diferentes estados en que quedaron las plantas después de las lluvias de principio de enero de 2012. La capa de barro que escurrió alcanzó de 5 a más centímetros de grosor, dejando plantas con medio cuerpo o cuerpo entero con barro, etiquetas cubiertas de barro y las plantas más pequeñas (early stage) totalmente enterradas bajo el barro. Estas fueron rescatadas, lavadas y colocadas en otro lugar (3 enero 2012).



FOTO 40. Efecto de los roedores en los ejemplares de *Echinopsis atacamensis* a los ocho meses de plantados en el período de mayor sequía en la zona andina (agosto 2011). En ejemplares ya con espinas fuertes cavan para entrar por la raíz comiéndose la planta entera, dejando solo la epidermis con las espinas. En ejemplares más pequeños dejan solo un montón de espinas, nótese las fecas de roedor indicando su presencia. Todos los ejemplares de *Echinopsis ferox* plantados fueron comidos por roedores a excepción de dos de ellos.



FOTO 41. Se colocaron trampas Sherman en el sector donde se llevó a cabo la experiencia de forestación en Chijo. Captura de *Phyllotis* sp. En agosto 2012 hubo una alta presencia de este roedor en el sector los que se comieron un número importante de los ejemplares de cactus plantados en diciembre 2011.



FOTO 42. Instalación del experimento de siembra in-situ, 3 enero 2012. Se sembró un total de 1.600 semillas. Cada set de tubos constaba de uno con 100 semillas y otro sin semillas como control.



FOTO 43. Siembra en pote utilizando el mismo set de semillas sembradas en hábitat. Este se dejó en el alfeizar de la ventana dentro de la casa en Chijo. Se obtuvo una germinación de un 100 %. La fotografía es del 5 de abril 2012, tres meses después de la siembra.



FOTO 44. Ejemplares naturales de *Echinopsis atacamensis* en terrazas abandonadas en el pueblo de Chijo. En la foto se aprecian 8 ejemplares, noviembre 2011. Nótese la dificultad de distinguir los ejemplares pequeños ya que se mimetizan con el ambiente.

4.5. Control de crecimiento

4.5.1. *Eulychnia iquiquensis*

Se controló el crecimiento en 21 ejemplares de la población de *Eulychnia* en Punta Gruesa en el sector donde se realizó la experiencia de forestación (**Mapa 3**). Se registro un promedio de crecimiento en alto de las plantas de 1 cm al año en un intervalo de tiempo de 8 años (entre 2003 y 2011), aunque algunos ejemplares no mostraron signo alguno de crecimiento (**FIG. 6**). Así por ejemplo, la planta n° 3 creció 30 cm en longitud en 8 años, estimándose un crecimiento anual de 3.7 cm. Presenta costillas muy profundas y no ha desarrollado nuevas ramas (**FOTO 45**). La planta n° 4 que tiene atrapaniebla desde el 2004 no ha crecido tanto en alto pero si han crecido muchos las ramas menores. Con esta planta nos dimos cuenta que la medida en alto de la planta no es útil para ejemplares adultos ramificados pero si para ejemplares juveniles que aún no tienen ramas. Además no todas las ramas de una planta crecen por igual (**FOTO 45**). Por eso en cada una de los ejemplares ramificados se marcaron dos ramas, con alambre forrado y etiqueta de aluminio numerada (**FOTO 46**).

Se registró también el crecimiento de las plantas en respuesta a las lluvias de este período 2011-2012, donde en plantas sin atrapaniebla se registró crecimiento apical entre 3 a 6 cm, similar a lo registrado durante el Niño 2002-2003. Pero la respuesta de las plantas con atrapaniebla fue notable con un promedio de 34 cm de crecimiento en alto de las plantas. En la **FOTO 24** de la sección 4.3.1. referente al fortalecimiento de ejemplares se muestra la planta n° 2 que en 18 meses creció 39 cm, además de desarrollar tres nuevos brotes de 1, 2 y 5 cm que en 18 meses alcanzaron 2, 7 y 15 cm. Esto muestra que a mayor tamaño de las ramas, mayor es el crecimiento. Por otro lado, la planta n° 1 de igual tamaño que la planta 2 (1.60 m de alto) pero sin atrapaniebla creció 12 cm. O sea, el efecto del atrapaniebla aumenta el crecimiento en más de tres veces respecto a plantas sin atrapaniebla.

Se estima que plantas menores de 0.40 m de alto podrían tener 30 años de edad, probable reclutamiento del Niño ocurrido el año 1982-1983; plantas entre 0.8 a 1.5 m de alto se estima que podrían tener 70 años de edad, probable reclutamiento del Niño ocurrido el año 1940; y plantas mayores de 2 m de alto podrían tener aproximadamente 200 años de edad.

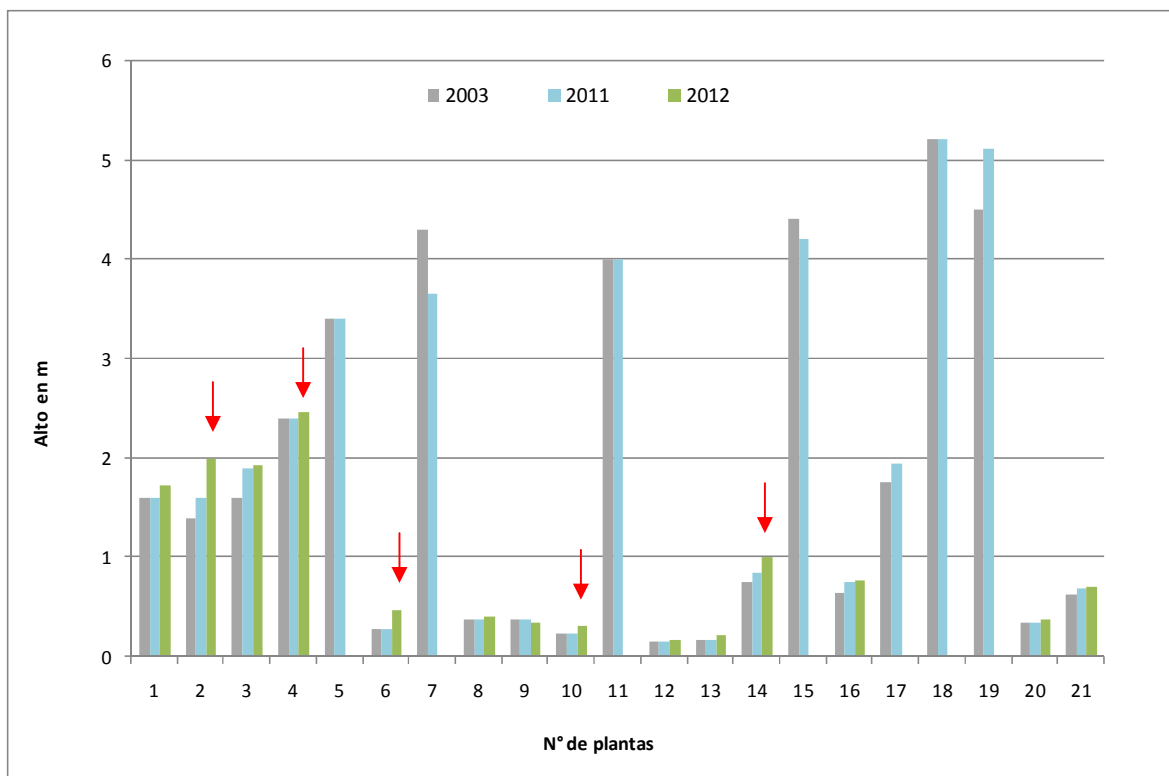


FIG. 6. Crecimiento en alto de ejemplares de *Eulychnia iquiquensis* en Punta Gruesa en dos intervalos de tiempo: en 8 años entre 2003 y 2011 y en 18 meses entre 2011 y 2012. La flecha roja indica los ejemplares a los que se le colocó atrapaniebla el año 2011.

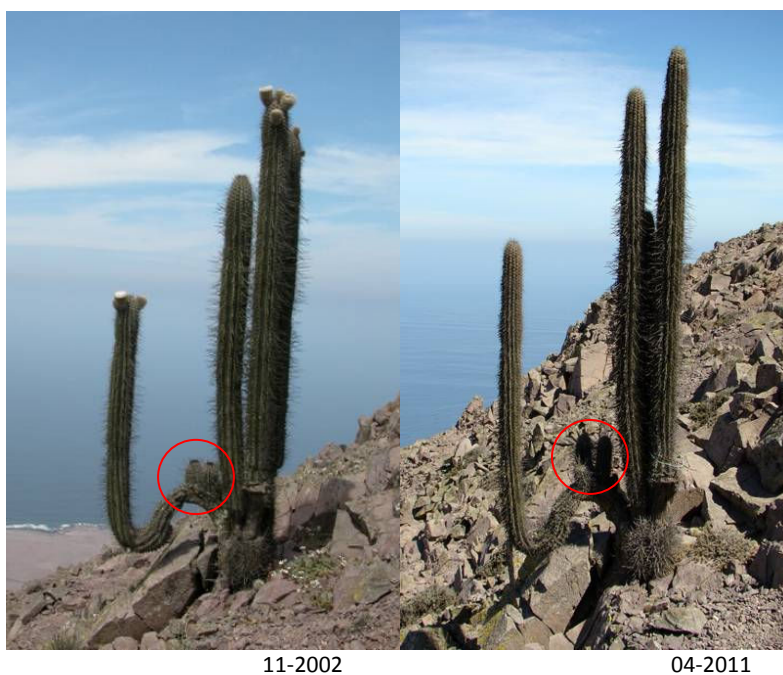


FOTO 45. Control de crecimiento de la Planta N° 3 de *Eulychnia iquiquensis* en Punta Gruesa. Esta planta recién en longitud 30 cm en 8 años en las ramas mayores, las ramas menores (círculo rojo) crecieron solo 4 cm y no ha desarrollado nuevas ramas.



FOTO 46. Ramas marcadas en *Eulychnia iquiquensis*. Fácil de identificar el crecimiento apical de un ejemplar, epidermis más verde y espinas nuevas rojizas.

4.5.2. *Browningia candelaris*

En Icuma, Quebrada de Camarones a 2300 m de altitud, en el fondo de un afluente de la quebrada se registró un crecimiento promedio en 27 plantas de 12 cm con máximas de 23 cm en un intervalo de 6 años del 2006 al 2012, dando un crecimiento promedio de 2 cm anuales (**FIG. 7**). En la Quebrada de Camiña a 2400 m de altitud, en la base de una ladera se registró un crecimiento promedio en 10 plantas de 8 cm con máximas de 24 cm en el mismo intervalo de tiempo, dando un crecimiento promedio de 1 cm anual (**FIG. 8**). Hay que considerar que en este intervalo de tiempo está incluido el año 2012 que fue muy lluvioso.

En el camino Tana- Nama, al norte de Camiña arriba en la cuesta a 2600 m de altitud se registró el crecimiento de tres ejemplares juveniles de 0.16, 0.45, 1.40 m de alto en un intervalo de 4 años del 2002 al 2006, crecieron 2, 7 y 3 cm, dando un crecimiento promedio de 1 cm anual similar a lo que ocurre con *Eulychnia* en la costa. Este intervalo de tiempo fue un período seco. En septiembre del 2012 se intentó llegar a este lugar, pero desistimos ya que el camino estaba en muy malas condiciones producto de las lluvias del verano. Hubiera sido interesante tener este dato de crecimiento en 10 años y con un año lluvioso como fue el 2012.

Con *Browningia* ocurre lo mismo que con *Eulychnia* en que la medida de crecimiento en alto de la planta solo tiene sentido hasta un cierto tamaño antes que comience a desarrollar ramas y que sean menores de 2 m, sino la medida se vuelve muy imprecisa además de difícil de tomar. Es por eso que en los gráficos solo se consideraron ejemplares pequeños.

La **FOTO 47** muestra un registro fotográfico de tres ejemplares adultos de *Browningia* a diferentes altitudes en la Quebrada de Camiña en intervalos de tiempo. Una planta a los 2.9000 m de altitud, ramificada verde y vigorosa durante el NIÑO 2002 que en 10 años aumento el número y largo de las ramas. Se refleja también el efecto de las lluvias del 2012 por la gran cantidad de frutos

desarrollados. Una planta a los 2.600 m de altitud, que no se observa ningún cambio en 6 años pero está viva. Y una planta a los 2.400 m, que en 6 años desarrolló 7 ramificaciones de 23, 18, 16, 7, 3, 3 y 0.3 cm de largo.

