

CARTA: PL 84/2015

ANT.: Resolución Exenta N° 1/D-11-2015.

REF.: Expediente Sancionatorio D-11-2015

MAT.: 1. Presenta Programa de Cumplimiento respecto a cargos que indica. 2. Acompaña documentos. 3. Solicita reserva de información que indica. 4. Solicita desacumulación del procedimiento sancionatorio D-11-2015.

ADJ.: Anexo de Programa de Cumplimiento (en papel y digital).

Santiago, 14 de mayo de 2015

Sra.

Marie Claude Plumer Bodin

Jefa de División de Sanción y Cumplimiento

Superintendencia del Medio Ambiente

At. Fiscal instructor: Sr. Camila Martínez E.

FRANCISCO CHARLIN MONTERO, en representación de **Compañía Minera Nevada SpA** (en adelante e indistintamente, “CMN” o la “Compañía”), Titular del Proyecto Pascua Lama (en adelante, “El Proyecto”), ambos domiciliados en Avenida Ricardo Lyon N° 222, piso 8, Comuna de Providencia, Santiago, vengo a presentar programa de cumplimiento en proceso de sanción rol D-11-2015, en relación a los cargos números 1, 2, 3, 6, 8, 9 y 10, formulados en el resuelvo I de la Resolución Exenta N° 1/D-11-2015 (en adelante e indistintamente, “Formulación de Cargos” o “Res. Ex. N° 1”) de la Superintendencia del Medio Ambiente (en adelante, “SMA” o “Superintendencia”).

Este programa de cumplimiento se presenta en la oportunidad legal, de conformidad a lo señalado en el artículo 42 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, cuyo texto fue fijado por el

artículo 2º de la Ley N° 20.417 (en adelante, “LO-SMA”), y en el Reglamento sobre Programas de Cumplimiento, Autodenuncia y Planes de Reparación, aprobado por el Decreto Supremo N° 30/2012, del Ministerio de Medio Ambiente (en adelante, “el Reglamento”), en los términos que se exponen a continuación.

I.-

ANTECEDENTES DEL PROCESO DE SANCIÓN Y DE LA FORMULACIÓN DE CARGOS

El Proyecto Pascua Lama, calificado favorablemente con fecha 25 de abril de 2001, mediante Resolución Exenta N° 39 de la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama (en adelante, RCA N° 39/2001), consiste en la explotación a rajo abierto de un yacimiento de minerales de oro, plata y cobre ubicado en la comuna de Alto del Carmen, provincia del Huasco, Tercera Región de Atacama. El Proyecto “Modificaciones Proyecto Pascua Lama” fue calificado favorablemente mediante Resolución Exenta N° 24, de 15 de febrero de 2006, por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de Atacama (en adelante, RCA N° 24/2006).

Cabe hacer presente que, previamente mediante Resolución Exenta N° 477/2013, la Superintendencia, sancionó a CMN con 16.000 UTA a CMN, por la comisión de una serie de infracciones contempladas en la LO-SMA. A su vez, en el Resuelvo Segundo de dicha resolución ordenó la adopción de una serie de medidas urgentes y transitorias¹.

Sobre este punto se hace necesario señalar que la citada Resolución Exenta N° 477/2013 fue anulada mediante la sentencia definitiva de fecha 3 de marzo de 2014 pronunciada por el Segundo Tribunal Ambiental de Santiago en causa Rol R-006-2013 (salvo en lo que se refiere a las medidas urgentes y transitorias decretadas en el resuelvo segundo de la indicada sentencia), ordenando a esta Superintendencia, que en uso del ejercicio de la facultad establecida en el artículo 54 inciso 2º de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA), disponga la corrección de los vicios de

¹Las medidas urgentes y transitorias corresponden a las siguientes: (i) la paralización total de las actividades de la fase de construcción del proyecto, mientras no se ejecute el sistema de manejo de aguas en la forma prevista en la RCA N° 24/2006; (ii) construir transitoriamente las obras de captación, transporte y descarga al estanque de sedimentación norte, las cuales podrán operar exclusivamente durante el período necesario para implementar las obras definitivas que permitan cumplir cabalmente las condiciones establecidas en la RCA; y (iii) seguimiento de las variables ambientales, contempladas en su autorización de funcionamiento, estando facultado para construir todas las obras asociadas y necesarias para ejecutar el mismo.

procedimiento y la realización de las diligencias necesarias para enmendar las ilegalidades establecidas por el indicado Tribunal, para posteriormente dictar una nueva resolución conforme a derecho.

Producto de lo anterior, la SMA dictó la resolución N° 696 de fecha 22 de abril de 2015, que ordena la reapertura del proceso sancionatorio A-002-2013, encontrándose éste en actual tramitación y por tanto no existiendo impedimento legal alguno para la presentación del presente Programa de Cumplimiento.

En efecto, la Superintendencia llevó a cabo una serie de diligencias y actividades de fiscalización, durante los años 2013, 2014 y 2015, con objeto de verificar el cumplimiento de las medidas indicadas en el Resuelvo II de la Resolución Exenta N° 477, a su vez, dando cumplimiento a lo ordenado por la Ilustrísima Corte de Apelaciones de Copiapó en sentencia Rol N° 300-2012², así como también en atención a una serie de denuncias realizadas en contra de la Compañía, a las que hace referencia el considerando N° 7 de la formulación de cargos.

Entre otras, la SMA desarrolló las siguientes actividades de fiscalización, de las cuales da cuenta el considerando N° 8 de la Formulación de Cargos:

1. Con fecha 4 y 5 de diciembre de 2013, funcionarios de la SMA realizan una inspección ambiental en el área del Proyecto, dejando constancia en las respectivas Actas de Fiscalización Ambiental, recogidas en el Informe de Fiscalización "DFZ-2013-6912-111-RCA-IA".
2. Los días 27 y 28 de mayo, 2 y 3 de junio del 2014, funcionarios de la SMA, junto con funcionarios del SAG, la DGA, la Dirección de Vialidad, y el Consejo de Monumentos Nacionales (CMN), todos de la Región de Atacama, llevaron a cabo actividades inspección ambiental en el área del Proyecto. De dichas actividades de fiscalización se dejó constancia en las actas de inspección ambiental respectivas, de las cuales da cuenta el Informe de Fiscalización Ambiental "DFZ-2014-60-111-RCAIA-IA".
3. Personal del SAG, DGA, SERNAGEOMIN, todos de la Región de Atacama, realizaron actividades de examen y análisis de información, remitida por la Compañía a esta Superintendencia, durante los años 2013 y parte del año 2014. Los resultados de estos análisis constan en el Informe de Fiscalización Ambiental "DFZ DFZ-2014-2325-111-RCA-EI".
4. Nuevamente, con fecha 2 y 3 de diciembre de 2014, se llevaron a cabo una actividad de fiscalización ambiental en el área del Proyecto, de las cuales das cuenta las respectivas Actas de Inspección Ambiental, recogidas en el Informe de Fiscalización "DFZ-2014-2418- 111-RCA-IA".

² Como consta en la formulación de cargo, a través de dicha sentencia, la Corte resolvió mantener la paralización de la fase de construcción del proyecto minero Pascua Lama, hasta que se adopten todas las medidas contempladas en la RCA N° 24/2006, así como las medidas urgentes y transitorias que había decretado la SMA. A su vez, la Corte ordenó a la SMA implementar y ejecutar, a lo menos semestralmente, actividades de fiscalización al Proyecto.

En base a estos antecedentes, con fecha 22 de abril de 2015, mediante Res. Ex. N° 1/D-11-2015 se formularon cargos por supuestos incumplimientos a las normas, condiciones y medidas establecidas en las resoluciones de calificación ambiental (artículo 35 letra a) de la LO-SMA), estimando los siguientes hechos constitutivos de infracción:

1. *"Desde el inicio de la fase de construcción hasta la fecha, CMNSpA no ha construido la "Zona de Estacionamiento Temporal" en la ruta C-489, la cual se encuentra destinada a evitar molestias a las comunidades aledañas.*
2. *Desde el 28 de diciembre de 2012 a la fecha, CMNSpA no ha enviado a esta Superintendencia, reportes asociados al monitoreo freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5.*
3. *CMNSpA no ha presentado ante esta Institución, estudios completos y suficientes que den cuenta a cabalidad del cumplimiento de todos los objetivos contemplados en el estudio "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo", impidiendo entonces conocer a la autoridad si éstas están o no siendo efectivamente protegidas, ya que no se están monitoreando todos los componentes necesarios para ello.*
4. *Producto de la construcción de ciertas obras del proyecto minero Pascua Lama, tales como, caminos, campamento barriales, sistema de drenaje- ácido dueto, otras obras y áreas removidas, CMNSpA habría intervenido aproximadamente un total de 13,832 hectáreas de la especie Azorella Madrepórica por sobre lo autorizado en la RCA N° 24/2006, así como también habría intervenido un total de 2,16 hectáreas de vegas altoandinas por sobre lo autorizado en el mismo permiso ambiental.*
5. *Se han registrado niveles por sobre los límites determinados para el efluente de la planta de tratamiento de aguas ácidas de contacto, según lo establece la Resolución Exenta N° 746, de 17 de diciembre de 2014, de esta Superintendencia, en los siguientes términos a saber:*
 - 5.1. *Durante el control directo iniciado con fecha 16 de junio de 2014 y finalizado el día 17 de junio de aquel mismo año, al efluente de la planta de tratamiento de aguas ácidas de contacto, se registraron niveles por sobre los límites determinados para dicho efluente en los parámetros de plata total y sulfato, tal como se muestra en el siguiente recuadro:*

Parámetro	unidad	Descarga	ORD SEA	RES. EX 746/2014
Conductividad	µS/cm	2484	1303	-
Manganese	mg/L	4,84	0,36	18.23
Plata Total	mg/L	0,026	0,0012	< 0,002- 0,005

Sólidos disueltos totales	mg/L	1785	1063	-
Sulfatos	mg/L	2163	1184	1184/2000

5.2. De conformidad a los autocontroles realizados por CMNSpA, previo a la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas ácidas, se constató que:

- 5.2.1. Se sobre pasó el rango de pH en los días 23, 24, 25, 26, 30 y 31 de diciembre de 2014, así como también en los días 1, 6, 7, 8, 16, 17, 20 al 23, 29 y 30 de enero de 2015, en al menos una o más mediciones diarias.
- 5.2.2. Se superó el caudal máximo diario de descarga durante el período comprendido entre el 5 y el 9 de diciembre de 2014.
- 5.2.3. Se superó el parámetro Plata en el muestreo compuesto de fecha 25 de diciembre de 2014; el parámetro Coliforme Fecal en los muestreos compuestos de fecha 8 y 21 de enero de 2015; el parámetro Sulfato en los muestreos compuestos de fecha 16 y 21 de enero de 2015; y el parámetro Nitrato en todos los muestreos informados, es decir, 25 de diciembre de 2014, 8, 16, 21 y 29 de enero de 2015.

6. CMNSpA, ha incumplido sus compromisos asociados al Plan de Monitoreo Social, toda vez que:

- 6.1. Desde el mes de junio del año 2014, CMNSpA ha incumplido su obligación de realizar las sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental, en las que debían participar representantes de comunidades de Alto del Carmen, de Vallenar, así como también autoridades locales de las mismas, en conjunto con organismo del Estado y representantes de la empresa.
- 6.2. No ha realizado los programas continuos de Educación Ambiental, dirigido a los representantes de las organizaciones comunitarias que integren seguimiento, a fin de que comprendan los resultados de los monitoreos y los vinculen a la realidad de las localidades y grupos humanos que representan.

7. El CMNSpA ha cumplido parcialmente su compromiso de monitorear los glaciares y glaciaretos emplazados en el área de influencia del proyecto minero Pascua Lama, en los siguientes términos a saber:

7.1. Con respecto a albedo, CMNSpA ha incumplido su compromiso de:

- 7.1.1. Monitorear con una frecuencia diaria la totalidad de los glaciares y glaciaretos comprometidos, en los meses de diciembre 2012, enero, febrero, marzo, abril, mayo - septiembre y octubre, todos del año 2013.

- 7.1.2. De igual modo, el monitoreo de albedo y el registro del índice 3-x para la totalidad de glaciares comprometidos es incompleto en el período correspondiente a los meses de diciembre del año 2012, enero, febrero e invierno de 2013.
- 7.2. Los informes de Materia Particulado Sedimentable presentados por CMNSpA, presentan discontinuidad en los períodos de medición correspondientes al segundo semestre del año 2013 (entre los meses de junio y septiembre de 2013), lo cual se expresa en una ausencia de datos acumulados y consolidados que permitan evidenciar de forma clara y detallada la tendencia que han seguido las tasas de deposición en cada una de las estaciones de medición.
- 7.3. En lo que respecta a temperatura, CMNSpA no entrega los resultados de todos los glaciares comprometidos, para el período de marzo a julio de 2013, faltando los cuerpos de hielo denominados Toro 1, Toro 2, Esperanza y Ortigas 1, los cuales presentan una condición de fragilidad aún más crítica que los glaciares de mayor tamaño (Guanaco, Estrecho y Ortigas 1).
- 7.4. En lo que respecta a los estudios de permafrost, no ha realizado con los datos obtenidos, estudios que permitan evaluar en forma más adecuada el área de permafrost, la presencia de hielo y la importancia como recurso hídrico de la capa activa y el permafrost, así como los posibles efectos adversos desde la mina en los caudales producto de la alteración del permafrost y la capa activa.
- 7.5. Los promedios mostrados en las conclusiones del Informe de "Balance de Masa Combinado Año 2012-2013", tienden a minimizar los caudales de aporte, tanto de los glaciares como de los glaciaretos, no siendo entonces representativos del régimen efectivo de los aportes por derretimiento a la cuenca del río Huasco.
- 7.6. En lo que respecta al Plan Comunicacional, se advierte que:
- 7.6.1. En el "Informe Excedencia de Límites PMG 2014", CMNSpA no realizó en un análisis integral de la condición de todos los cuerpos de hielo ante un escenario de excedencia, realizando aquello sólo para un par de éstos (Esperanza y Guanaco), limitándose a un ejercicio investigativo orientado únicamente al estudio de las condiciones climáticas imperantes, sin incluir las posibles causas antrópicas.
- 7.6.2. De igual modo, en el Informe en comento, se advierte que para el período 2006-2014, CMNSpA alcanzó el límite 2, de superación de balance de masa superficial para el glaciar Estrecho, sin presentar información que analice tal evento
8. Las campañas del año 2013 y 2014 correspondientes a los monitoreos anuales de anfibios (*Rhinella atacamensis* (sapo de atacama), no se han realizado durante el horario de mayor actividad de estas especies (21:00-23:00 horas), careciendo entonces de representatividad, tal como consta en los Informes denominados: "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua Lama (2011-2013)" y; "Estudio Monitoreo y

Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014)".

9. *CMNSpA no realizó la captura de individuos de micromamíferos (roedores) durante la campaña correspondiente al año 2014, tal como consta en el Informe denominado "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014)".*
10. *Durante el año 2013, CMNSpA monitoreó a la especie Lama guanicoe (Guanaco), sólo en el período de Otoño de aquel año, incumpliendo su compromiso de monitorear en las temporadas de Primavera y Verano, tal se constata en el Informe Consolidado - Año 2013, denominado "Monitoreo de Guanacos Río del Estrecho - Quebrada Los Barriales".*

Los hechos 1, 2, 3, 5, 8, 9, 10 fueron clasificados como leves en atención al numeral 3 del artículo 36 de la LO-SMA, mientras que los hechos 6 y 7 fueron clasificados como graves en virtud de la letra e) del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA. Finalmente el hecho 4 fue calificado como una infracción gravísima de conformidad con la letra a) del numeral 1 del artículo 36 de la LO-SMA.

III.-

CUMPLIMIENTO DE LOS REQUISITOS DE OPORTUNIDAD, DE CONTENIDO Y CRITERIOS DE APROBACIÓN

De acuerdo a lo señalado en el artículo 42 de la LO-SMA, el programa de cumplimiento corresponde al "*plan de acciones y metas presentado por el infractor, para que dentro de un plazo fijado por la Superintendencia, los responsables cumplan satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique*".

Para que éste sea aprobado por la Superintendencia, el programa de cumplimiento debe cumplir con requisitos de oportunidad y de contenido, así como ajustarse a los criterios de aprobación que indica el Reglamento, cuyo cumplimiento se acredita a través de la entrega de información precisa, verídica y comprobable, según se pasa a exponer.

1. El programa de cumplimiento se presenta en la oportunidad legal.

De conformidad con lo dispuesto en el artículo 42 de la LO-SMA y el artículo 6 del Reglamento, el programa de cumplimiento se presenta dentro de plazo, considerando que:

- La Formulación de Cargos fue notificada según al inciso cuarto del artículo 46 de la Ley 19.880 con fecha 22 de abril de 2015.

- A través de la Res. Ex. N° 2/D-11-2015, la SMA concedió un plazo adicional de cinco días hábiles contados desde el vencimiento del plazo original contemplado en la Ley para la presentación del programa de cumplimiento.

2. Ausencia de impedimentos para presentar programa de cumplimiento.

El artículo 42 de la LO-SMA, como asimismo el artículo 6 del Reglamento contemplan los impedimentos para la presentación de un programa de cumplimiento, los cuales no concurren en el caso en especie, en atención a las siguientes circunstancias:

- CMN no se ha sometido a un programa de gradualidad respecto de estas u otras las infracciones imputadas.
- CMN no ha sido objeto con anterioridad de la aplicación de una sanción gravísima por parte de la SMA. En relación con este impedimento, cabe hacer presente que a través de la Sentencia dictada con fecha 3 de marzo de 2014, el Segundo Tribunal Ambiental decidió anular el Resuelvo I de la Resolución Exenta N° 477/2013 de la SMA, dejando de esta manera, sin efecto la multa de 16.000 UTA establecida por esta Superintendencia, por los incumplimiento de las normas, condiciones y medidas establecidas en la Resolución Exenta N° 24/2006, ordenándole dictar una nueva resolución conforme a derecho.
- Producto de lo anterior, la SMA dictó la resolución N° 696 de fecha 22 de abril de 2015, que ordena la reapertura del proceso sancionatorio A-002-2013, encontrándose éste en actual tramitación y por tanto no existiendo impedimento legal alguno para la presentación del presente Programa de Cumplimiento.
- CMN no ha presentado con anterioridad un programa de cumplimiento.

Este programa se refiere a los hechos estimados como constitutivos de infracción, señalados en el N° 1, 2, 3, 6, 8, 9 y 10 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos. Respecto de dichos hechos, CMN se reserva el derecho a presentar en subsidio los descargos en caso de ser rechazado este programa de cumplimiento, en la oportunidad procedural que corresponda de conformidad con el resuelvo IV de Formulación de Cargos.

Adicionalmente, y respecto de los restantes 3 cargos imputados en el presente proceso sancionatorio, se solicita a esta Superintendencia, de ser necesario, tener presente lo solicitado por esta parte en la cuarta petición del presente escrito, en orden a decretar la desacumulación de los cargos formulados en los

números 4, 5 y 7 del resuelvo I de la Res. Ex. N° 1, frente a los cuales esta parte ejercerá su derecho a presentar descargos en la oportunidad procesal correspondiente.

3. Cumplimiento de los requisitos del programa de cumplimiento.

Para dar cabal cumplimiento a los requisitos del programa de cumplimiento, se expone y acredita, sistematizadamente la información y antecedentes en que se funda esta presentación de acuerdo a lo dispuesto en el artículo 42 de la LO-SMA y el Reglamento. Los antecedentes presentados buscan dar cumplimiento a los criterios de aprobación del programa de cumplimiento a que se refiere el artículo 9° del Reglamento, esto es, integridad, eficacia y verificabilidad.