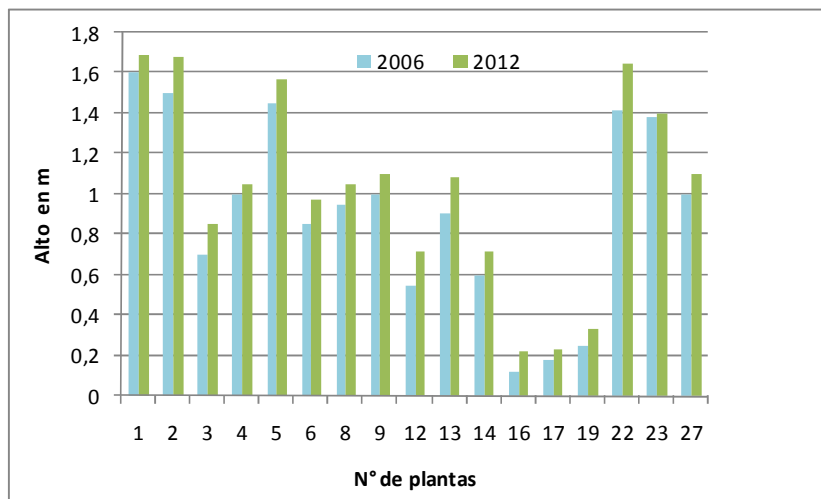


FIG. 7. Crecimiento en alto de ejemplares de *Browningia candelaris* en Quebrada Camarones en un intervalo de tiempo de 6 años entre 2006 y 2012, con un crecimiento promedio de 2 cm anuales.

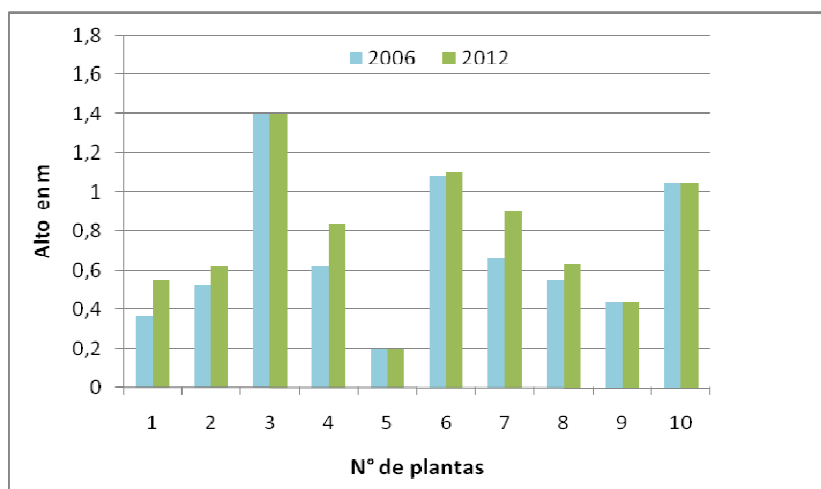


FIG. 8. Crecimiento en alto de ejemplares de *Browningia candelaris* en Quebrada Camiña en un intervalo de tiempo de 6 años entre 2006 y 2012, con un crecimiento promedio de 1 cm anual.



03-2002

09-2012



09-2006

09-2012

09-2006

09-2012

FOTO 47. Registro fotográfico de un mismo ejemplar en intervalos de tiempo en 10 y 6 años.

4.5.3. *Echinopsis atacamensis*

El año 2004 medimos y dejamos marcados ejemplares de *Echinopsis atacamensis* menores de 1 m de alto en Sierra Yarina y Sierra Chilani. Cuando fuimos a registrar el crecimiento en marzo del 2012 como parte de este proyecto nos encontramos que los ejemplares habían sido extraídos, por lo que este objetivo no se pudo llevar a cabo. Se cuenta con otros ejemplares medidos ese año pero que requieren contar con más tiempo, ya que hay que caminar bastante ladera arriba, por lo que este objetivo se podría hacer en otra oportunidad, hay que considerar el esfuerzo que significa caminar a 4.000 m de latitud.

Observaciones

Echinopsis atacamensis fue utilizado como recurso maderero para techos, puertas y dinteles en las casas de los poblados andinos como se refleja en las bajas densidades que presenta los bosques cercanos a poblados como Jilimani, Chijo y Ancovinto fenómeno que ha sido ratificado por las personas locales mayores de edad (Pinto, 2004).

En los últimos 3 a 5 años se han sacado más de 250 ejemplares juveniles de entre 0.50 y 1.70 m de alto del sector de Panavinto en Sierra Yarina para colocarlos como ornamental en casas y plazas de los pueblos del interior y casas en Iquique (**FOTO 48 y 49**). En septiembre de 2011, la Municipalidad de Colchane extrajo 77 ejemplares, repitiendo así la estupidez que hizo la Municipalidad de Iquique el año 2000 donde sacó 100 ejemplares de *Echinopsis atacamensis* adultos de más de 3 metros de alto para colocarlos en un parque a orillas del mar en Cavancho, Iquique.

Dada esta extracción masiva de ejemplares en los tiempos actuales para uso “supuestamente” ornamental, extracción de madera y cosecha de frutos, existe la necesidad imperiosa de realizar acciones de protección y conservación de los bosques de *Echinopsis atacamensis* presentes en la comuna de Colchane, así como talleres de difusión en los poblados sobre la importancia de conservar esta especie en el altiplano de Tarapacá. De hecho, estos bosques deberían ya ser parte de un área protegida por el estado, sino muy pronto estas poblaciones quedaran convertidas como las que se encuentran en la II Región.

Pongo “supuestamente” entre comillas la extracción la han hecho de muy mala manera cercenando completamente las raíces (**FOTO 50**) y los resultados son desastrosos. Además esta extracción tan masiva denota que no tienen idea del valor de un cactus de esos tamaños.



FOTO 48. Extracción actual de *Echinopsis atacamensis* con fines ornamentales. Entrada al pueblo de Colchane (62 ejemplares). Retén de Colchane (12 ejemplares), con un ejemplar colocado en la década del 60. Plaza y entradas del pueblo de Cariquima (33 ejemplares), con tres ejemplares colocados en la década del 70.



FOTO 49. Extracción actual de *Echinopsis atacamensis* con fines madereros. Largueros de los cercos de terrenos del cultivo extensivo de quinoa que actualmente se desarrolla en los alrededores de Cariquima. Muebles de madera de *Echinopsis* en un hotel de Colchane.



FOTO 50. Modalidad de traslado de *Echinopsis atacamensis*, ejemplares sacados sin raíces bases.

4.6. Difusión

Talleres

- Taller de Cultivo de *Eulychnia* en el colegio Academia Iquique en Bajo Molle, Iquique. Semanal por tres meses, año 2011. Participaron 11 alumnos de 6° Básico, a cargo de la Profesora Gladys Rojas.
- Taller de Cultivo de *Eulychnia* en la Escuela Eduardo Llanos, Iquique. Tres sesiones durante el año 2011. Participaron 2 alumnos de 6° Básico, a cargo de la Profesora Silvia Espejo.
- Taller de Cultivo de *Browningia* en la Escuela de Mamiña. Director Prof. Felidor Cautín. Tres sesiones al año durante 2011 y 2012. Participaron 15 alumnos de 6° y 7° Básico, a cargo de las profesoras Miriam Hernández y Evelyn Pérez.
- Taller de Cultivo de Pasacana en la Escuela de Cariquima. Director Prof. Jorge Navarro. Tres sesiones al año durante 2011 y 2012. Participaron 10 alumnos de 5°, 6° y 7° Básico, a cargo del profesor Marco Guerrero.
- Taller de Cultivo de Pasacana en la Escuela de Colchane. Director Prof. Julio Linares. Una vez al año durante 2011 y 2012 además con charla expositiva. Participaron 17 alumnos de 6° Básico a cargo de la profesora María Orostica y 1° Medio, a cargo del profesor Felipa Contreras.
- Taller de Cultivo de *Browningia* a la comunidad de Parca. Presidente de la Comunidad Hilario Cayo. Tres sesiones durante el 2011. Participaron 7 personas de la comunidad.

En cada una de las escuelas se realizaron siembras en potes individuales de 25 semillas por alumno, a excepción del taller con la comunidad de Parca donde se sembraron 7.500 semillas en una almaciguera (**FOTO 51**). Se donó también a cada una de las entidades un ejemplar del libro “Cactus del extremo norte de Chile” como apoyo bibliográfico.

Presentación del Proyecto en

- Taller “Flora del Desierto Costero del norte de Chile: Formación de Lomas” organizado por SERMI del Medio Ambiente, Región de Antofagasta. 17 de noviembre 2011, en Salón Auditorio Aguas Antofagasta, Antofagasta.
- 1° Seminario Programa de Mejoramiento Ambiental de la Comuna de Alto Hospicio, organizado por Corporación Nacional Forestal y Compañía Minera Doña Ines de Collahuasi. 27 de octubre de 2011, en Centro Cultural de Alto Hospicio, Alto Hospicio.
- Curso “Principios de Restauración Ecológica y sus Aplicaciones”, instructor Andre Clewell. 23 al 25 de abril de 2012, en la Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales de la Universidad Austral de Chile, Valdivia.
- Curso “Restauración Ecológica en Ecosistemas Áridos”, Profesor Dr. Jordi Cortina, Universidad de Alicante, España. Programa Corporativo Universidad del Norte y Universidad de La Serena. 27 de junio al 3 de julio de 2012, en Universidad de La Serena, La Serena.

Donación de ejemplares de *Eulychnia iquiquensis*

Con fecha 16 de noviembre se donaron tres ejemplares de *E. iquiquensis* al Jardín Botánico Aguas Antofagasta, en Antofagasta. Los ejemplares de 17 cm de alto se plantaron junto a otras cactáceas en el sector norte del jardín.



FOTO 51. Actividades de los talleres de cultivo de cactus *Eulychnia* en Academia Iquique y Escuela Eduardo Llanos, *Echinopsis atacamensis* en la Escuela de Cariquima (mientras unos niños preparaban el sustrato y sembraban otros se comían los frutos), y *Browningia* con la comunidad de Parca y en la Escuela de Mamiña (en el repique de plantas de 1 cm).

5. RESUMEN

Se formó un **stock de semillas** de cactus del norte de Chile (Arica-Parinacota y Tarapacá) con un total aproximado de 1.200.000 semillas. De ellas, alrededor de 900.000 corresponden a las tres especies que trata este proyecto *Echinopsis atacamensis* (512.000), *Eulychnia iquiquensis* (178.000) y *Browningia candelaris* (199.000). El stock se mantiene a 9°C. Esto permitirá tener una base para continuar desarrollando iniciativas de restauración en forma extensiva.

Se formó un **stock de plántulas** sembrando un total de 22.330 semillas de cactus de la región de Tarapacá colectadas en diferentes años. De ellas 12.960 corresponden a las tres especies que trata este proyecto: 4.320 de *Echinopsis atacamensis*, 5.040 de *Eulychnia iquiquensis* y 3.600 de *Browningia candelaris*. 9.370 semillas corresponden a otras especies de cactáceas presentes en el norte de Chile (Arica-Parinacota y Tarapacá). Uno de los aspectos más notables fue registrar un alto porcentaje de germinación (93% en *Echinopsis*, 86% en *Eulychnia* y 76% en *Browningia*) y observar que en todas las especies sembradas las semillas más antiguas alcanzaron un porcentaje mayor de germinación que las semillas colectadas el mismo año. Cabe hacer notar que al menos en *Eulychnia* y *Browningia* casi no hay regeneración del bosque en hábitat. Hay que considerar un porcentaje alto de mortandad de las plántulas durante los primeros estadios y luego de los repiques.

El stock de plántulas a la fecha de término de este proyecto diciembre 2012 lo conforman un total de 1.857 ejemplares de 1.5 a 4 cm de alto. De ellos 1.414 corresponden a *Echinopsis atacamensis*, 337 a *Eulychnia iquiquensis* y 106 a *Browningia candelaris*. Esto sin contar con las plántulas de tamaños menores de 1.5 cm que quedan en almacigueras que aún no se han repicado. Contar con este stock será la base que nos permita conseguir fondos para darle continuidad a este trabajo.

Se indujo el **fortalecimiento de ejemplares** de *Eulychnia iquiquensis* en hábitat en el ecosistema de niebla de Punta Gruesa con la instalación de atrapanieblas. Esto produjo un cambio notable en las plantas, tanto en el crecimiento en alto, ancho como en el desarrollo de nuevos brotes. También produjo aparición de vegetación herbácea y desarrollo de formas arbustivas. Esto demuestra que los atrapanieblas constituyen una forma exitosa de restauración de ecosistemas de niebla, de bajo costo, de fácil instalación, digno de replicarse masivamente, sobre todo en especie en peligro de conservación.