De esta manera, para este efecto de cumplir con los criterios de aprobación, los antecedentes de contenido del programa de cumplimiento que se presentan mediante este acto se refieren a:

- i. Descripción precisa, verídica y comprobable de los hechos, actos u omisiones que constituyen la infracción.
- ii. Descripción precisa, verídica y comprobable de los efectos negativos derivados de la infracción.
- iii. Plan de acciones y metas que se implementarán para cumplir satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique, incluyendo las medidas adoptadas para reducir o eliminar los efectos negativos derivados del incumplimiento.
- iv. Plan de seguimiento con el cronograma de las acciones y metas, indicadores de cumplimiento, e informe de cumplimiento.
- v. Información técnica y de costos estimados relativa al programa presentado.

3.1 Descripción precisa, verídica y comprobable de los hechos, actos u omisiones que constituyen la infracción.

A continuación se entrega la descripción de los hechos, actos u omisiones estimadas como infracción en la formulación de cargos.

3.1.1 Resuelvo I, hecho N° 1:

La formulación de cargos, estima que “desde el inicio de la fase de construcción hasta la fecha, CMNSpA no ha construido la “Zona de Estacionamiento Temporal” en la ruta C-489, la cual se encuentra destinada a evitar molestias a las comunidades aledañas”, constituyendo este hecho un incumplimiento a las condiciones, normas y medidas dispuestas en el Considerando 4.5.1 de la RCA 24/2006, el cual dispone que:

"Para disminuir al máximo posible las molestias que el paso del convoy pudiera eventualmente provocar a la Comunidad, se tiene contemplado generar algunos espacios físicos a un costado de la ruta principal, denominados "Zona de Estacionamiento Temporal" y así permitir el desplazamiento de los vehículos que circulen en sentido contrario al convoy".

Cabe hacer presente respecto a la formulación del cargo, que la fase de construcción del proyecto se inició en el mes de octubre de 2009, de modo que esta Superintendencia desde dicha fecha hasta el 28 de diciembre de 2012, carecía de facultades de fiscalización y sanción, por lo que este hecho escapa de la esfera de sus competencias.

Adicionalmente, hasta diciembre de 2012 se encontraba habilitado como estacionamiento temporal un terreno en el Km 22 de la Ruta C-489. Si bien, el contrato suscrito con el dueño del terreno no se renovó después de diciembre de 2012, la suspensión de esta medida responde al estado de paralización del Proyecto decretado por esta Superintendencia mediante la Resolución Exenta N°477 de 2013, teniendo en cuenta que en este contexto, el flujo de vehículos se encuentra sustantivamente disminuido.

Además, cabe hacer presente que como se ha indicado anteriormente a esta Superintendencia, en Carta PL 114/2014 la cual da respuesta al requerimiento de información formulado en la Resolución N° 625/2014 de la SMA, todo el transporte de carga que se dirige hacia y desde el área del Proyecto se realiza por la Ruta D-115 “Punta Colorada”, la que empalma con el tramo privado de la Ruta C-489, a la altura del kilómetro 80. Sólo en casos de contingencia se contempla la utilización de la Ruta C-495.

3.1.2 Resuelvo I, hecho N° 2.

La SMA estima que el hecho que *“desde el 28 de diciembre de 2012 a la fecha, CMNSpA no ha enviado a esta Superintendencia, reportes asociados al monitoreo freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5”* constituye una infracción a las siguientes condiciones o medidas establecidas en la RCA N° 24/2006 y en sus antecedentes de evaluación:

- Adenda 3, Sección 9.8:

"(…).En el sector de NE 5 existen pequeñas vegas que, según el modelo, se encuentran en la zona de reducción de la napa freática de la caja del Río. Se monitoreará el nivel freático dentro de algunas de estas vegas. Aun cuando no se esperan efectos sobre estas vegas, el monitoreo y protección de las vegas por el titular puede ser considerada una medida compensatoria".

- Considerando 5.1, literal i):

"Además, se realizará protección efectiva del total de vegas andinas existentes en el área del proyecto, incluyendo las vegas en las cuencas de Río Tres Quebradas y Potrerillos, un área de protección ambiental en la cuenca del Estero Barriales y la exclusión de pastoreo en los bofedales del área de operaciones del proyecto definitivo según lo requerido por el SAG bajo el Protocolo Específico del Proyecto Pascua Lama".

Este hecho, según indica el informe “DFZ-2013-6912-111-RCA-IA”, fue constatado exclusivamente en base a lo informado en el anexo B de la Carta PL 0113-/2013, a través de la cual CMN respondió el requerimiento de información formulado a través de la Resolución 419/2013 de la SMA, indicándose que en *“el año 2013 el Titular informa que no se ha entregado monitoreo del nivel freático de las vegas comprometidos en la exigencia señalada. Por otro lado, el Titular adjuntó Informe de Monitoreo de Nivel Freático Vega NE-5 de los meses de abril y octubre de 2012 (Anexo 1), período en el cual la SMA no cuenta con competencia para su fiscalización”.*

Cabe prevenir que la exigencia que se estima infringida no contempla ninguna obligación de reportabilidad a la autoridad, sino solo se deriva una obligación de monitoreo del nivel freático de los antecedentes de evaluación, respecto a la cual tampoco se señala su periodicidad. Aun cuando, se estimase aplicable a la época la Res. 844 (derogada por la Res. 223), la obligación de reportar surge solo si la RCA respectiva la establece.

Sin perjuicio de lo antes señalado, cabe hacer presente que el monitoreo del nivel freático de las vegas en NE-5, se ha continuado realizando hasta la fecha. De ello dan cuenta los informes de monitoreo del nivel freático en la Vega NE-5, que se acompañan en Anexo de esta presentación, correspondientes a las campañas de febrero y abril de 2013, y la de mayo de 2014, los cuales fueron debidamente entregados en su oportunidad a los auditores ambientales independientes que reportan a esta misma Superintendencia.

3.1.3 Resuelvo I, hecho N° 3:

La Superintendencia estima como constitutivo de infracción, el siguiente hecho: *“CMNSpA no ha presentado ante esta Institución, estudios completos y suficientes que den cuenta a cabalidad del cumplimiento de todos los objetivos contemplados en el estudio “Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo”, impidiendo entonces conocer a la autoridad si éstas están o no siendo efectivamente protegidas, ya que no se están monitoreando todos los componentes necesarios para ello”.*

Según la formulación de cargos, este hecho consistiría en un incumplimiento de las siguientes condiciones y medidas establecidas en la RCA N° 24/2006 y en sus antecedentes de evaluación:

- Considerando 3.42:

"(...). Las medidas comprometidas sobre los humedales corresponden a:
- (. .) Realizar estudios para la recuperación de la superficie de vegas o traslados de la superficie a afectar, dentro de los cuales se cuenta el proyecto denominado "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo". Para mayor detalle de la operatoria del Plan de Monitoreo de Humedales ver punto 7, letra e) de la presente RCA."
- Considerando 7.1 letra e):

"(...). Hacemos presente que en un Anexo de estas respuestas se incorpora el "Proyecto de Investigación" denominado "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales en el Proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo", el que busca evaluar los factores ambientales que regulan la formación y desarrollo de los bofedales andinos en el área del Proyecto. Esta investigación combina estudios de la distribución, composición y productividad de la vegetación, evaluación hidrogeológica, geoquímico, así como la historia reciente y pasada de los bofedales (...)"
- Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3:

"ANEXO. Proyecto de Investigación "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales en el Proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo"

Este proyecto de investigación tiene como objetivo principal evaluar los factores ambientales que regulan la formación y desarrollo de los bofedales andinos en el área del Proyecto minero Pascua - Lama. Se trata de un estudio multidisciplinario que combina: estudios de la distribución, composición y productividad de la vegetación, evaluación hidrogeológica, geoquímica y de la historia reciente y pasada de los bofedales.

Los objetivos específicos de este estudio son:

 - a) Establecer sitios experimentales bien instrumentados en bofedales representativos de la zona de Pascua Lama. Este acercamiento permitirá un monitoreo a largo plazo de las relaciones ecológicas, así como de las relación de las fuentes de agua y su geoquímica con el desarrollo de los bofedales.
 - b) Evaluar las principales fuentes de agua que alimentan los bofedales y su rol en el desarrollo y preservación de estos. Estas fuentes incluyen agua subterránea y superficial, las que pueden ser alimentadas por agua de precipitación (agua / nieve) y agua de deshielo de glaciares y permafrost. Esta información permitirá cuantificar la importancia relativa en la alimentación de bofedales del agua proveniente de un flujo regional asociado a la parte alta de la Cuenca que tiene un mayor aporte de los glaciares comparado con un flujo local de las cuencas más bajas en la zona de estudio.

c) Implementar el uso de indicadores ambientales, biológicos y geoquímicos, que son preservados en los sedimentos que forman parte del bofedal. Este objetivo se realiza a través de una evaluación de la estratigrafía del bofedal que da información sobre la naturaleza de los sedimentos, análisis de la composición química de los sedimentos incluyendo la determinación del contenido de carbono y nitrógeno y análisis de microfósiles de plantas. Esta información permitirá evaluar la historia del bofedal, las condiciones hidrológicas que hicieron posible la formación de bofedal y su relación con cambios climáticos pasados y actuales.

d) Evaluar la productividad primaria, que incluye acumulación de biomasa, fotosíntesis, transpiración y uso de eficiencia del agua y su relación con la cantidad y calidad de la fuente de agua del bofedal.

e) Complementar la línea base de funcionamiento de los bofedales que será usada para lo evaluación del posible impacto de actividad humano (actividad minero) y factores ambientales como cambio climático en el desarrollo y preservación de los bofedales.

Sitios de Estudios: Los bofedales seleccionados para el estudio incluye un bofedal que se usara como referencia localizado en la Cuenca del Río Tres Quebradas (UTM 391.920- 6.754.690), y dos en el valle del Río del Estrecho: el bofedal cercano al Campamento Barriales (UTM 396.350 - 6. 761.840) y un bofedal localizado al lodo de NE-2a (UTM 396.890- 6. 760.300), frente a las piscinas del sistema de tratamiento de aguas de contacto (...).