Se realizó una **experiencia piloto de forestación** de las tres grandes cactáceas columnares de Tarapacá, *Eulychnia iquiquensis* en la costa *Browningia candelaris* en la precordillera y *Echinopsis atacamensis* en el altiplano.

De *Eulychnia* se plantó un total de 67 ejemplares en dos ecosistemas de niebla costeros: 48 plantas en Punta Gruesa y 19 plantas en Patache. Los tamaños de las plantas fluctuaron de 3 y 19 cm de alto. Ellos se colocaron protegidos por rejilla bajo atrapanieblas a excepción de dos de ellos que se colocaron sin atrapaniebla, uno en cada ecosistema que servirá de control. La respuesta de las plantas ha sido muy favorable esta introducción en su ambiente natural. Rápidamente fortalecieron sus espinas, desarrollaron signos de crecimiento apical, engrosamiento del tallo y todas a excepción de las que no tienen atrapanieblas (que no han mostrado cambio alguno) están en muy buenas condiciones. Para lograr tener un resultado concreto se debe continuar el monitoreo por al menos unos 5 años hasta que las plantas alcancen un mayor tamaño y se hayan

estabilizado en su ambiente. De aquí la importancia de lograr conseguir fondos para darle continuidad a esta experiencia y así a futuro lograr realizarlo a mayor escala.

De *Browningia* solo se llevaron al hábitat 11 ejemplares de 9 a 13 cm de alto los que se plantaron en Parca y Mamiña. Los ejemplares están en buenas condiciones pero para desarrollar un trabajo en conjunto con la comunidad local requiere de mucho tiempo de presencia y monitoreo continuo con ellos.

De *Echinopsis atacamensis* se plantó un total de 80 ejemplares en las cercanías del poblado de Chijo. De los cuales 39 corresponden a plántulas de 2 años de edad (2 a 2.5 cm de alto) y 41 a ejemplares de 4 a 6 años de edad (4 a 22 cm de alto). *E. atacamensis* es la especie más fuertes y vigorosa de las tres y sentíamos que en ella tendríamos éxito seguro. Sin embargo, fue la que sufrió dos eventos negativos: enterramiento por escurrimiento de tierra producto de las lluvias estivales y en el período de sequía en invierno, casi todos los ejemplares pequeños y 4 de los ejemplares más grandes fueron completamente comidos por ratones. Al término de este proyecto diciembre 2012 sobreviven 54 plantas la mayoría se encuentran muy vigorosas principalmente las de mayor tamaño. Si se hubieran colocados todos los ejemplares con protección de rejilla como se hizo con *Eulychnia*, seguro que tendríamos un 100 % de sobrevivencia.

Se realizó el **control de crecimiento** en longitud en ejemplares juveniles de *Eulychnia iquiquensis* y *Browningia candelaris* en intervalos de tiempo 18 meses, 6 y 10 años. El crecimiento de ambas especies está asociado a los regímenes de lluvia, después de una temporada lluviosa pueden crecer hasta 10 cm en *Eulychnia* y 20 cm en *Browningia* como ocurrió el año 2012. Durante los años secos el crecimiento es casi nulo, dando en ambas especies un crecimiento promedio anual de 1 cm en intervalos de 6 a 10 años. El efecto de atrapaniebla sobre *Eulychnia* triplicó el crecimiento.

Como parte de la **difusión** del proyecto se realizaron una serie de talleres de cultivo de cactus en algunas escuelas de la región, en Iquique con *Eulychnia*, en Mamiña con *Browningia*, y en Cariquima y Colchane con *Echinopsis atacamensis*. En Mamiña y Cariquima hubo gran interés tanto de los alumnos como de los profesores, con éxito en la germinación y con pocos resultados después del repique. Un trabajo exitoso con comunidades requiere de monitoreos continuos lo que no era el principal propósito de este proyecto.

6. BIBLIOGRAFIA

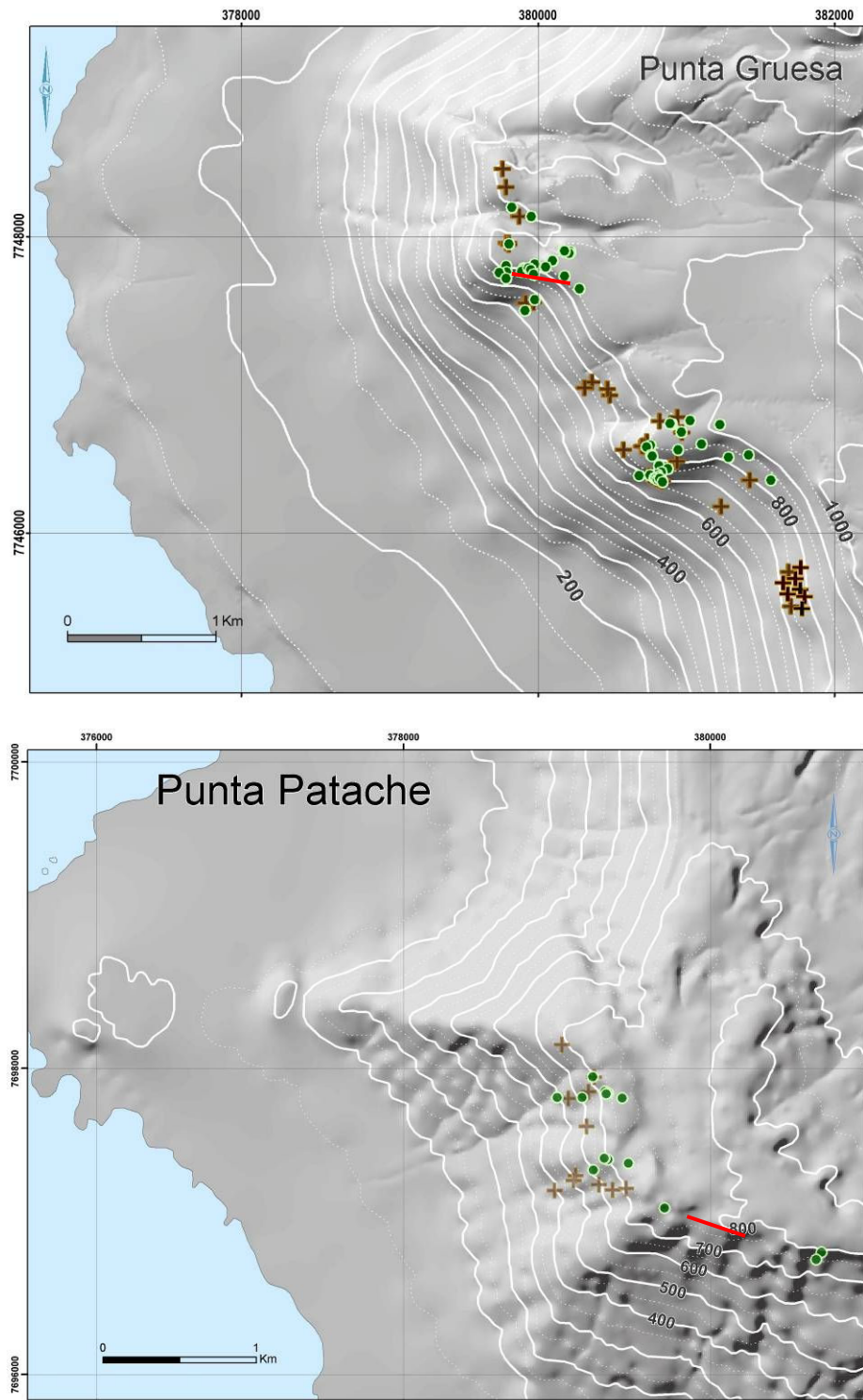
- Almeyda, E. 1948. Pluviometría de las zonas del desierto y las estepas cálidas de Chile. Editorial Universitaria, Santiago. 162 pp.
- Balaguer, L., Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal. Revisiones.
www.invenia.es/oai:dialnet.unirioja.es
- Belmonte, E. L. Faúndez, J. Flores, A. Hoffmann, M. Muñoz & S. Teillier, 1998. Categorías de conservación de cactáceas nativas de Chile. Boletín del Museo Nacional de Historia Natural 47: 69-89.
- Britton, N. L. & J. L. Rose, 1920. The Cactaceae (4 Vol). Carnegie Institution of Washington, Publ. Nº 248. New York.
- CONAMA. Ficha de antecedentes de especie, *Eulychnia iquiquensis*.
- CONAMA. Ficha de antecedentes de especie, *Echinopsis atacamensis*.
- CONAMA. Ficha de antecedentes de especie, *Browningia candelaris*.
- COMANA, 2008. Estrategia para la Conservación de la Biodiversidad. Región de Tarapacá. 94 pp.
- DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS. Base de datos del registro histórico de precipitación en Tarapacá.
- Díaz-Pinés E, 2004. Proyecto de Restauración de Comunidades Forestales Singulares del Parque Natural de Fuentes Carrionas y Fuente Cobre-Montaña Palentina (Palencia).
- Faúndez, L., G. Girón & M. Escobar, 2001. Estudios Básicos para el conocimiento y manejo conservativo de *Echinopsis atacamensis* (Phil.)Fried et Rowl. Informe convenio 2001-2003, Universidad de Chile/Codelco Radomiro Tomic, 13 pp.
- Faúndez, L. & G. Girón. 2002. Sinopsis de *Echinopsis atacamensis* (Phil.)Fried et Rowl (Cardón, K'avul) en Chile. Revista del Círculo de Coleccionistas de Cactus y Crasas de la República Argentina 1(3): 72-77.
- Fernández F., Hernández, D., Esqueda, S., Reproducción, Conservación, Preservación y Rescate de Cactáceas en Riesgo en el Estado de Zacatecas, Mexico. redexperimental.gob.mx
- Galíndez, G., 1997. Estrategia reproductivas de *Trichocereus pasacana*: Producción, tamaño y capacidad germinativa y supervivencia de plántulas. (Tesis de grado) Universidad Nacional de Salta, Argentina, 48 pp.
- Godínez, H., T. Valverde & P. Ortega. 2003. Demographic trends in the Cactaceae. The Botanical Review 69(2): 173-203.
- Gold, K.; P. León-Lobos y M. Way. 2004. Manual de recolección de semillas de plantas silvestres para conservación a largo plazo y restauración ecológica. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena, Chile. Boletín INIA Nº110, 62 p.
- Guerrero, P. y León-Lobos, P. 2006. Documento de Trabajo. Estado de Conservación de las Plantas de Chile. Ficha de Antecedentes de *Echinopsis atacamensis*.
- FNDR Cód.BIP 30064517-0, 2009. Estudio "Levantamiento de información de biodiversidad para sitios prioritarios, I Región de Tarapacá" Capítulo 4. Sector sierras Chilani, Yarina y Huaila. Responsable técnico Dirección Regional de CONAMA Tarapacá.
- Hoffmann, A., 1989. Cactáceas en la Flora Silvestre de Chile. Ed. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile, 272 pp.
- Hoffmann, A. & H. Walter, 2005. Cactaceas en la Flora Silvestre de Chile. Segunda Edición revisada y aumentada con nuevas ilustraciones. Fundación Claudio Gay, Santiago, Chile, 307 pp.
- Hunt, D., 1992. CITES Cactaceae Checklist. Royal Botanic Gardens Kew, 160 pp.
- Hunt, D., 1999. CITES Cactaceae Checklist. Ed.2. Royal Botanic Gardens Kew, IOS, 315 pp.

- Hunt, D., 2002. Cactaceae. Systematics Initiatives 14. Bulletin of the International Cactaceae Systematics Group.
- Hunt, D., 2003. Cactaceae Systematics Initiatives 16. Bulletin of the International Cactaceae Systematic Group, October, 24 pp.
- IUCN (2001). The IUCN Red List of threatened species. 2001 categories and criteria (version 3.1) http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria2001.html#critical
- Kiesling, R. 1978. El género *Trichocereus* en la Argentina. Darwiniana. 21(2-4):263-330.
- Leuenberger, B. E. & U. Eggli, 2000. The genus *Eulychnia* (Cactaceae) in Chile: notes on the taxonomy, types and other old specimens. Haseltoniana 7:63-76.
- México Forestal, 2010. Indígenas otomíes rescatan cactáceas para su reproducción.
- Miranda, J.D., F.M. Padilla & F.I. Pugnaire, 2004. Sucesión y restauración en ambientes Semiáridos. Ecosistemas 13 (1): 55-58
- Muñoz, M., H. Núñez & J. Yañez, 1996. Libro rojo de los sitios prioritarios para la conservación de la diversidad biológica en Chile. Ministerio de Agricultura y Corporación Nacional Forestal, Impresores Creces Ltda., Santiago, 203 pp.
- Pino, A., 2004. Estudio de las poblaciones y caracterización de sus estructuras de tamaño en *Echinopsis atacamensis* (Phil.) Fried. et Rowl. en la provincia de El Loa, región de Antofagasta. Memoria de título, Escuela de Agronomía, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.
- Pinto, R., 2002. *Lobivia ferox* Britton et Rose (Cactaceae), new record for the Chilean Flora. Gayana Botánica, Vol 59 (2): 65-72.
- Pinto, R., 2003. *Maihueiopsis nigrispina* (K. Schuma.) R. Kiesling (Cactaceae: Opuntioideae) nuevo registro para la Flora Chilena. Chloris Chilensis. Año 6, Nº 1. <http://www.chlorischile.cl>
- Pinto, R. & D. Moscoso, 2004. Estudio poblacional de *Echinopsis atacamensis* (Cactaceae) en la región de Tarapacá, norte de Chile. Chloris Chilensis. Año 7, Nº 2. URL.<http://www.chlorischile.cl>
- Pinto, R. & A. Kirberg, 2005. Conservation status of the genus *Eriosyce* (Cactaceae) in northernmost Chile. Bradleya 23:7-16.
- Pinto, R., 2006. Estado de conservación de *Browningia candelaris* en la región de Tarapacá. Departamento de Medio Ambiente, Compañía Minera Cerro Colorado, 76 pp. 2006
- Pinto, R., 2007. Estado de conservación de *Eulychnia iquiquensis* (schumann) Britton et Rose (cactaceae) en el extremo norte de Chile. Gayana Botánica 64(1):97-108.
- Pinto, R. & A. Kirberg, 2009. Cactus del extremo norte de Chile. Imprenta AMF Santiago, 246 pp.
- Reyes, J. Conservación y restauración de cactáceas y otras plantas suculentas mexicanas. Manual Práctico. UNAM, Comisión Nacional Forestal, México. 108 pp.
- Ritter, F., 1980. Kakteen in Südamerika Die Chilenischen Kakteen. Band 3:857-1238. Friedrich Ritter, Selbstverlag, Spangerberg.
- Rosello, E. & E. Belmonte, 1999. Fenología de *Browningia candelaris* (Meyen) Britt. et Rose en la Quebrada de Cardones, Norte de Chile. Idesia, 17:47-55.
- Salazar, E., León P., Muñoz, C. & M. Rosas, 2006. Estado de la Conservación *ex situ* de los Recursos Fitogenéticos Cultivados y Silvestres en Chile. Boletín INIA N° 156
- Squeo, F., G. Arancio, J. Gutiérrez, 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ed. Universidad de La Serena, Chile, 372 pp.
- Squeo, F., G. Arancio, J. Gutiérrez, 2008. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ed. Universidad de La Serena, Chile, 466 pp.

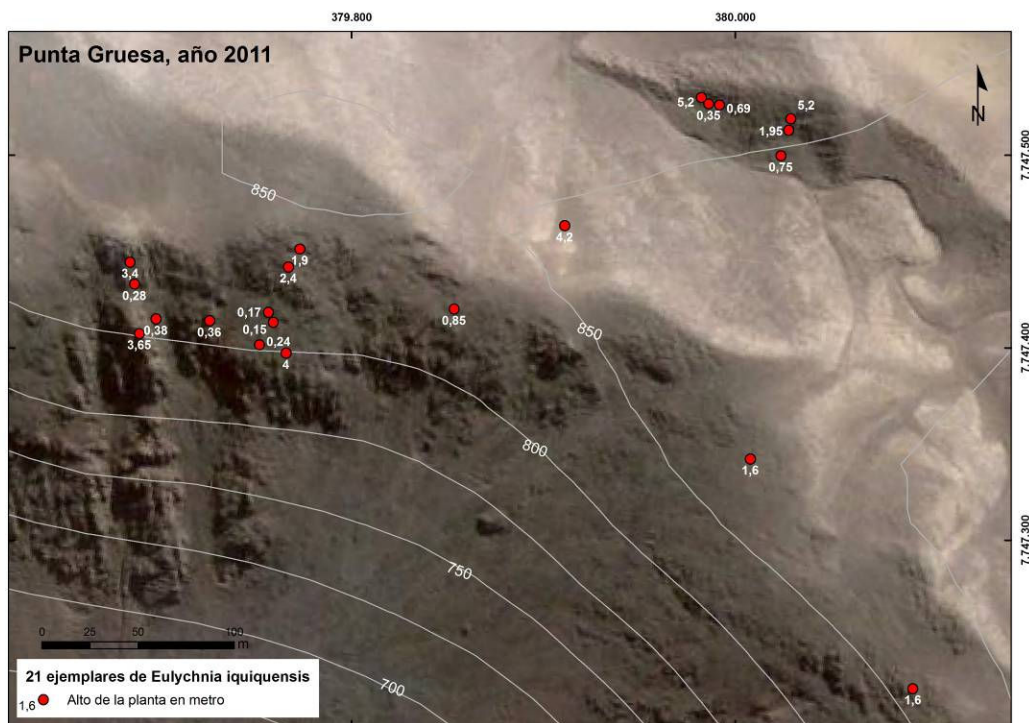
7. MAPAS



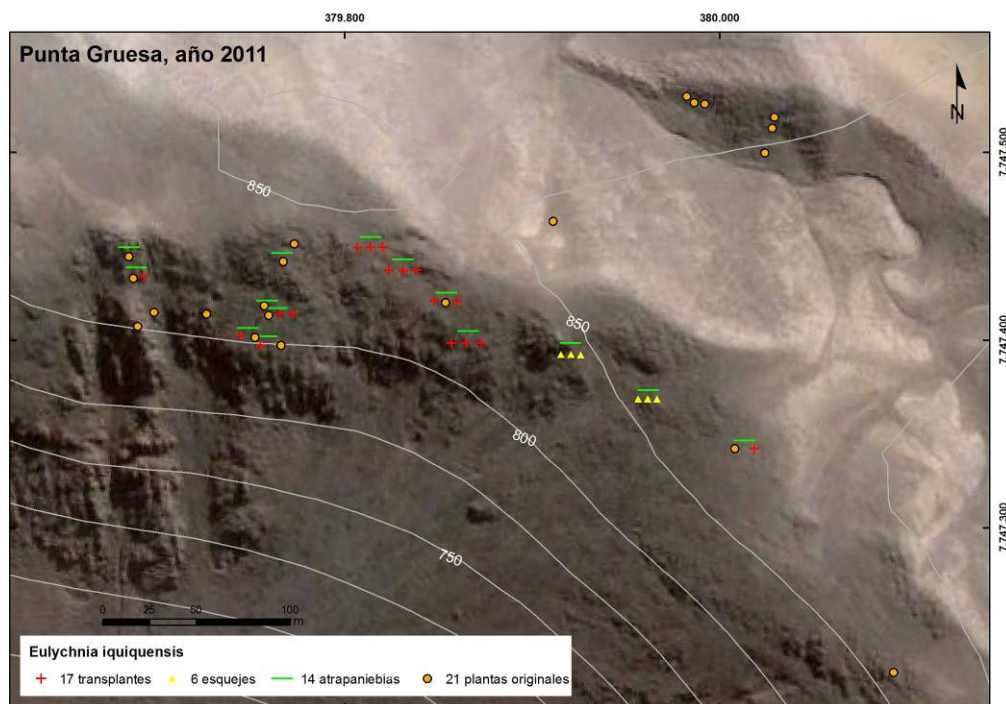
MAPA 1. Área de estudio, región de Tarapacá. *Eulychnia iquiquensis* en la costa, Punta Gruesa y Patache. *Browningia candellaris* en la precordillera, Parca y Mamiña. Y *Echinopsis atacamensis* en el altiplano, Chilo.



MAPA 2. Distribución de la población de *Eulichnia iquiquensis* en los ecosistemas de niebla de Punta Gruesa (64 ejemplares vivos, 37 ejemplares muertos) y Punta Patache (15 ejemplares vivos, 11 ejemplares muertos), tomado de Pinto 2007. La línea roja indica el área donde se desarrolló la experiencia piloto de forestación de *Eulichnia* realizado en este Proyecto CONAF 026/2010.



MAPA 3. Punta Gruesa: Distribución de la población de *Eulychnia iquiquensis* en el sector que se realizó el control de crecimiento y la experiencia de forestación. Se indica el tamaño de las plantas, año 2011.

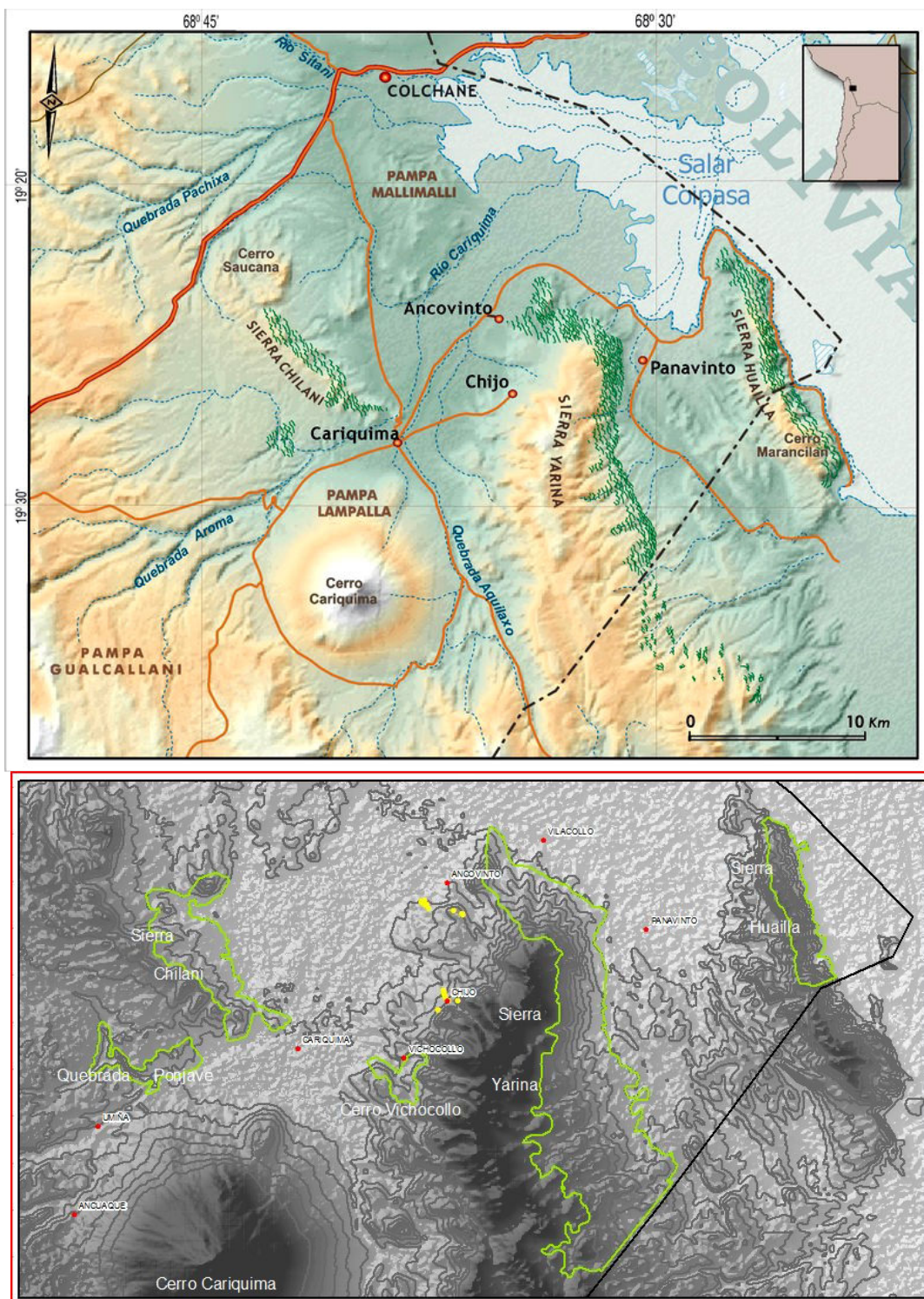


MAPA 4. Punta Gruesa: Distribución de los atrapanieblas, trasplantes y esquejes de *Eulychnia iquiquensis* instalados el año 2011. Los atrapanieblas y trasplantes colocados el 2012 se distribuyeron en el mismo sector entre los ya instalados. No se colocaron en el mapa para evitar la sobreposición.