En relación a la constatación de este hecho, el Informe "DFZ-2014-60-111-RCAIA-IA" se refiere al Ord. SAG N° 579 de fecha 28 de julio de 2014 (acompañado en el Anexo 6 de este informe), en el cual consta el resultado del análisis realizado por el SAG de la Región de Atacama, de información contenida en el "Informe anual Vega, Flora y Vegetación" remitido por la Compañía. El informe contempla el siguiente resumen del Ord. del SAG:

"d.1. El Informe presentado por el Titular en cumplimiento al compromiso establecido en el considerando 7.1 letra e), corresponde a "Monitoreo y Actualización de Línea de Base de Recursos Bióticos Proyecto Pascua-Lama: Flora y Vegetación de Vegas", estudio en el cual se realizó la determinación de la diversidad y Composición de Especies, productividad de las vegas durante la temporada 2012-2013 (Biomasa), productividad histórica de las vegas y mediciones de intercambio de gases fotosintéticos, lo cual no es concordante con el estudio señalado en dicho considerando.

d.2. El Informe presentado por el Titular tiene como objetivo general "realizar un estudio de monitoreo y actualización de la línea de base de los recursos bióticos de la flora y vegetación del área de influencia del proyecto Pascua - Lama". Por tanto, el estudio realizado por el Titular no da cuenta del objetivo del compromiso establecidos en la RCA N° 24 del año 2006, cuya finalidad es

determinar la regulación que tienen los diferentes factores ambientales sobre el desarrollo de los bofedales impactados por el Proyecto "Ampliación Proyecto Pascua Lama". Además, a causa de las diferencias presentes en los objetivos generales de cada uno de los estudios, los objetivos específicos establecidos en el Informe no concuerdan con los del Proyecto de investigación.

d.3. La información proporcionada por el Titular no permite identificar si efectivamente fueron monitoreadas las Vegas ubicadas a un costado del Campamento Barrales y de la Estación NE-2A, ambas ubicadas en el área de influencia del Proyecto, ya que no existe georreferenciación de cada una de las vegas monitoreadas (seis), por tanto no es posible evidenciar el comportamiento histórico de estas vegas.

d.4. En cuanto al análisis de Productividad y Diversidad Vegetal durante la temporada 2011-2012 el Titular detectó que en cuatro de las seis vegas, la biomasa seca acumulada exclusión, resultó significativamente mayor en la situación excluida comparado con el control abierto a herbivoría. Las dos vegas que no presentaron diferencia significativa fueron Potrerillos y Tres Quebradas. Sin embargo, al no incluirse dentro del monitoreo las vegas cercanas al campamento Barrales y a la estación NE-2a, no es posible determinar si existen variaciones significativas entre la productividad de estas dos vegas con aquellas que no se encuentran en el área de influencia del Proyecto, lo cual fue comprometido por el titular como uno de los objetivos del Proyecto de Investigación.

d.5. En el análisis histórico de Productividad y Diversidad Vegetal, tres de las cuatro vegas estudiadas durante 12 años mostraron (sólo en condición de herbivoría libre) diferencias significativas entre años. La Vega Tres Quebradas en cambio no presenta esta diferencia. El Titular señala además que para las cuatro vegas se observa una tendencia a la disminución significativa en el promedio desde el año 2011 hasta el año 2013. Sin embargo, al no incluir en el Estudio presentado la evaluación de la composición isotópica del carbono y el cuociente C/N los cuales permitirían determinar la eficiencia en el uso del agua a corto y largo plazo, no es posible realizar un estudio ecofisiológico y aún más, al no realizar las actividades de Hidrogeología, Geoquímica, Estratigrafía y Paleoecología, no es posible observar en paralelo el comportamiento de estas variables y establecer una relación de éstas con el desarrollo de las vegas estudiadas, lo cual es el objetivo principal del Proyecto de Investigación comprometido por el Titular.

Se hace presente que CMN presentó ante la SMA con fecha 3 de febrero de 2014 el Informe de “Monitoreo y actualización de línea de base de recursos bióticos proyecto Pascua-Lama: flora y vegetación de vegas”, en el cual se informan los resultados de los trabajos de terreno y laboratorio de la temporada de crecimiento 2012-2013, acerca de la vegetación de las cuatro vegas que se han monitoreado desde el año 2002 (Pascua, Tres Quebradas, Potrerillo y La Vaca), y las dos vegas que se han muestreado desde el año 2012 en las quebradas del Calvario y Casa Blanca.

De igual modo, CMN ha presentado ante esta Superintendencia con fecha 29 de agosto de 2014 el Informe de “Monitoreo y actualización de línea de base de recursos bióticos proyecto Pascua-Lama: flora y vegetación de vegas”, en el cual se informan los resultados de los trabajos de la temporada de crecimiento 2013-2014.

Ahora bien, aun cuando estos informes han tenido por objeto desarrollar el contenido exigido en los Considerandos 3.42 y 7.1 letra e) de la RCA N° 24/2006, y en el Anexo de la Adenda N° 3, denominado *Proyecto de Investigación "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales en el Proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo"*, esto es: 1) Cuantificar y evaluar la productividad primaria de seis vegas para la temporada respectiva, 2) Cuantificar la diversidad y abundancia (en términos de biomasa) de las especies presentes en estas vegas, 3) Evaluar si existe efecto del forrajeo en la productividad y diversidad de la vegetación en tres vegas, y 4) Estimar las tasas de fotosíntesis y transpiración en las vegas estudiadas, la SMA, en base a la revisión del informe del año 2013 efectuada por el SAG de la Región de Atacama, estima que no se han presentado estudios completos y suficientes que den cuenta a cabalidad del cumplimiento de todos los objetivos contemplados en el estudio *"Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua – Lama*.

3.1.4 Resuelvo I, hecho N° 6:

La Formulación de Cargos indica que:

"6.1 Desde el mes de junio del año 2014, CMNSpA ha incumplido su obligación de realizar las sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental, en las que debían participar representantes de comunidades de Alto del Carmen, de Vallenar, así como también autoridades locales de las mismas, en conjunto con organismo del Estado y representantes de la empresa.

6.2 No ha realizado los programas continuos de Educación Ambiental, dirigido a los representantes de las organizaciones comunitarias que integren seguimiento, a fin de que comprendan los resultados de los monitoreos y los vinculen a la realidad de las localidades y grupos humanos que representan".

La SMA estima que lo anterior constituye un hecho infraccional, por corresponder a incumplimientos de los siguientes compromisos asociados al Plan de Monitoreo Social, establecidos en la RCA N°24/2006:

- Considerando 6.3: "(...)

En este marco, y con el objetivo de evaluar la efectividad de los compromisos propuestos y la eventual ocurrencia de impactos no previstos en el componente socio ambiental, el titular se ha comprometido a implementar un Plan de Monitoreo Social y a participar y promover el seguimiento que las distintas expresiones de la comunidad organizada hagan del proyecto en ejecución, en particular, respecto a las condiciones establecidas en la Resolución de Calificación Ambiental. Asimismo, el titular se ha comprometido a proporcionar la información y recursos necesarios para efectuar Auditorías Ambientales Independientes".

- Considerando 7, literal i):

"El Plan de Monitoreo Social, debe extenderse toda la vida útil del proyecto, de modo de poder hacer seguimiento a los cambios que éste pudiese suscitar en el medio humano. en el mediano alazo. No obstante se estima que los primeros cinco años serán determinantes para marcar tendencias en este ámbito y por ello seden ser considerados un hito, a partir del cual hacer una evaluación a fondo y una reformulación que permita perfeccionarlo en base a la experiencia e información recaudada.

Considerando la naturaleza del objeto de monitoreo; el medio humano, el Plan de Monitoreo debe ser participativo, para lo cual se creará una orgánica específica, integrada por representantes de todas las organizaciones comunitarias con personalidad jurídica de la Comuna de Alto del Carmen y Vallenar. Cada orgánica de seguimiento funcionará de modo autónomo a nivel comunal, pero con instancias establecidas de coordinación (semestral), a fin de potenciar y/o resolver aquellos temas de interés común. Cada organización deberá estar administrada por un comité de dos miembros de cada una las organizaciones comunitarias, los Municipios respectivos, la COREMA y CMN. Para potenciar el Plan de Monitoreo Participativo y la utilidad del mismo para la comunidad, se desarrollará un programa de Educación Ambiental dirigido a los representantes de las organizaciones comunitarias que integren la instancia de seguimiento, a fin de preparar a éstos para que comprendan los resultados de los monitoreos y los vinculen a la realidad de las localidades y grupos humanos que representan (...)".

- Resuelvo Segundo de la Resolución Exenta SMA N° 477:

"(...) adóptense las siguientes medidas urgentes y transitorias por el infractor Compañía Minera Nevada SpA:

Seguimiento de las variables ambientales. El titular deberá continuar con todo el seguimiento de las variables ambientales contemplado en su autorización de funcionamiento (RCA), y por ende, estará facultado para construir todas las obras asociadas y necesarias para ejecutar este seguimiento".

Cabe precisar respecto del cargo 6.1., que en el “Reporte Técnico Fiscalización del Componente Ambiental “Medio Humano” del Proyecto Pascua Lama Región de Atacama, Agosto de 2014”, correspondiente al Anexo 18 del Informe de Fiscalización DFZ-2014-60-III, se da cuenta de las actividades de Fiscalización Ambiental desarrolladas por el área temática “Medio Humano”, señalando al respecto que: “El titular no adjunta medios que permitan verificar la conformación del Comité de Seguimiento Ambiental ni la composición de dicho Comité (para verificar si incluye representantes de las Comunidades Indígenas Diaguitas de la región de Atacama), así como tampoco la realización de coordinaciones periódicas”.