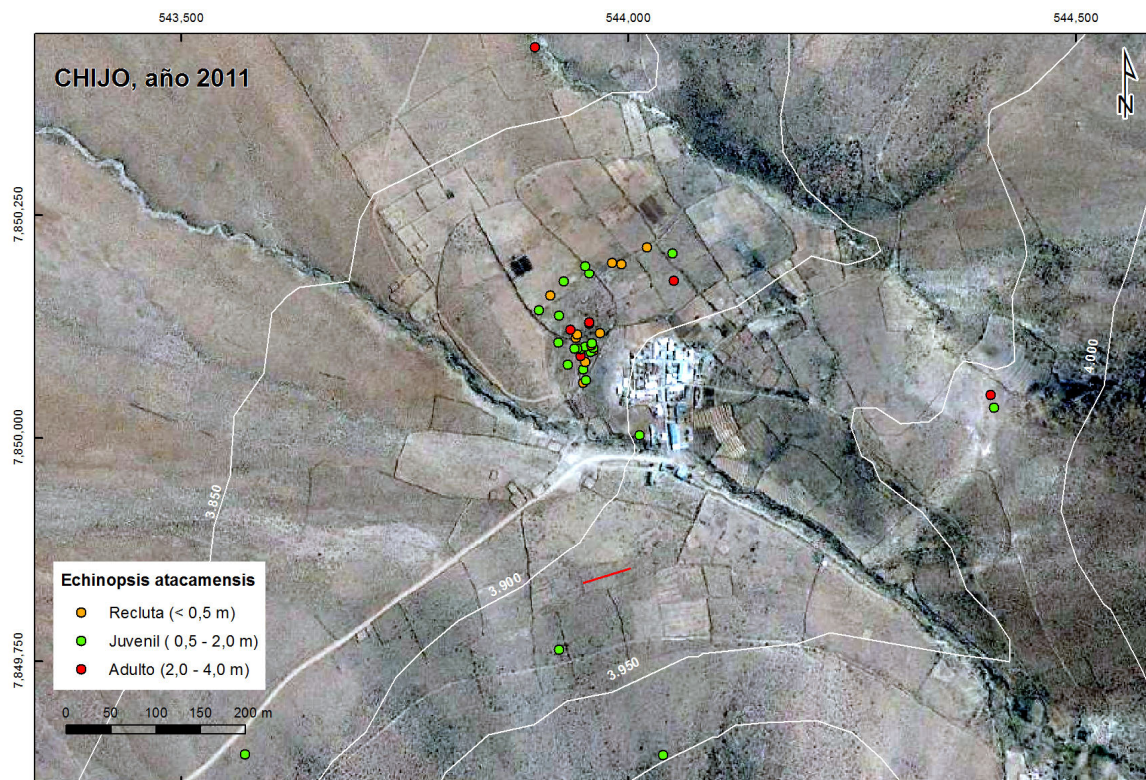
MAPA 5. Punta Patache: Distribución de los atrapanieblas y trasplantes de *Eulychnia iquiquensis* instalados el año 2012.



MAPA 6. Localización de Parca y Mamiña, área cercana a Compañía Minera Cerro Colorado. Los círculos rojos indican donde se trasplantaron ejemplares de *Browningia candelaris*. 4 en los alrededores del cementerio del pueblo de Parca, 4 a orillas del canal de regadío en unas terrazas de cultivo (ambos en la Quebrada de Parca) y 3 en el patio de la Escuela de Mamiña.



MAPA 7. Distribución de la población de *Echinopsis atacamensis* (achurado en verde) en la región de Tarapacá. Abarca tres sierras y bordes del río Cariquima, tomado de Pinto & Moscoso 2004 y actualizado (FNDR, 2009) con un total estimado de 40.000 ejemplares adultos en 80 km². Los puntos amarillos en los pueblos de Chijo y Ancovinto indican presencia de escasos ejemplares.



MAPA 8. Distribución de la población natural de *Echinopsis atacamensis* en el sector de Chijo, año 2011. La población está formada por 41 ejemplares que se identifican en tres rangos de tamaño, medidos en metros de alto de la planta. Se aprecian sólo 6 ejemplares mayores de dos metros de alto. La línea roja indica el sector donde se realizó la experiencia de forestación de *E. atacamensis*.

8. TABLAS

TABLA I

Stock de semillas: Listado del número de semillas por especie, localidad y año de colecta de las tres especies que trata este proyecto.

Especie	Localidad	2002	2003	2004	2005	2006	2008	2010	2011	2012	TOTAL
<i>Eulychnia iquiquensis</i>	Chipana	20	20.000					126.000	1.500	3.000	
	Patache		30						10		
	Punta Gruesa		11.000				2.000	7.000	2.000	5.000	
	Subtotal	20	31.030	0			2.000	133.000	3.510	8.000	177.560
<i>Browningia candelaris</i>	Parca		5.000		3.000			1.000	14.000	5.600	
	Ocharaza									5.000	
	Cerro Colorado					3.000					
	Camiña					30.000					
	Miñimiñi					2.000					
	Arica	300				130.000					
	Subtotal	300	5.000	0	3.000	165.000	0	1.000	14.000	10.600	198.900
<i>Echinopsis atacamensis</i>	Chilani	20						91.000		130.000	
	Yarina		6.000	5.000				50.000	100.000	130.000	
	Cavancha							4.000			
	Subtotal	20	6.000	5.000	0	0	0	141.000	100.000	260.000	512.020
TOTAL											888.480

TABLA II

Stock de semillas: Listado del número de semillas por especie, localidad y año de colecta de otras especies de cactáceas presentes en Arica-Parinacota y Tarapacá.

Especie	Localidad	2001	2002	2003	2006	2007	2009	2010	2011	2012	TOTAL
<i>Corryocactus brevistylus</i>	Macaya						30				
	Alto Usmagama									220.000	
	Subtotal		0	0	0		30	0	0	220.000	220.030
<i>Cumulopuntia ignescens</i>	Chilani		20	10							
	Arica	10									
	Subtotal	10	20	10	0	0	0	0	0	0	40
<i>Echinopsis ferox</i>	Umiña							33.000			
	Chilani		1.000					60			
	Yarina		200					4.000	30		
	Subtotal	0	1.200	0	0	0	0	37.060	30	0	38.290
<i>Eriosyce caligophila</i>	Patache		1.000								
<i>Eriosyce iquiquensis</i>	Chipana		3.000	50							
	Subtotal	0	3.000	50	0	0	0	0	0	0	3.050
<i>Haageocereus chilensis</i>	Mamiña	60		60	60				7.000		
	Subtotal	60	0	60	60	0	0	0	7.000	0	7.180
<i>Neowerdermania chilensis</i>	Arica	10			170						
	Subtotal	10	0	0	170	0	0	0	0	0	180
<i>Oreocereus hempelianus</i>	Macaya				30						
	Parca	10									
	Mamiña				40						
	Arica					20					
	Subtotal	10	0	0	40	20	0	0	0	0	70
<i>Oreocereus leucotrichus</i>	Mani						15.000				
	Choja			1.000							
	Coscaya		24.000								
	Parca				600						
	Usmagama									2.000	
	Camiña				2.000						
	Arica	7.000			1.000	6.000					
	Subtotal	7.000	24.000	0	3.600	6.000	0	0	0	2.000	42.600
<i>Tephrocactus nigripinus</i>	Chilani		50	20							70
	Subtotal	0	50	20	0	0	0	0	0	0	70
<i>Tunilla soherensis</i>	Enquelga		10								
	Yarina			50							
	Subtotal	0	110	90	0	0	0	0	0	0	200
TOTAL											311.640

TABLA III

Antecedentes sobre frutos de *Browningia candelaris* colectados en Parca, año 2011.

	largo cm	ancho cm	peso gr	pulpa ml	n° semillas	peso gr semillas
	6,3	3,9	51,7	19,5	353	1,0
	6,3	3,9	65,3	24,0	997	2,0
	8,0	4,6	86,3	37,5	967	2,0
	6,7	3,6	44,8	23,0	624	1,5
	6,4	4,3	60,7	23,0	796	1,7
	6,2	3,3	61,8	16,5	669	1,9
	4,9	3,7	47,3	15,0	-	-
	4,8	3,6	34,0	9,0	-	-
	3,7	3,4	36,2	10,0	-	-
	4,0	3,2	12,5	10,0	-	-
	4,5	3,5	30,9	12,0	-	-
	4,0	3,0	48,4	15,0	692	-
	4,5	3,7	36,0	15,0	892	-
	8,0	4,7	93,0	45,0	1223	-
	6,6	4,7	80,6	30,0	1003	-
prom	5,7	3,8	52,6	20,3	822	1,7
max	8,0	4,7	93,0	45,0	1223	2,0
min	3,7	3,0	12,5	9,0	353	1,0

- datos que no fueron registrados

TABLA IV

Antecedentes sobre la siembra en ambiente natural de las tres especies que trata este proyecto: *Echinopsis atacamensis*, *Eulychnia iquiquensis* y *Browningia candelaris*, indicando la fecha de colecta de semilla, fecha de siembra, tratamiento y número de semillas sembradas.

Fecha de siembra	Especie	Almaciguera n°	n° Almaciguera por especie	Fecha de colecta semilla	Localidad	Tratamiento	n° de semillas sembradas por cubículo	Total de semillas sembradas por almaciguera
25-04-11	<i>Echinopsis atacamensis</i>	1	1	19-03-11	Lupirana	sin remojar	20	1.440
06-06-11	<i>Echinopsis atacamensis</i>	3	2	18-02-10	Lupirana	sin remojar	25	1.800
06-07-11	<i>Echinopsis atacamensis</i>	9	3	18-02-10	Lupirana	sin remojar	15	1.080
Total de semillas sembradas de Echinopsis								4.320
04-06-11	<i>Eulychnia iquiquensis</i>	2	1	17-03-11	Chipana		25	1.800
06-07-11	<i>Eulychnia iquiquensis</i>	8	2	07-02-10	Punta Gruesa	remoje 4 hrs	15	1.080
19-08-11	<i>Eulychnia iquiquensis</i>	15	3	14-06-11	Patache	sin remojar	10	720
				07-02-10	Punta Gruesa	sin remojar		
				02-02-03	Chipana	sin remojar		
09-05-12	<i>Eulychnia iquiquensis</i>	16	4	15-01-03	Chipana	remoje 24 hrs	10	720
16-05-12	<i>Eulychnia iquiquensis</i>	17	5	16-02-10	Chipana	sin remojar	10	720
				15-01-03	Chipana	sin remojar		
Total de semillas sembradas de Eulychnia								5.040
06-06-11	<i>Browningia candelaris</i>	4	1	01-02-03	Qda Punaya	remoje 4 hrs	25	1.800
				29-09-07	Qda Punaya	sin remojar		
06-07-11	<i>Browningia candelaris</i>	10	2	01-02-03	Qda Punaya	remoje 24 hrs	15	1.080
19-08-11	<i>Browningia candelaris</i>	14	3	05-11-09	Qda Punaya	remoje 48 hrs	10	720
Total de semillas sembradas de Browningia								3.600
TOTAL								12.960

TABLA V

Antecedentes sobre la siembra en ambiente natural de otras especies de cactáceas presentes en Arica-Parinacota y Tarapacá: fecha de colecta de semilla, fecha de siembra, tratamiento y número de semillas sembradas.

Fecha de siembra	Especie	Almaciguera n°	n° Almaciguera por especie	Fecha de colecta semilla	Localidad	Tratamiento	n° de semillas sembradas por cubículo	Total de semillas sembradas por almaciguera
16-06-11	Eriosyce caligophila	5	1	20-12-02	Patache	remoje 4 hrs	25	1.800
16-06-11	Echinopsis ferox	6	1	18-02-10	camino a Cariquima	sin remojar	25	1.800
16-06-11	Oreocereus leucotrichus	7	1	06-02-03	camino a Chusmisa	remoje 48 hrs	25	1.800
				24-12-02	camino a Lirima	remoje 48 hrs		
10-08-11	Eriosyce iquiquensis	11	1	01-11-11	Chipana	sin remojar	10	720
10-08-11	Corryocactus brevistylus	12	1	04-04-11	Alto Camiña	sin remojar	10	720
10-08-11	Haageocereus chilensis	13	1	02-07-11	Mamiña	sin remojar	10	720
19-08-11	Oreocerus hempelianus	18	1	01-05-04	Alto Jaifña	remoje 48 hrs	15	1.800
				07-07-02	sur de Parca	remoje 48 hrs		
				09-04-02	Parca	remoje 48 hrs		
22-09-12	Neowerdermania chilensis			28-jun-05	Murmurtani	remoje 12 hrs	5	10
TOTAL								9.370

TABLA VI

Antecedentes sobre los ensayos de germinación en ambiente controlado de las tres especies que trata este proyecto: *Echinopsis atacamensis*, *Eulychnia iquiquensis* y *Browningia candelaris*, indicando la fecha de colecta de semilla. Se incluyó también a *Corryocactus brevistylus* otra cactacea columnar de la precordillera, 3000 m altitud.