Sin embargo, cabe manifestar que en Carta PL 0068/2015, a través de la cual se responde requerimiento de información formulado por esta Superintendencia en Resolución Exenta D.S.C. N° 171 de 2015, en adelante Carta PL 68, CMN en Anexo J acompañó antecedentes que dan cuenta del funcionamiento del Comité de Seguimiento Ambiental.

Ahora bien, cabe hacer presente que en consideración al estado de paralización del Proyecto, se acordó suspender el funcionamiento de este comité hasta la reanudación de la ejecución del Proyecto, acuerdo del que da cuenta el acta N°3/2013, que se acompañó en el anexo j.1) de carta PL 68, junto con la Carta PL 156/2013 a través de la cual se informa al SEA, región de Atacama, de dicha suspensión.

En tanto, sobre el cargo 6.2, el “Reporte Técnico Fiscalización del Componente Ambiental “Medio Humano” del Proyecto Pascua Lama Región de Atacama, Agosto de 2014”, correspondiente al Anexo 18 del Informe de Fiscalización DFZ-2014-60-III, da cuenta de las actividades de Fiscalización Ambiental desarrolladas por el área temática “Medio Humano”, señalando al respecto que: “El titular no adjunta medios que permitan verificar la implementación de un programa de educación ambiental a los representantes de organizaciones sociales que integren el Comité de Seguimiento Ambiental”.

Sin embargo, cabe manifestar que en Carta PL 68, CMN en Anexo J.6, hizo entrega de antecedentes con el objeto de acreditar la implementación de un Programa de Educación Ambiental dirigido a los representantes de las organizaciones sociales.

En dicho marco, se dio cuenta que CMN cuenta con un programa de educación ambiental, con un contenido específico y que a la fecha conforme al mismo se han llevado a cabo las siguientes sesiones de capacitación dirigidas a los miembros del comité, las que fueron realizadas por la Consultora Tierra del Sol durante los años 2010 y 2011. Además, en las sesiones del año 2013³, personal y los asesores externos de CMN realizaron exposiciones por sobre el Programa de Monitoreo de Glaciares, dando cuenta del estado de los mismos. Cabe también destacar que, en otras sesiones asistieron autoridades ambientales y sectoriales

³ Copias de estas actas se acompañan como Anexo j.5) de esa presentación.

dando cuenta de sus procedimientos y del estado del Proyecto. A modo de ejemplo, a la sesión celebrada con fecha 2 de noviembre de 2010 asistió personal de la DGA.

De conformidad a lo señalado en la RCA, se estima que el compromiso de implementar un Programa de Educación Ambiental dirigido a los representantes de las organizaciones comunitarias que integran la instancia de seguimiento, no constituye una obligación de carácter permanente como lo indica el respectivo cargo, sino que se agota conforme a los requerimientos impuestos en el programa.

3.1.5 Resuelvo I, hecho N° 8:

La Formulación de Cargos indica que:

*Las campañas del año 2013 y 2014 correspondientes a los monitoreos anuales de anfibios (*Rhinella atacamensis* (sapo de atacama), no se han realizado durante el horario de mayor actividad de estas especies (21:00-23:00 horas), careciendo entonces de representatividad, tal como consta en los Informes denominados: "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua Lama (2011-2013)" y; "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014)".*

La SMA estima que lo anterior constituye un hecho infraccional, por corresponder a incumplimientos de los siguientes compromisos asociados a la RCA N° 24/2006:

- Considerando 3.82:
"Asimismo, el titular ha propuesto monitoreos de (...) fauna, (...), los cuales tendrán una frecuencia anual (...)."
- Respuesta 6.3 de la Adenda N°2:
*"Los especies (...) *Bufo atacamensis* (Sapo de Atacama), fueron informados en el Estudio de Impacto Ambiental, a partir de los trabajos de terreno realizados en la época estival de los años 2002, 2003 y 2004. (...).*
(...).

En relación al Plan de Monitoreo de estas especies, se propone:

- 1) *Continuar con los monitoreos estivales una vez al año, entre diciembre y marzo, en los sectores señalados en la Lámina 4 "Sitios de Muestreo de Fauna". (...)*
- 2) *Mantener los monitoreos por 5 años, de modo tal que al final del período se evalúe la continuidad del programa. El monitoreo permitiría además de pesquisar a las dos especies señaladas, realizar un seguimiento de otras especies, ya avistadas en las campañas anteriores, u otras adicionales que se pudiesen observar, lo que será reportado a través de un informe anual.*

- 3) (...) La prospección de las especies incluye avistamientos, capturas y/o registros fotográficos.*
- 4) La metodología para la observación de anfibios consistirá en realizar un recorrido pedestre de 3 transectos de entre 100 a 150 metros de largo, (...)*
- Las prospecciones se llevaran a cabo mediante avistamientos, capturas y/o registros fotográficas.*
- (...)”.*

Al respecto en el Informe de Fiscalización DFZ-2014-2325-III-RCA-El, se da cuenta del examen de información de los antecedentes reportados por el titular, efectuado por el SAG de la Región de Atacama, a través de los ORD. N° 349 de fecha 28-04-2014 (Anexo 10) y ORD. N° 532 de fecha 10-07-2014 (Anexo 11), organismo que a su vez indicó lo siguiente: "En relación con el monitoreo de anfibios (*Rhinella atacamensis* (sapo de atacama)), se constató que en las campañas del 2013 y 2014 no se están realizando durante el horario de mayor actividad de estas especies (21:00-23:00 horas), ante ello el Titular señaló en el Informe que "cabe mencionar que desde el 2005 a la fecha, la prospección para esta especie se ha realizado sólo durante los períodos diurnos, cuyos registros han sido extremadamente bajos, siendo obtenidos sólo por remoción de rocas. Por razones de seguridad la Empresa Barrick impide permanecer en dichas áreas de estudio en horarios posteriores a las 18:00 horas".

Cabe tener presente que la formulación del cargo no corresponde a una desviación del contenido de la RCA, sino a una disconformidad con los criterios establecidos por el SAG, y en dicho sentido escapa al ámbito de las competencias de fiscalización y sanción de esta Superintendencia, al no especificarse una metodología para realizar este monitoreo, que incluya la definición del horario, ni en la RCA, como tampoco en los antecedentes de evaluación.

Tal como se hizo presente en los Estudios de Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua Lama, entregados a esta autoridad, si bien el año 2013 se realizó una prospección nocturna de anfibios, esta no fue posible realizarla durante el año 2014 en ese horario, dado que la compañía consideró como medida de seguridad impedir que su personal permanezca en el exterior para evitar su exposición a condiciones climáticas extremas que se presentan en el área del proyecto.

3.1.6 Resuelvo I, hecho N° 9:

La Formulación de Cargos indica que:

CMNSpA no realizó la captura de individuos de micromamíferos (roedores) durante la campaña correspondiente al año 2014, tal como consta en el Informe denominado "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014)".

La SMA estima que lo anterior constituye un hecho infraccional, por corresponder a incumplimientos de los siguientes compromisos asociados a la RCA N° 24/2006:

- Considerando 7.1.literal f):

"Monitoreo de Fauna: Se realizará la captura de micromamíferos (roedores) con trampas Sherman durante la noche, sin que provoque daño a los ejemplares. Los animales capturados, son pesados y sexados en terreno a primera hora de la mañana, e inmediatamente liberados. Se trata de un método usual de muestreo, fundamental para el monitoreo de la fauna de micromamíferos. Se aclara que las especies de micromamíferos (roedores) presentes en el área de estudio, y que serían objeto de este método de captura para muestreo, no tienen problemas de conservación."

Tal como se señalase en el Informe de Fiscalización DFZ-2014-2325-III-RCA-El, que da cuenta del examen de información de los antecedentes reportados por el titular, efectuado por el SAG de la Región de Atacama, a través del ORD. N° 532 de 2014, la compañía no realizó captura de individuos durante la campaña correspondiente al año 2014, debido a las extremas temperaturas que caracterizan el sector, las cuales ponen en riesgo de muerte por hipertermia y/o hipotermia a los individuos capturados, optándose por no realizar trámpeo de micromamíferos durante dicho período de estudio.

De todas formas, como bien da cuenta el ORD. N° 532 de 2014 del SAG de la Región de Atacama, durante dicho período se verificó la presencia de esta especie en el área de estudio, a través de avistamientos directos e indirectos, como por ejemplo a través de la identificación de huellas y fecas en el recorrido de los transectos.

3.1.7 Resuelvo I, hecho N° 10:

La Formulación de Cargos indica que:

*Durante el año 2013, CMNSpA monitoreó a la especie *Lama guanicoe* (Guanaco), sólo en el período de Otoño de aquel año, incumpliendo su compromiso de monitorear en las temporadas de Primavera y Verano, tal se constata en el Informe Consolidado - Año 2013, denominado "Monitoreo de Guanacos Río del Estrecho - Quebrada Los Barriales.*

La SMA estima que lo anterior constituye un hecho infraccional, por corresponder a incumplimientos de los siguientes compromisos asociados a la RCA N° 39/2001:

- Considerando 4.2.4 RCA 39/2001:

"(...). Además, el Proyecto considera monitorear las poblaciones de guanacos y sus hábitats existentes cerca del área de la mina, con el propósito de verificar que las operaciones mineras no afecten significativamente el medio biótico."

- Considerando 4.3.19 RCA 39/2001:

"Plan de Seguimiento Ambiental (...) Fauna: El monitoreo de fauna está orientado a verificar que las obras y actividades del Proyecto Pascua-Lama no causen alteraciones relevantes en las poblaciones de guanacos existentes en la zona, y en los hábitats utilizados por esta especie. Las áreas en las que se ha considerado efectuar el monitoreo corresponden a la parte alta de la cuenca del Río del Estrecho, desde la confluencia del Río del Estrecho con la Quebrada Barriales, hasta el límite altitudinal de distribución local de esta especie (aproximadamente 4.250 m.s.n.m.); y la cuenca del Río El Toro, desde la confluencia del Río El Toro con el Río de las Tres Quebradas, hasta el límite altitudinal de distribución local de esta especie (aproximadamente 4.250 m.s.n.m.)".

Al respecto tal como se indicase en el Informe de Fiscalización DFZ-2014-2325-III-RCA-EI, que da cuenta del examen de información de los antecedentes reportados por el titular, efectuado por el SAG de la Región de Atacama, a través de los ORD. N° 349 de fecha 28-04-2014, ORD. N° 531 de fecha 10-07-2014 (Anexo 112) y ORD. N° 532 de fecha 10-07-2014, para la estación otoño de 2013 no se cuenta con información, debido a las precipitaciones nivales que impidieron el acceso al área de estudio.

3.2 Descripción precisa, verídica y comprobable de los efectos negativos derivados de la infracción.

Constituye uno de los requisitos para la aprobación de un Programa de Cumplimiento, que éste contenga en detalle los efectos que la infracción produjo en los distintos elementos del medio ambiente, acompañando los antecedentes para acreditarlos.

Los hechos infraccionales 1, 2, 3, 8, 9 y 10 fueron calificados como leves en atención al numeral 3 del artículo 36 de la LO-SMA, que prescribe que son infracciones leves, los hechos, actos u omisiones que contravengan cualquier precepto o medida obligatorios y que no constituyan infracción gravísima o grave, de acuerdo con lo previsto en los números anteriores, los cuales como bien consta en los antecedentes de

fiscalización, no han producido riesgo en la salud de la población o en otros componentes ambientales, por lo que no es aplicable este requisito.

El hecho infraccional 6 fue calificado como grave en atención al literal e), del numeral 2 del artículo 36 de la LO-SMA, que prescribe que son infracciones graves los hechos, actos u omisiones que contravengan las disposiciones pertinentes y que alternativamente, incumplan gravemente las medidas para eliminar o minimizar los efectos adversos de un proyecto o actividad, de acuerdo a lo previsto en la respectiva Resolución de Calificación Ambiental. Al respecto cabe señalar que la infracción en comento posee una baja lesividad, en atención a que se está en presencia de obligaciones relativas al seguimiento del proyecto establecidas en la RCA, y no a medidas, ya sea de carácter compensatorio, mitigación o reparación que hayan estado particularmente determinadas en la RCA para hacerse cargo de efectos o riesgos identificados en la evaluación de impacto ambiental.

3.3 Plan de Acciones y Metas

Este apartado da cuenta del plan de acciones y metas que se implementará para cumplir satisfactoriamente con la normativa ambiental que se indique.

3.3.1 Acciones y Medidas

3.3.1.1 Objetivo General N° 1: Contar con una zona de estacionamiento temporal conforme al considerando 4.5.1. de la RCA N° 24/2006.

El primer objetivo general de este programa busca dar cumplimiento al considerando 4.5.1. de la RCA N° 24/2006, el cual dispone que *"para disminuir al máximo posible las molestias que el paso del convoy pudiera eventualmente provocar a la Comunidad, se tiene contemplado generar algunos espacios físicos a un costado de la ruta principal, denominados "Zona de Estacionamiento Temporal" y así permitir el desplazamiento de los vehículos que circulen en sentido contrario al convoy"*.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Contar con una zona de estacionamiento temporal en ruta C-489.

Con el objeto de contar con una Zona de Estacionamiento Temporal en la Ruta C-489, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Suscribir contrato que permita habilitar y utilizar terreno para zona de estacionamiento temporal.

Esta acción consiste en suscribir un contrato que permita habilitar y utilizar un terreno ubicado en la ruta C-489 como Zona de Estacionamiento Temporal.

Esta acción se encuentra ejecutada, dado que el contrato se suscribió con fecha 4 de mayo del presente. Para efectos de acreditar esta acción se acompaña copia del contrato en Anexo de esta presentación.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1 al suscribir el contrato.

Acción N° 2: Habilitación de terreno para utilizarlo como zona de estacionamiento temporal.

La habilitación del terreno para utilizarlo como zona de estacionamiento temporal conlleva la limpieza del lugar, la construcción de accesos y la instalación de señalética.

La ejecución de esta acción se llevará a cabo dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que apruebe el presente programa de cumplimiento. Para estos efectos se contratará a la empresa Bioseptic, quien desarrollará la actividad conforme al alcance de la propuesta técnica de limpieza que se acompaña en Anexo de esta presentación.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1 al habilitar el terreno como estacionamiento temporal.

La ejecución de esta acción se acreditará en el respectivo informe trimestral del presente programa de cumplimiento, el cual incluirá un registro fotográfico, órdenes de servicio y facturas.

El supuesto de cumplimiento de esta acción está dado por la previa suscripción del contrato que permite habilitar y utilizar el terreno como zona de estacionamiento temporal.

3.3.1.2 Objetivo General N° 2: Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los niveles freáticos de vegas emplazadas en el punto NE-5, monitoreados conforme a lo exigido por el Considerando 5.1. literal i) de la RCA y el Adenda 3, sección 9.8

El segundo objetivo general de este programa consiste en reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los niveles freáticos de las vegas emplazadas en el punto NE-5, que son monitoreados en cumplimiento de lo dispuesto en el Considerando 5.1. literal i) de la RCA N° 24/2006 y en el Adenda N° 3, sección 9.8.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente el monitoreo de los niveles freáticos de las vegas emplazadas en el punto NE-5, desde 2012 a 2015.

Con el objeto de reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los niveles freáticos de las vegas emplazadas en el punto NE-5, monitoreados conforme a lo dispuesto en el Considerando 5.1. literal i) de la RCA N° 24/2006 y en el Adenda N° 3, sección 9.8., se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los monitoreos de niveles freáticos realizados en las vegas emplazadas en el punto NE-5, campañas de otoño 2012 a otoño de 2014.

En atención al periodo de tiempo que abarca la acción, esta se encuentra ejecutada, como bien se da cuenta al acompañar en Anexo de esta presentación, los informes de monitoreo del nivel freático en las vegas emplazadas en el punto NE-5, correspondientes a las campañas de otoño y primavera de 2012, otoño 2013 y otoño 2014.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1 al reportar a esta Superintendencia, los monitoreos del nivel freático realizados en las vegas emplazadas en el punto NE-5, campañas de otoño 2012 a otoño de 2014.

Acción N° 2: Reportar los resultados de la campaña del periodo 2014 a 2015, del monitoreo de nivel freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5.

La medición del nivel freático en el sector de NE-5 se realiza en forma continua, mediante cuatro piezómetros instalados en el pozo conectados a un dispositivo de almacenamiento de datos continuo (datalogger). Esta forma de monitoreo garantiza la calidad de los datos con independencia de la periodicidad de su descarga.

De este modo, y en consideración a que ni la RCA, ni el expediente de evaluación ambiental establecen la obligatoriedad y periodicidad del reporte del monitoreo, los datos del periodo 2014 a 2015 serán entregados a esta Superintendencia dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al reportar ante esta Superintendencia, los resultados de monitoreo de los niveles freáticos en el sector de NE-5, del periodo 2014 a 2015.

Esta acción se acreditará en el respectivo informe trimestral del programa de cumplimiento, que incluirá el informe de monitoreo y la copia del comprobante de ingreso del informe en cuestión en el Sistema de Seguimiento Ambiental de esta Superintendencia.

3.3.1.3 Objetivo General N° 3: Contar con estudio de dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del Proyecto Pascua Lama conforme a lo exigido en los considerandos 3.42 y 7.1. letra e) de la RCA N° 24/2006 y Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3 EIA Modificaciones Proyecto Pascua-Lama.

Conforme a lo exigido en los considerandos 3.42 y 7.1. letra e) de la RCA N° 24/2006, y en el Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3, el objetivo general del “Estudio de dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del Proyecto Pascua Lama: implicaciones para su manejo”, es evaluar los factores ambientales que regulan la formación y desarrollo de los bofedales andinos del área del proyecto minero, correspondientes a las vegas: Pascua (UTM 396.350 – 6.761.840), NE-2A (UTM 396.890 – 6.760.300) y Tres Quebradas (UTM 391.789 – 6.754.416). Las primeras se encuentran ubicadas en el valle de la cuenca del Río Del Estrecho, en las cercanías del Campamento Barrales, en tanto que la última, se localiza en la cuenca del río de Las Tres Quebradas, constituyendo ésta el sistema de referencia.

Siendo los objetivos específicos de este estudio los siguientes:

- a) Establecer sitios experimentales bien instrumentados en bofedales representativos de la zona de Pascua Lama. Este acercamiento permitirá un monitoreo a largo plazo de las relaciones ecológicas, así como de las relación de las fuentes de agua y su geoquímica con el desarrollo de los bofedales.
- b) Evaluar las principales fuentes de agua que alimentan los bofedales y su rol en el desarrollo y preservación de estos. Estas fuentes incluyen agua subterránea y superficial, las que pueden ser alimentadas por agua de precipitación (agua/nieve) y agua de deshielo de glaciares y permafrost. Esta información permitirá cuantificar la importancia relativa en la alimentación de bofedales del agua proveniente de un flujo regional asociado a la parte alta de la Cuenca que tiene un mayor aporte de los glaciares comparado con un flujo local de las cuencas más bajas en la zona de estudio.
- c) Implementar el uso de indicadores ambientales, biológicos y geoquímicos, que son preservados en los sedimentos que forman parte del bofedal. Este objetivo se realiza a través de una evaluación de la estratigrafía del bofedal que da información sobre la naturaleza de los sedimentos, análisis de la composición química de los sedimentos incluyendo la determinación del contenido de carbono y nitrógeno y análisis de microfósiles de plantas. Esta información permitirá evaluar la historia del bofedal, las condiciones hidrológicas que hicieron posible la formación de bofedal y su relación con cambios climáticos pasados y actuales.
- d) Evaluar la productividad primaria, que incluye acumulación de biomasa, fotosíntesis, transpiración y uso de eficiencia del agua y su relación con la cantidad y calidad de la fuente de agua del bofedal.

e) Complementar la línea base de funcionamiento de los bofedales que será usada para lo evaluación del posible impacto de actividad humano (actividad minero) y factores ambientales como cambio climático en el desarrollo y preservación de los bofedales.