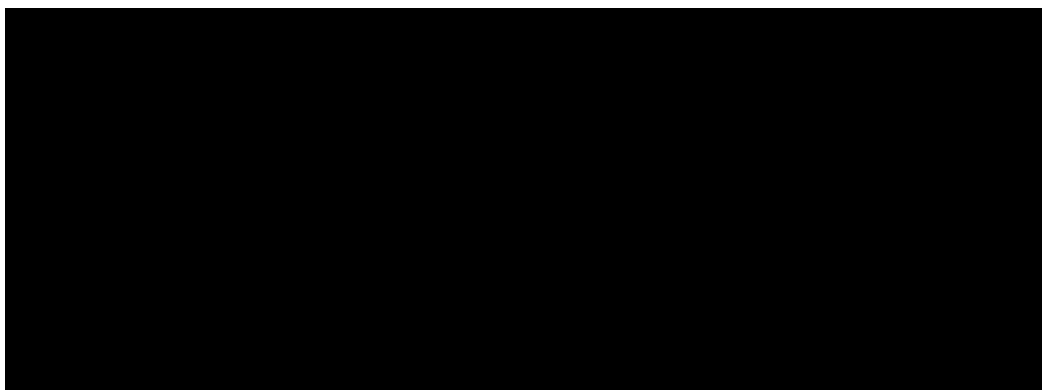


TABLA VII

Antecedentes sobre los ejemplares de *Eulychnia iquiquensis* plantados en Punta Gruesa. Control de crecimiento de ejemplares plantados el año 2011 con un delta de tiempo de 1.6 años y durante el año 2012 con un delta de tiempo de 5 meses.

n° Planta	n° Etiqueta	Fecha transplante	2011 alto cm	05-10-12 alto cm	delta crecimiento cm	2011 diametro cm	05-10-12 diametro cm	delta crecimiento cm	2011 espinas cm	05-10-12 espinas cm	delta crecimiento cm
1	15	02-05-11	15,0	20,0	5,0	3,0	5,0	2,0	2,5	5,0	2,5
2	16	02-05-11	15,5	19,0	3,5	3,0	4,0	1,0	2,5	3,5	1,0
3	17	02-05-11	19,0	22,0	3,0	3,5	5,0	1,5	1,7	3,5	1,8
4	18	02-05-11	19,0	23,0	4,0	3,5	5,0	1,5	2,0	2,5	0,5
5	19	24-04-11	17,5	18,0	0,5	3,5	3,5	0,0	1,0	2,5	1,5
6	20	24-04-11	19,0	20,0	1,0	3,0	4,0	1,0	2,0	2,5	0,5
7	21	24-04-11	17,0	20,0	3,0	3,0	4,0	1,0	1,5	3,0	1,5
8	22	24-04-11	16,5	18,0	1,5	3,0	3,5	0,5	1,5	2,0	0,5
9	23	02-05-11	16,5	19,0	2,5	3,0	5,0	2,0	1,5	2,5	1,0
10	24	02-05-11	10,5	13,0	2,5	3,0	4,0	1,0	2,0	4,0	2,0
11	25	02-05-11	14,5	15,0	0,5	2,5	4,0	1,5	1,5	3,5	2,0
12	26	02-05-11	15,0	16,5	1,5	3,0	4,5	1,5	1,5	2,5	1,0
13	27	10-09-11	13,5	16,0	2,5	3,0	4,5	1,5	1,5	2,2	0,7
14	28	10-09-11	15,0	15,0	0,0	2,0	3,0	1,0	1,5	2,5	1,0
15	29	09-07-11	14,0	17,0	3,0	2,5	3,0	0,5	1,5	3,0	1,5
16	30	09-07-11	14,0	14,0	0,0	1,5	2,5	1,0	1,5	2,5	1,0
17	31	09-07-11	15,5	15,5	0,0	2,5	3,5	1,0	1,5	2,0	0,5
prom			15,7		2,0			1,1			1,2
max			19,0		5,0			2,0			2,5
min			10,5		0,0			0,0			0,5
18	45	17-05-12	9,0	9,5	0,5	4,0	5,0	1,0	1,5	1,5	0,0
19	46	17-05-12	8,0	9,5	1,5	4,0	4,0	0,0	1,5	1,5	0,0
20	47	17-05-12	10,0	11,0	1,0	3,0	3,0	0,0	1,5	1,5	0,0
21	48	17-05-12	12,0	12,0	0,0	3,0	3,5	0,5	2,0	2,0	0,0
22	49	17-05-12	12,0	15,5	3,5	3,0	4,0	1,0	1,2	1,5	0,3
23	50	17-05-12	12,0	12,0	0,0	3,0	4,0	1,0	1,2	1,5	0,3
24	51	17-05-12	3,0	4,5	1,5	2,0	3,0	1,0	0,8	1,0	0,2
25	52	17-05-12	6,0	6,0	0,0	2,5	3,0	0,5	1,8	2,0	0,2
26	53	17-05-12	6,5	8,5	2,0	3,0	4,0	1,0	1,8	2,0	0,2
27	54	17-05-12	13,0	13,0	0,0	3,5	3,5	0,0	1,2	1,2	0,0
28	55	17-05-12	12,0	13,0	1,0	3,5	3,5	0,0	1,8	2,0	0,2
29	56	17-05-12	12,5	13,0	0,5	3,5	3,5	0,0	1,8	1,8	0,0
30	57	17-05-12	7,5	9,0	1,5	2,5	3,0	0,5	1,4	1,5	0,1
31	58	17-05-12	7,0	10,0	3,0	1,7	3,0	1,3	1,0	1,0	0,0
32	59	17-05-12	9,0	9,0	0,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,5	0,5
33	60	17-05-12	13,5	14,0	0,5	4,0	4,0	0,0	2,0	2,0	0,0
34	61	17-05-12	13,5	14,0	0,5	3,0	4,0	1,0	1,5	2,0	0,5
35	62	17-05-12	16,0	16,0	0,0	3,5	3,5	0,0	1,8	1,8	0,0
36	63	02-06-12	4,0	4,5	0,5	2,5	4,0	1,5	1,3	1,5	0,2
37	64	02-06-12	11,0	11,0	0,0	3,5	4,0	0,5	1,5	1,5	0,0
38	65	02-06-12	11,0	11,0	0,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,0	0,0
39	66	02-06-12	3,5	5,0	1,5	2,5	3,0	0,5	1,0	1,0	0,0
40	67	02-06-12	3,0	4,0	1,0	1,8	2,0	0,2	1,8	1,8	0,0
41	68	02-06-12	9,5	11,0	1,5	2,5	4,0	1,5	1,5	1,5	0,0
42	69	03-06-12	4,0	4,0	0,0	1,8	2,0	0,2	0,8	0,8	0,0
43	70	03-06-12	10,0	10,0	0,0	3,0	4,5	1,5	1,5	1,5	0,0
44	71	03-06-12	12,0	12,0	0,0	2,8	3,5	0,7	1,4	1,4	0,0
45	72	03-06-12	3,0	3,0	0,0	1,8	2,5	0,7	0,7	0,7	0,0
46	73	03-06-12	3,0	3,5	0,5	1,5	3,5	2,0	1,0	1,0	0,0
47	74	03-06-12	12,0	13,0	1,0	2,5	2,5	0,0	1,4	1,4	0,0
48	75	03-06-12	9,0	11,0	2,0	2,5	3,0	0,5	1,0	1,0	0,0
prom			9,0		0,8			0,6			0,1
max			16,0		3,5			2,0			0,5
min			3,0		0,0			0,0			0,0

TABLA VIII

Antecedentes sobre los ejemplares de *Eulchnia iquiquensis* plantados en Punta Patache. Aún no se ha realizado el control de crecimiento.

n°							23-05-12	23-05-12	23-05-12	23-05-12
planta	Fecha	n°		altitud			alto	diámetro	n°	espinas
etiqueta	trasplante	atrapaniebla	Coordenadas	UTM	m	enmienda	cm	cm	costillas	cm
1	20-06-2012	6	379705	7696668	765	germinal	11,0	2,5	9	1,0
2	20-06-2012	6				perlita	4,5	2,5	8	1,0
3	20-06-2012	6				sin	12,0	2,5	9	1,0
4	20-06-2012	5	379675	7696689	771	germinal	10,0	3,0	9	1,0
5	20-06-2012	5				perlita	5,0	2,5	9	1,0
6	20-06-2012	5				sin	12,0	2,5	8	1,0
7	20-06-2012	4	379679	7696703	755	germinal	10,0	3,0	9	2,0
8	20-06-2012	4				perlita	3,0	2,0	9	0,8
9	20-06-2012	4				sin	15,0	2,5	9	1,0
10	23-05-2012	2	379641	7696714	765	germinal	8,5	3,0	9	1,7
11	23-05-2012	2				perlita	6,0	3,0	10	1,5
12	23-05-2012	2				sin	7,5	2,5	8	1,2
13	23-05-2012	1	379646	7696717	767	germinal	11,0	2,5	9	1,5
14	23-05-2012	1				perlita	11,0	2,8	9	1,5
15	23-05-2012	1				sin	11,0	2,8	9	1,3
16	23-05-2012	3	379650	7696716	767	germinal	5,0	2,5	9	1,0
17	23-05-2012	3				perlita	6,5	2,5	9	1,0
18	23-05-2012	3				sin	5,5	2,0	10	1,0
19	20-06-2012	sin	379651	7696712	771	germinal-perlita	11,5	3,0	8	1,5
prom							8,7	2,6	8,9	1,2
max							15,0	3,0	10,0	2,0
min							3,0	2,0	8,0	0,8

TABLA IX

Antecedentes sobre los ejemplares de *Browningia candelaris* plantadas en Parca y Mamiña de octubre 2011 (fecha de trasplante) a noviembre 2012 (fecha control). Las plantas no recibieron el riego programado a excepción de las plantadas en la escuela de Mamiña.

	etiqueta	06-10-2011	14-11-2012	delta	06-10-2011	14-11-2012	delta	27-03-2012	14-11-2012	delta
Localidad	n°	alto	alto	crecimiento	diámetro	diámetro	crecimiento	espinas	espinas	crecimiento
Escuela Mamiña	50	13,0	15,0	2,0	2,0	2,8	0,8	2,0	2,5	0,5
Escuela Mamiña	51	10,0	12,0	2,0	3,0	3,2	0,2	1,0	1,5	0,5
Escuela Mamiña	52	8,0	9,8	1,8	3,5	3,5	0,0	2,8	4,0	1,2
Cementerio Parca	53	10,0	11,0	1,0	3,5	3,5	0,0	1,0	2,0	1,0
Cementerio Parca	54	11,0	12,0	1,0	3,5	4,0	0,5	2,0	3,2	1,2
Cementerio Parca	55	9,0	12,5	3,5	3,5	3,5	0,0	2,0	2,4	0,4
Cementerio Parca	56	10,0	12,0	2,0	3,0	4,4	1,4	1,0	1,5	0,5
Terrazas Parca	57	10,0	11,5	1,5	3,5	2,5	-1,0	1,0	1,8	0,8
Terrazas Parca	58	11,0	8,0	-3,0	3,5	3,5	0,0	1,0	1,5	0,5
Terrazas Parca	59	7,0	6,0	-1,0	3,5	3,0	-0,5	1,0	1,2	0,2
Terrazas Parca	60	9,0	10,0	1,0	3,5	2,8	-0,7	1,0	1,4	0,4
Promedio				1,1			0,1			0,7

TABLA X. Tratamientos utilizados en la experiencia de forestación en 57 ejemplares de *Echinopsis atacamensis* plantados en Chijo.

N° etiqueta	Tratamientos						
	Adición de nutrientes				Protección		
	germinal	guano	perlita	control	rejilla	pirca	control
71	x						x
72	x				x		
73	x				x		
74				x	x		
75				x			x
76				x			x
77				x		x	
78				x		x	
79			x				x
80			x				x
81			x		x		
82			x		x		
83	x						x
84	x				x		
85	x				x		
86	x				x		
87		x					x
88		x					x
89		x				x	
90		x				x	
91			x				x
92			x				x
93			x				x
94			x				x
95		x					x
96		x					x
97		x					x
98		x					x
99				x			x
100			x		x		
101			x		x		
102	x				x		
103	x				x		
104		x			x		
105		x			x		
106				x	x		
107				x	x		
108				x			x
109			x			x	
110			x			x	
111	x					x	
112	x					x	
113		x				x	
114		x				x	
115				x		x	
116				x		x	
117	x						x
118		x					x
119			x				x
120				x			x
121	x						x
122		x					x
123			x				x
124				x			x
125	x						x
126		x					x
127			x				x

TABLA XI. Antecedentes sobre los ejemplares de *Echinopsis atacamensis* plantados en Chijo. Las mediciones del crecimiento en alto de la planta no hay que considerarlas, ya que las plantas fueron afectadas por escurrimientos de suelo producto de las fuertes lluvias estivales.

n° planta	n° etiqueta	dic-2011 alto cm	may-2012 alto cm	delta crecimiento cm	dic-2011 diámetro cm	may-2012 diámetro cm	delta crecimiento cm	dic-2011 espinas cm	may-2012 espinas cm	delta crecimiento cm	ago-2012 fecas roedor	ago-2012 1=viva 0=muerta
1	71	22,0	16,5		8,0	8,5	0,5	3,0	3,5	0,5	x	1
2	72	14,0	10,5		8,0	8,0	0,0	2,5	3,5	1,0		1
3	73	7,0	6,0		4,0	6,0	2,0	2,5	3,5	1,0		1
4	74	5,0	5,0	0,0	2,5	5,5	3,0	1,6	2,0	0,4		1
5	75	18,0	14,5		7,0	9,0	2,0	2,5	3,0	0,5		1
6	76	17,0	12,5		5,0	9,5	4,5	3,6	5,7	2,1	x	1
7	77	7,6	5,5		4,5	6,0	1,5	1,5	2,0	0,5		1
8	78	3,0	5,0	2,0	3,2	4,5	1,3	1,3	1,5	0,2		1
9	79	19,0	15,0		7,0	8,2	1,2	3,8	6,5	2,7		1
10	80	11,5	11,5	0,0	5,0	9,0	4,0	3,5	3,5	0,0	x	1
11	81	7,5	7,0		4,5	5,5	1,0	1,8	2,0	0,2		1
12	82	5,5	3,5		2,5	3,0	0,5	1,2	1,5	0,3		1
13	83	16,0	14,0		7,0	8,5	1,5	3,2	4,5	1,3		1
14	84	12,0	11,0		5,5	5,5	0,0	3,0	3,5	0,5		1
15	85	10,0	8,5		5,0	6,0	1,0	2,0	2,5	0,5		1
16	86	4,0	5,5	1,5	3,0	4,5	1,5	1,7	2,0	0,3		1
17	87	16,0	10,5		6,0	7,0	1,0	2,5	3,5	1,0		1
18	88	16,0	12,0		5,5	7,0	1,5	3,0	4,0	1,0		1
19	89	7,5	7,0		4,0	5,0	1,0	2,0	3,5	1,5		1
20	90	6,5	6,0		4,0	3,0		1,2	2,0	0,8	x	0
21	91	18,0	13,0		7,0	8,0	1,0	2,5	3,0	0,5		1
22	92	10,0	7,0		5,0	7,5	2,5	3,0	3,0	0,0	x	1
23	93	8,0	5,0		3,0	4,0	1,0	2,1	5,0	2,9		1
24	94	4,5	2,5		3,0	3,0	0,0	1,7	2,0	0,3	x	1
25	95	13,0	12,0		6,0	6,5	0,5	3,0	3,6	0,6	x	1
26	96	6,0	6,5	0,5	3,5	5,0	1,5	2,5	3,0	0,5	x	1
27	97	4,5	6,5	2,0	3,5	5,0	1,5	1,3	1,5	0,2	x	0
28	98	5,0	5,5	0,5	3,0	3,5	0,5	1,6	2,4	0,8		1
29	99	10,0	11,5	1,5	6,0	9,5	3,5	3,0	3,0	0,0	x	1
30	108	10,0	10,0	0,0	3,5	5,5	2,0	1,8	2,4	0,6	x	0
31	117	7,0	4,5		5,5	5,5	0,0	2,5	2,5	0,0		1
32	118	7,0	7,0	0,0	5,0	7,0	2,0	3,5	3,5	0,0	x	1
33	119	7,0	6,0		4,0	5,0	1,0	2,6	2,6	0,0	x	1
34	120	6,5	7,0	0,5	5,0	6,0	1,0	2,6	2,6	0,0	x	1
35	121	7,0	11,0	4,0	4,0	5,0	1,0	2,4	2,4	0,0	x	0
36	122	8,0	7,0		4,0	5,0	1,0	2,5	2,5	0,0	x	1
37	123	9,0	10,0	1,0	3,5	5,0	1,5	1,7	3,4	1,7	x	1
38	124	10,0	10,5	0,5	4,0	5,0	1,0	3,0	3,0	0,0	x	1
39	125	11,5	12,0	0,5	3,0	5,0	2,0	2,5	2,5	0,0	x	1
40	126	6,5	8,0	1,5	3,0	5,0	2,0	2,1	2,1	0,0	x	1
41	127	9,0	12,0	3,0	5,0	6,5	1,5	2,2	3,0	0,8	x	1
prom				1,1			1,4			0,6		
max				4,0			4,5			2,9		
min				0,0			0,0			0,0		

TABLA XII. Base de datos de la población natural de *Echinopsis atacamensis* en Chijo, año 2011. Coordenadas en UTM, Datum WGS 84, 19 K.

n° Plantas	Coordenadas UTM		altitud m	alto m	diametro cm	n° ramas	observaciones
1	543589	7849635	3881	1,75	22	0	herido en la base
2	544030	7849991	3911	1,85	32	0	
3	543967	7850050	3908	0,18	12	0	
4	543970	7850053	3908	1,32	26	0	
5	543967	7850065	3905	0,78	24	0	
6	543969	7850073	3905	0,13	10	0	
7	543978	7850086	3908	0,19	11	0	
8	543975	7850084	3908	1,13	25	0	creciendo en la pirca
9	543978	7850089	3908	0,75	23	0	creciendo en la pirca, 2 tallos
				0,35	16	0	
10	543964	7850080	3904	3,40	43	0	
11	543964	7850087	3904	0,63	23	0	creciendo en la pirca
12	543969	7850090	3904	0,52	25	0	creciendo en la pirca
13	543976	7850092	3905	0,09	8	0	
14	543960	7850088	3902	0,90	29	0	
15	543957	7850088	3901	0,57	27	0	
16	543950	7850070	3901	0,67	26	0	
17	543939	7850095	3897	1,00	28	0	
18	543959	7850100	3899	0,35	17	0	
19	543986	7850105	3908	0,16	8	0	creciendo en la pirca
20	543977	7850094	3906	0,56	18	0	
21	543974	7850116	3902	0,09	11	0	
22	543974	7850117	3903	3,30	43	0	
23	543960	7850104	3901	0,22	13	0	2 troncos, quemados
				0,14	13	0	
24	543953	7850109	3898	2,55	31	0	2 troncos, herido en la base
				1,95	29	0	
25	543940	7850125	3893	0,58	21	0	
26	543917	7850131	3890	1,20	27	0	
27	543930	7850147	3888	0,24	18	0	
28	543945	7850163	3887	1,31	28	0	
29	543969	7850181	3888	1,47		0	4 troncos
				1,29			
				0,68			
				0,85			
30	543974	7850172	3890	0,69	24	0	
31	543999	7850185	3892	0,41	22	0	
32	544010	7850183	3894	0,27	22	0	
33	544038	7850202	3894	0,32	10	0	
34	544068	7850164	3903	3,17	38	0	
35	544067	7850195	3898	2,00	34	0	
36	544422	7850036	3971	4,00	38		
37	544426	7850022	3975	1,80	33		
38	542994	7848863	3855	2,75	35	0	
39	543913	7850425	3847	3,50	35	3	
40	544053	7849649	3992	1,90	24	0	nido en el suelo
41	543943	7849769	3930	1,69	28	2	

TABLA XIII

Análisis de muestras de suelo en el acantilado costero de Punta Gruesa del lugar donde se plantaron los ejemplares de *Eulychnia iquiquensis*.

FOSFATOS				
	mg/l	fd	factor	mg/kg
	1	1	20	20
1	45,809	1	20	916,2
2	46,884	1	20	937,7
2,1	48,883	1	20	977,7
3	42,839	1	20	856,8
3,1	33,638	1	20	672,8
4	40,117	1	20	802,3
4,1	34,689	1	20	693,8
4,2	37,804	1	20	756,1
5	30,057	1	20	601,1
5,1	51,783	1	20	1035,7
5,2	40,862	1	20	817,2
6	26,909	1	20	538,2
6,1	39,657	1	20	793,1
6,2	35,883	1	20	717,7
Prom	37,12			742,42

NITRATOS				
	mg/l	fd	factor	mg/kg
	1	1	12,5	12,5
1	14,769	1	12,5	184,6
2	14,950	1	12,5	186,9
2,1	14,957	1	12,5	187,0
3	26,927	1	12,5	336,6
3,1	32,808	1	12,5	410,1
4	27,680	1	12,5	346,0
4,1	20,496	1	12,5	256,2
4,2	33,705	1	12,5	421,3
5	28,497	1	12,5	356,2
5,1	22,782	1	12,5	284,8
5,2	29,866	1	12,5	373,3
6	18,271	1	12,5	228,4
6,1	26,582	1	12,5	332,3
6,2	40,789	1	12,5	509,9
Prom	23,61			295,07

	Ph	CE	Unidad	
1	8,6	1,37	µs/cm	
2	7,8	4,10	ms/cm	
2,1	8	2,33	ms/cm	
3	8,3	1,99	µs/cm	
3,1	8,1	2,80	ms/cm	
4	8,1	1,16	µs/cm	
4,1	8,2	1013	µs/cm	
4,2	8,2	1,46	µs/cm	
5	8,4	1,44	µs/cm	
5,1	8,2	1,28	µs/cm	
5,2	8,2	1368	µs/cm	
6	8	1962	µs/cm	
6,1	8,3	1559	µs/cm	
6,2	8,1	2,10	ms/cm	
Prom	8,18	423,00		

CALCIO (Ca)				
	mg/l	fd	Mg/L	meq/100gr
	1	1	1	1
1	13,673	1	13,673	13,673
2	19,002	1	19,002	19,002
2,1	20,588	1	20,588	20,588
3	21,599	1	21,599	21,599
3,1	43,745	1	43,745	43,745
4	24,706	1	24,706	24,706
4,1	22,469	1	22,469	22,469
4,2	22,793	1	22,793	22,793
5	18,366	1	18,366	18,366
5,1	22,32	1	22,32	22,32
5,2	19,933	1	19,933	19,933
6	41,346	1	41,346	41,346
6,1	23,864	1	23,864	23,864
6,2	23,256	1	23,256	23,256
Prom	22,58		22,58	22,58

SODIO (Na)				
	mg/l	fd	Mg/L	meq/100gr
	1	1	1	0,870
1	1,206	1	1,206	1,049
2	2,135	1	2,135	1,857
2,1	1,864	1	1,864	1,621
3	1,397	1	1,397	1,215
3,1	0,55	1	0,55	0,478
4	1,865	1	1,865	1,622
4,1	1,418	1	1,418	1,233
4,2	1,539	1	1,539	1,338
5	1,816	1	1,816	1,579
5,1	1,939	1	1,939	1,686
5,2	1,787	1	1,787	1,554
6	1,398	1	1,398	1,216
6,1	1,976	1	1,976	1,718
6,2	2,143	1	2,143	1,863
Prom	1,60		1,60	1,39

POTASIO				
	mg/l	fd	Mg/L	meq/100gr
	1	1	1	0,51
1	0	1	0	0,00
2	0,008	1	0,008	0,00
2,1	1,505	1	1,505	0,77
3	1,296	1	1,296	0,66
3,1	0	1	0	0,00
4	0,713	1	0,713	0,36
4,1	0,171	1	0,171	0,08
4,2	0,901	1	0,901	0,46
5	0,783	1	0,783	0,40
5,1	0,535	1	0,535	0,27
5,2	0,734	1	0,734	0,37
6	0	1	0	0,00
6,1	0,599	1	0,599	0,30
6,2	0,228	1	0,228	0,11
Prom	0,56		0,56	0,2

TABLA XIV

Análisis de muestras de suelo de la zona altoandina de Chijo del lugar donde se plantaron los ejemplares de *Echinopsis atacamensis*.