Se hace presente que la Compañía ha desarrollado algunos de dichos objetivos. Ello consta en los Informes de “Monitoreo y actualización de línea de base de recursos bióticos proyecto Pascua-Lama: flora y vegetación de vegas”, correspondientes a las temporadas de crecimiento 2012-2013 y 2013-2014, los cuales incluyen estudios de productividad (en términos de biomasa), uso eficiente del agua (relación entre la tasa de fotosíntesis máxima/tasa de transpiración) y estructura comunitaria de la vegetación, en las vegas Pascua y Tres Quebradas. Estos informes fueron elaborados por el Departamento de Biología de la Universidad de la Serena, y cuyo reporte a esta Superintendencia consta en los comprobantes que se acompañan junto a los informes en comento en Anexo de esta presentación.

Asimismo, entre los años 2007-2009, se llevó a cabo un Estudio Hidrobiológico, que contempló el estudio de las principales características taxonómicas y ecológicas de las comunidades de macroinvertebrados, en diferentes sectores de los ríos Del Estrecho, Chollay, El Toro, Tres Quebradas, Potrerillos y Del Carmen, y que se acompañan en Anexo de esta presentación.

En dicho marco, el tercer objetivo general de este programa de cumplimiento, persigue complementar los estudios realizados, de conformidad al plan de trabajo establecido en el Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3, y así obtener los siguientes resultados esperados:

1. Realización de actividades para evaluar la diversidad y ecofisiología Vegetal.
2. Evaluación de la estratigrafía y paleoecología de los sitios de estudio.
3. Realización de actividades para evaluar la geoquímica de aguas subterráneas y superficiales.
4. Realización de actividades para evaluar la hidrogeología de los sitios de estudio.
5. Realización de actividades para complementar estudio hidrobiológico para determinar las comunidades bentónicas asociadas a los bofedales.

Dentro de las acciones comprometidas para obtener el resultado esperado N° 2, se encuentra la entrega de los resultados finales de la evaluación de estratigrafía y paleoecología. Respecto a los resultados esperados N° 1, 3, 4 y 5, estos no involucran la entrega de resultados finales de los análisis respectivos, en atención a que el desarrollo de estos presentan un periodo de tiempo superior a aquel estimado para la ejecución del presente programa de cumplimiento, por lo cual se comprometen acciones necesarias, tendientes a obtener dichos resultados.

Finalmente, se hace presente que la consultora contratada para dichos efectos corresponde a Consultoría Ambiental y Comunitaria Bioma Consultores Ltda., según consta de órdenes de cambio asociadas al contrato de servicio que se acompaña en Anexo de esta presentación y su respectiva Orden de Cambio N° 2 que da cuenta de estos trabajos.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Realización de actividades para evaluar la diversidad y ecofisiología Vegetal.

Para efectos de contar con una evaluación de la diversidad y ecofisiología vegetal en todas las vegas comprometidas, se completarán y enriquecerán los estudios de productividad y diversidad de la vegetación (composición florística y abundancia de especies) de los bofedales en estudio, mediante la integración de la vega NE-2A al proyecto, estableciendo en su interior un mínimo de tres parcelas homogéneas de 4 x 4 m representativas de los diferentes hábitats en el área y la instalación de jaulas de exclusión de herbívoros mayores, tal como aquellas con que ya cuentan las vegas Pascua y Tres Quebradas.

En consideración a que los sistemas de bofedales presentan un corto periodo de desarrollo, acotada a la estación de verano (Squeo et al, 2006), donde la disponibilidad del agua controla aspectos como la productividad primaria (Convención de Ramsar y Grupo de Contacto EHAA, 2008), presentando el mes de Marzo el menor déficit hídrico para estos sistemas (Ahumada, M. y Faúndez, L., 2009), es en dicho periodo en cual se realizarán, en las tres vegas en estudio, las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Estimar las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua.

Esta acción consiste en la medición instrumental a través de una cámara de flujo cerrado que estima la tasa de fotosintética a través de la diferencias de CO₂. Por su parte, el uso eficiente del agua se determina a través del cuociente entre la tasa de fotosíntesis máxima y la tasa de transpiración máxima.

Las mediciones se realizarán en época estival del año 2016 (enero-marzo).

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1 al estimar las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua, en época estival del año 2016 (enero-marzo).

Se entregará un reporte de las actividades desarrolladas en el informe trimestral respectivo, en tanto que los datos obtenidos de las mediciones de las tasas de fotosíntesis, transpiración y del uso eficiente del agua, se entregarán en el informe final del programa de cumplimiento.

Acción N° 2: Tomar muestra de tejido vegetal en los sitios de estudio y envío a laboratorio para determinar concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno.

Esta acción consiste en la toma de muestra de tejido vegetal y posterior envío para su análisis a un laboratorio certificado, con el objeto de determinar la relación de los parámetros de Carbono y Nitrógeno, que se presenta en el tejido vegetal.

La toma de muestra se realizará en época estival del año 2016 (enero-marzo) y tan pronto se obtengan las muestras éstas se enviarán al laboratorio para su análisis.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al tomar muestras de tejido vegetal en los sitios de estudio en época estival del año 2016 (enero-marzo) y enviarlas a laboratorio para determinar la concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno,

De la toma de muestra y envío de las mismas, se dará cuenta en el informe trimestral respectivo mediante reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.

Acción N° 3: Toma de muestra vegetales y envío a laboratorio para cuantificar diversidad y abundancia en términos de biomasa.

La biomasa es un indicador de la productividad, corresponde al producto de la actividad fotosintética y eficiencia del uso del agua, siendo determinada en términos de materia seca producida.

Para la medición de la biomasa, se realizará una toma de muestras vegetales en época estival del año 2016 (enero-marzo), las cuales tan pronto sean obtenidas serán enviadas a un laboratorio para separar e identificar⁴ las especies presentes en la muestra. La determinación de peso seco se realizará mediante el secado de las muestras que serán pesadas para análisis

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1 al tomar las muestras vegetales en época estival del año 2016 (enero-marzo), y estas sean enviadas a un laboratorio.

De la toma de muestra y envío de las mismas, se dará cuenta en el informe trimestral respectivo mediante reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.

Resultado Esperado N° 2 acciones y metas: Evaluación de la estratigrafía y paleoecología de los sitios de estudio.

⁴ La identificación de las especies se realizará con claves taxonómicas (en el caso de estar disponibles), monografías y revisiones. La nomenclatura de las especies seguirá lo establecido por Zuloaga et al. (2008), Catálogo de las plantas vasculares del cono sur (Argentina, southern Brazil, Chile, Paraguay y Uruguay) (2008). Zuloaga F, O Morrone & M Belgrano (eds), C Marticorena & E Marchesi (assoc. eds), Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden 107, 3 volumes.

Con el objeto de estudiar la estratigrafía y paleoecología de los sitios en estudio, se llevarán a cabo las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Realización de dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, que permitan construir la estratigrafía de cada bofedal.

Esta acción consiste en la realización de dos campañas de recolección. La primera fue ejecutada durante el mes de abril de 2015, y la segunda se llevará cabo en junio del mismo año.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, durante el mes de abril de 2015 y junio de 2015.

El reporte de las actividades de la primera campaña se acompañará en el primer informe trimestral de este programa, en tanto que las actividades de la segunda campaña se reportarán en el informe trimestral respectivo.

Acción N° 2: Análisis físico químico de los testigos colectados.

Se realizará un análisis de laboratorio de los testigos de sedimento obtenidos en las dos campañas anteriores, para su caracterización física y química, mediante análisis de densidad, contenido de materia orgánica y cuociente Carbono/Nitrógeno.

Esta acción requiere a lo menos un periodo de ocho meses, de modo que se ejecutará desde julio de 2015 hasta marzo de 2016.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al realizar el análisis de laboratorio de los testigos de sedimento obtenidos en las dos campañas antes descritas, para su caracterización física y química, desde julio de 2015 hasta marzo de 2016.

En el respectivo informe trimestral se acompañará el certificado de envío de las muestras para su análisis. El informe de resultado de dicho análisis se acompañará en el Informe Final del Programa de Cumplimiento.

Acción N° 3: Análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados.

En laboratorio se obtendrán alícuotas de los testigos sedimentos, que serán usadas para análisis de microfósiles de plantas, esporas y para datación de Carbono-14, y así poder determinar la edad de los sedimentos.

Esta acción requiere a lo menos un periodo de ocho meses, de modo que se ejecutará desde julio de 2015 hasta marzo de 2016.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al realizar el análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados.

En el respectivo informe trimestral se acompañará el certificado de envío de las muestras para su análisis. El informe de resultado de dicho análisis se acompañará en el Informe Final del Programa de Cumplimiento.

Resultado Esperado N° 3 acciones y metas: Realización de actividades para evaluar la geoquímica de aguas subterráneas y superficiales.

Con el objeto de realizar actividades para evaluar la geoquímica de las aguas subterráneas y superficiales, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Instalación de pozos de monitoreo.

Esta acción consiste en la instalación de pozos para realizar monitoreo de aguas subterráneas, cuya ubicación se definirá de acuerdo a una estimación a priori de la procedencia del acuífero, con el fin de evitar interferir desde aguas arriba.

Esta acción se llevará a cabo dentro de los dos primeros meses contados desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento, dándose cuenta de su implementación en el informe trimestral respectivo mediante reporte de actividades.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al instalar los pozos de monitoreo de aguas

Acción N°2. Realización de dos campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas.

Las muestras de aguas subterráneas se colectaran en la instrumentación instalada para la evaluación hidrogeológica del bofedal, en tanto que las de agua superficial se colectarán en los principales ríos del sector de estudio.

El diseño del muestreo incluye la colecta de muestras de aguas superficiales en la cabecera del río y aguas abajo a lo largo del curso del río. Esto servirá para evaluar el cambio de la composición isotópica del río en función del gradiente de altura y su evolución química en relación a cambios en la geología de la cuenca.