Muestra N°	Profundidad cm	N-NO3			FOSFATOS			BORO			POTASIO			Ph	ce	SODIO	%H	%C
		fd	mg/l	mg/kg	fd	mg/l	mg/kg	fd	mg/l	mg/kg	fd	mg/l	mg/kg		(ms/cm)	mg/kg		
1.1	2		2,86	35,71	1	0,32	6,44	2	0,32	1,29		23,31	5,97	7,80	0,28	3,45	2,44	1,94
1.2	50		41,89	523,58	5	3,36	335,60	2				31,75	8,13	6,80	0,63	14,84	3,72	3,86
2.1	2		4,44	55,54	5	3,31	331,30	2	0,29	1,16		26,93	6,89	7,60	0,12	1,70	1,76	1,41
2.2	50		5,77	72,09	5	3,42	342,00	2	0,30	1,19		29,74	7,61	7,40	0,11	0,93	0,84	1,05
3.1	2		4,40	55,03	5	3,41	340,60	2	0,29	1,14		24,92	6,38	7,50	0,05	0,71	2,08	1,17
3.2	50		4,02	50,29	5	0,30	30,10	2	1,19	4,77		32,55	8,33	7,20	0,20	9,25	5,10	0,64
Prom			10,56			2,35			0,48			28,20		7,38	0,23	5,15	2,66	1,68
Prom sin considerar muestra 1.2			4,30													3,21		

TABLA XV

Registro histórico de precipitación entre 1984 y 2012 en Iquique, en la costa, 50 m, 20°12'S-70°08'W. Datos de la Dirección General de Aguas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1984								0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1985	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1986	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
1987	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
1990	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1991	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8
1992	7,0	0,0	0,0	0,0	10,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,9	19,4
1993	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
1994	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1995	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1996	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
1997	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,4
1998	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1999	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0
2000	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2001	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	5,1
2003	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2005	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5
2006	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2007	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2008	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2009	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
2010	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2011	0,0	1,6	0,0	0,0	0,0	0,2	3,8	0,0	0,0	0,0	0,0		5,6
2012	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0								0,0
PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 29 AÑOS													1,3

TABLA XVI

Registro histórico de precipitación entre 1899 y 1947 en Iquique, en la costa, 6 m, 20°12'S-70°11'W. Datos tomados de Almeyda, 1948.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1899	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
1900	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	0,0	-	-	0,0
1901	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0
1902	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
1903	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
1904	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,0
1905	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
1906	-	-	-	-	-	-	-	-	5,0	-	-	-	5,0
1907	-	-	-	-	-	0,0	2,0	0,0	-	-	0,0	-	2,0
1908	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0
1909	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	0,0
1910	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	0,0
1911	0,0	-	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	-	-	-	0,0
1912	-	-	-	-	-	-	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
1913	-	-	-	-	-	-	-	2,8	0,0	-	-	-	2,8
1914	-	-	-	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	-	0,0	-	0,0
1915	0,0	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	-	-	-	0,0
1916	0,0	0,0	-	-	0,0	-	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
1917	1,1	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	1,1
1918	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0
1919	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1920	-	-	-	-	-	-	0,2	-	-	2,8	-	-	3,0
1921	-	-	-	-	-	-	-	2,8	-	-	-	-	2,8
1922	-	-	-	-	-	-	-	1,5	-	-	-	-	1,5
1923	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-	-	-	-	1,6
1924	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	0,2	-	-	0,5
1925	-	-	-	-	-	-	1,8	2,3	3,7	-	-	-	7,8
1926	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1927	-	-	-	-	-	-	0,0	-	-	-	-	-	0,0
1928	-	-	-	-	-	-	2,7	-	-	-	-	-	2,7
1929	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1930	-	-	-	-	0,0	-	-	7,0	0,0	-	-	-	7,0
1931	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1932	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	2,0	0,0	-	-	5,0
1933	-	-	-	-	-	-	-	0,4	-	-	-	-	0,4
1934	2,0	-	-	-	-	-	1,0	0,3	-	-	-	-	3,3
1935	-	-	-	-	-	-	3,0	-	2,0	-	-	-	5,0
1936	0,0	-	-	-	-	-	1,0	1,0	1,0	-	-	-	3,0
1937	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1938	-	-	-	-	-	-	-	3,0	-	-	-	-	3,0
1939	-	-	-	-	0,0	-	-	3,0	-	-	-	-	3,0
1940	-	-	-	-	-	6,0	14,0	-	-	-	-	-	20,0
1941	-	-	-	-	0,2	0,1	-	-	0,0	-	0,0	-	0,3
1942	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-	0,0	-	-	-	0,0
1943	-	-	-	-	-	-	2,0	-	-	-	-	-	2,0
1944	-	1,0	-	-	-	-	-	0,3	-	-	-	-	1,3
1945	-	-	-	-	-	-	-	2,4	4,6	0,6	-	-	7,6
1946	x	x	x	x	x	x	x	-	-	-	-	-	x
1947	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PROMEDIO ENTRE 1899-1945 (49 AÑOS)													1,9
PROMEDIO ENTRE 1899-1919 (21 AÑOS)													0,5
PROMEDIO ENTRE 1920-1945 (25 AÑOS)													3,2

TABLA XVI

Registro histórico de precipitación en Parca, en la precordillera andina, 2650 m, 20°00'S-69°12'W. Datos de la Dirección General de Aguas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1977												0,0	0,0
1978	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5
1979	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1980	0,0	6,0		4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			10,0
1981	3,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5
1982	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5
1983	0,0	9,5	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	4,5	29,5
1984	94,5	35,5	17,5	0,0	0,0	2,0	0,0	3,0	0,0	1,0	0,0	0,0	153,5
1985	3,0	7,5	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	28,0
1986	6,5	7,5	2,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5	20,0
1987	29,5	6,5	26,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	2,5	0,0	0,0	65,5
1988	0,5	0,0	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,5	0,0	0,0	8,2
1989	0,0	21,5	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,5
1990	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,0	9,0
1991	15,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0
1992	7,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,5	24,5
1993	5,0			0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	5,0
1994	0,7	3,2	0,0	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	2,0	7,5
1995	0,0	0,0	5,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,4
1996	7,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,4
1997	17,1	21,7	6,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1
1998		1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	2,8
1999	0,0	32,6	24,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	57,2
2000	0,0	18,1	12,0	0,0	0,0	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,2
2001	18,1	43,5	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	96,6
2002	0,0	12,8	0,0	0,0	0,0	0,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	29,2
2003	0,0	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0
2004	5,5	5,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,2
2005	6,8	13,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,4
2006	6,7	20,9	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,8
2007	0,0	13,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2
2008	26,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,2
2009	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3
2010	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0
2011	15,0	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0		77,5
2012	42,0	47,0	1,6		0,0								90,6
PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 35 AÑOS													28,6

TABLA XVIII

Registro histórico de precipitación en Mamiña, en la precordillera andina, 2730 m, 20°04'S-69°12'W. Datos de la Dirección General de Aguas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1986	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
1987	33,6	0,0	17,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	53,0
1988	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1989	0,0	19,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,1
1990	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,5
1991								0,0	0,0		0,0	0,0	0,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,7	22,7
1993	0,2	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	0,0	0,0	0,0	0,0	39,2
1994	2,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	5,1
1995	6,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0
1996	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,9	0,0	0,0	0,0	0,0	34,9
1997	33,8	0,0	32,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	65,8
1998	45,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,1
1999	0,0	47,0	30,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	77,3
2000	0,0	17,1	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,1
2001	10,8	28,8	33,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	72,6
2002	0,0	9,0	1,0	0,1	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	22,6
2003	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
2004	3,5	6,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,2
2005	10,8	22,0	3,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	53,3
2006	6,5	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	24,5
2007	5,0	4,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
2008	43,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	43,0
2009	9,5	1,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0
2010	0,0	0,0	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
2011	4,9	35,7	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		41,6
2012	33,2	38,4	4,1	2,4	0,0								78,1
PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 27 AÑOS													28,5

TABLA XIX

Registro histórico de precipitación en Colchane, en el altiplano andino, 3700 m, 19°16'S-68°38'W.
 Datos de la Dirección General de Aguas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1975												27,0	27,0
1976	95,0	33,0	13,5	0,0	0,0	0,0	0,0						141,5
1978	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	7,3
1979	158,9	1,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,3	172,9
1980	0,0	0,0	38,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	38,0
1981	61,0	81,9	20,0	13,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	175,9
1982	38,0	30,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	84,0
1983	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	7,0
1984	153,5			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	18,9	5,0	181,4
1985	19,0	90,5	13,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	28,0	50,6	209,1
1986	58,0	32,0	59,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,0	45,0	211,0
1987	99,0	32,0	3,5	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	9,0	0,0	0,0	146,5
1988	74,0	0,0	13,5	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	6,0	114,5
1989	8,0	16,0	23,0	35,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0
1990	32,0	12,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	36,0	86,0
1991	95,0	13,0	16,5	3,0		0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	6,0	0,0	138,5
1992		0,0	5,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		22,0	14,0	42,0
1993	58,0	1,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	4,7	86,7
1994	26,9	40,0	2,0	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0	119,9
1995	9,5	0,0	23,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	37,5
1996	26,0	24,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0						55,0
1997	37,7	88,0	16,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	9,0	0,0	2,0	0,0	159,7
1998	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	82,0
1999	28,0	128,0	75,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,9	242,9
2000	54,6	36,5	8,6	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	99,7
2001	114,1	107,7	93,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	17,8	333,5
2002	73,9	31,0	27,6	0,0	0,0	0,0	10,2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	145,2
2003	55,0	0,0	21,7	0,0	0,0	0,0	22,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,0	111,7
2004	47,5	44,0	9,0	0,0	0,0	0,0	12,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	113,0
2005	20,5	70,3	16,5	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,0	120,3
2006	124,0	56,9	20,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	202,3
2007	32,3	12,0	18,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	63,3
2008	71,5	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,3	73,5
2009	7,7	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	10,7
2010	6,0	31,0	5,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,0
2011	18,5	117,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		135,5
2012	88,5	74,9	35,7	30,8	0,0								229,9
PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 36 AÑOS													119,8

TABLA XX

Registro histórico de precipitación en Huaytani, en el altiplano andino, 3950 m, 20°00'S-68°34'W.
 Datos de la Dirección General de Aguas.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
1982									0,0	9,0	2,1	13,5	24,6
1983	0,0	2,5	3,5	0,0	0,0	1,5	0,0	0,0	12,5	2,5	0,0	12,0	34,5
1984	136,0	143,0	45,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	18,5	0,0	348,5
1985	9,0	52,5	2,5	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	18,5	33,5	147,0
1986	33,0	20,0	35,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	23,5	57,0	178,5
1987	85,5	30,0	0,0	15,0	0,0	7,5	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	153,0
1988	20,0	0,0	17,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	41,0
1989	18,0	18,5	40,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,6	0,0	89,1
1990	3,0	4,5	0,0	0,0	0,0	2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5
1991	76,5	3,0	49,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	9,5	138,0
1992	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	20,0
1993													
1994													
1995	3,0	5,0	7,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	7,5	28,5
1996	37,5	19,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	14,0	58,0	132,0
1997		144,5	70,0	19,0	4,0	0,0	0,0	17,0	21,0	0,0	2,0	1,0	278,5
1998	78,3	0,0	0,0	0,0	0,0	12,0	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	90,3
1999	28,0	157,0	112,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,6	317,6
2000	69,2	38,3	22,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	129,9
2001	176,0	164,0	133,0	4,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,8	492,8
2002	53,4	38,0	46,0	0,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	140,4
2003	19,0	7,0	18,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	44,0
2004	34,7	57,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	102,7
2005	0,0	0,0	3,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		4,0
2006	68,0	55,0		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	125,1
2007	25,4	13,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,0	3,5	66,9
2008	125,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,2	139,2
2009	2,0	2,7	6,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	18,0	30,8
2010	31,0	61,0	14,0	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	113,0
2011	83,0	196,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0		282,0
2012		98,0	63,0	16,0	0,0								177,0
PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 28 AÑOS													137,6