El muestreo considera dos campañas, la primera se realizará a final de la primavera del año 2015 (octubre-diciembre) y la segunda durante el verano del año 2016 (enero-marzo).

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar dos campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas, durante la primavera del año 2015 (octubre-diciembre) y el verano del año 2016 (enero-marzo).

Un reporte de las actividades de muestreo se acompañara en los informes trimestrales respectivos.

Acción N° 3. Envío de muestras de agua superficial y subterránea a laboratorio para análisis químicos e isotópicos.

Las muestras obtenidas de las dos campañas antes indicadas, serán enviadas a un laboratorio para realizar análisis químicos, que incluyen cationes (Ca, Na, Mg, K) y aniones principales (Cl, SO₄, HCO₃, NO₃), sílice y metales como Cu, Fe y As. Los análisis isotópicos incluyen ¹⁸O, ²H y ³H. La información generada servirá para evaluar el origen y tiempo de residencia del agua que alimenta estos bofedales.

Esta acción se ejecutará dentro de un mes contado desde la realización de la respectiva campaña de toma de muestras. De modo que esta acción queda sujeta al supuesto que se lleven a cabo las campañas.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al enviar a un laboratorio para su análisis químicos e isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes descritas.

Dentro del programa de cumplimiento se dará cuenta del envío de las muestras del laboratorio en el informe trimestral respectivo, acompañando certificado de envío.

Resultado Esperado N° 4 acciones y metas: Realización de actividades para evaluar la hidrogeología de los sitios de estudio.

Con el objeto de realizar actividades que permitan evaluar la hidrogeología de los sitios de estudio, para caracterizar el sistema de flujo del agua en los bofedales y parámetros hidráulicos, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Instalación de piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal.

Esta acción consiste en la instalación de piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal, con el fin de caracterizar el nivel piezométrico y el perfil de humedad en el suelo en el entorno del pozo de observación.

La medición del nivel piezométrico se realizará en forma continua mediante sensores de presión que serán instalados en los pozos de observación que estarán conectados a dispositivos de almacenamiento de datos continuo (datalogger). De esta forma, y de acuerdo a la profundidad de las raíces de las plantas que

componen el bofedal, se cuantificará el rol del acuífero en el desarrollo y preservación de dichos bofedales. Los sensores utilizados serán sensores “ventilados”, es decir, que consideran una corrección por presión atmosférica.

Respecto de la medición de la humedad en el suelo, se instalarán sensores de humedad en cada bofedal que estarán conectados a dispositivos de almacenamiento de datos continuo (datalogger), y a diferentes profundidades con el fin de construir el perfil de humedad en el entorno del pozo de observación y determinar la cantidad de aporte de humedad al bofedal, así como si dicha humedad en el suelo es producto de ascenso capilar desde el acuífero o por infiltración de aguas superficiales y/o flujo subsuperficial.

Esta acción se ejecutará dentro del segundo mes contado desde la aprobación del programa de cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al instalar piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal.

En el informe trimestral respectivo se acompañará reporte de las actividades desarrolladas.

Acción N° 2: Campaña trimestral de recolección de datos de datalogger.

Esta acción consiste en realizar campañas en terreno con el objeto de recolectar los datos continuos registrados en los piezómetros y en los sensores de humedad.

Esta acción se ejecutará trimestralmente, desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento. Esta periodicidad obedece a la necesidad de certificar el correcto funcionamiento de las estaciones de medición, la resolución de problemas asociados, y la recopilación de datos en terreno.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al recolectar de forma trimestral los datos, durante la vigencia del programa de cumplimiento.

Por cada campaña de recolección, y transcurridos dos meses, se generará un reporte que incluirá una bitácora de terreno y un análisis preliminar de los datos descargados, cuya entrega se efectuará en los informes trimestrales respectivos.

Resultado Esperado N° 5 acciones y metas: Realización de actividades para complementar estudio hidrobiológico para determinar las comunidades bentónicas asociadas a los bofedales.

Con el objeto de realizar actividades para complementar estudio hidrobiológico que permitan determinar las comunidades bentónicas asociadas a los bofedales, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Realización de dos campañas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio.

Esta acción consiste en realizar dos campañas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos, en cada una de las 18 estaciones de muestreo distribuidas en las tres vegas comprometidas. La primera campaña se ejecutará durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).

La caracterización de la comunidad bentónica se realizará a través de la extracción de seis muestras de Macroinvertebrados bentónicos en cada punto de muestreo.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar dos campañas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo).

Para acreditar la ejecución de esta acción se entregará un reporte de actividades en los informes trimestrales respectivos.

Acción N° 2: Medición in situ de parámetros físico químicos y recolección de muestras de calidad de agua.

Las mediciones para el análisis de agua serán realizadas en cada una de las 18 estaciones de muestreo distribuidas en las tres vegas comprometidas, de acuerdo a lo establecido por APHA, AWWA, WEF (2005), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Se realizarán dos campañas, la primera se ejecutará durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).

Los parámetros físico-químicos in situ serán medidos con un instrumento multiparamétrico, y se corroborarán con una segunda medición a través de otro equipo utilizado para asegurar los valores obtenidos. Los parámetros a medir serán temperatura del agua (°C), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$), oxígeno disuelto (mg/L) y saturación de oxígeno (%). Adicionalmente, se colectarán muestras de agua, de acuerdo a lo establecido por los estudios ambientales y protocolos metodológicos que la Comisión Nacional del Medio Ambiente propone en el documento “Metodologías para la Caracterización Ambiental” (CONAMA, 1996; APHA, AWWA, WEF, 2005, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater), para efectos de su posterior análisis en laboratorio.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al medir in situ los parámetros físico químicos señalados y al recolectar muestras de calidad de agua.

Para acreditar la ejecución de esta acción se entregarán los resultados de las mediciones in situ, junto a un reporte de actividades de recolección y medición desarrolladas, en los informes trimestrales respectivos.

Acción N° 3: Colecta de muestras de sedimentos.

Esta acción consiste en realizar colecta de muestras de sedimentos, en cada una de las 18 estaciones de muestreo distribuidas en las tres vegas comprometidas, de acuerdo a lo establecido en APHA, AWWA, WEF (2005), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.

Se realizarán dos campañas, la primera se ejecutará durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al colectar muestras de sedimentos, en cada una de las estaciones de muestreo, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo).

Para acreditar la ejecución de esta acción se entregará un reporte de las actividades de recolección desarrolladas en los informes trimestrales respectivos.

Acción N° 4: Análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos.

Esta acción consiste en realizar los siguientes análisis:

1. Análisis químico de las muestras de calidad de agua conforme a la NCh 1.333.
2. Análisis químicos de muestras de sedimento de acuerdo con APHA, AWWA, WEF (2005), Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.
3. Identificación de macroinvertebrados bentónicos, hasta el menor nivel taxonómico posible, mayoritariamente a nivel de familia, siguiendo el protocolo definido por Domínguez & Fernández, (2009); Palma (2013).

Esta acción se ejecutará dentro de un mes contado desde la ejecución de la respectiva campaña de muestreo. Los resultados de los análisis de las muestras obtenidas en las campañas de monitoreo efectuadas durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), serán reportados en el informe trimestral respectivo.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos antes indicadas.

De esta manera, el supuesto de cumplimiento de esta acción es que se lleven a cabo los muestreos de agua, sedimentos, y macroinvertebrados, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre).

3.3.1.4 Objetivo General N° 4

El cuarto objetivo general consiste en llevar a cabo el programa de monitoreo social de conformidad con los considerandos 6.3 y 7 literal i) de la RCA N°24/2006 y Resuelvo Segundo de la Resolución Exenta N° 477.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Reiniciar sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental conforme al considerando 6.3 de la RCA N° 24/2006

Con el objeto de reiniciar las sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental, conforme al considerando 6.3 de la RCA 24/2006, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Solicitar al presidente (SEREMI del Medio Ambiente) del Comité de Seguimiento Ambiental que cite a sus integrantes para reiniciar las sesiones periódicas comprometidas.

Esta acción se encuentra ejecutada, dado que con fecha 13 de mayo del presente se hizo entrega en las oficinas de la SEREMI del Medio Ambiente de la Región Atacama de dicha solicitud (Carta PL 83/2015), acompañándose ésta en Anexo de esta presentación.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar la solicitud al Presidente del Comité de Seguimiento Ambiental en el plazo comprometido para que efectúe la citación indicada.

Acción N° 2: Celebrar sesiones mensuales del Comité de Seguimiento Ambiental.

Esta acción se llevará a cabo a partir del segundo mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento, y durante toda su vigencia.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al celebrar sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental en la periodicidad comprometida, durante toda la vigencia del programa.

La ejecución de la acción comprometida se acreditará en los respectivos informes trimestrales del programa, acompañando copias de las actas de las sesiones del comité y del registro de asistencia.

Esta acción se ejecutará sobre la base de los siguientes supuestos de cumplimiento:

1. Que el Presidente del Comité cite oportunamente a la sesión mensual comprometida.

2. Que exista quorum para realizar la sesión del Comité de conformidad con su reglamento.

En caso que no se den estos supuestos, se informará a la SMA dentro de los 10 días siguientes, acompañando copia de solicitud de CMN Spa que certifique que no se realizó la sesión mensual respectiva y su causa.

Acción N° 3: Asistir a las sesiones periódicas que se realicen durante la ejecución del programa.

Esta acción es de carácter permanente, a partir del segundo mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al asistir a todas las sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental llevadas a cabo durante el programa de cumplimiento.

La ejecución de la acción comprometida se acreditará en los respectivos informes trimestrales del programa, acompañando copias de las actas de las sesiones del comité y del registro de asistencia.

Esta acción se ejecutará sobre la base de que se realicen sesiones periódicas del comité de seguimiento ambiental durante la ejecución del programa de cumplimiento.

Resultado Esperado N° 2 acciones y metas: Implementar un programa de educación ambiental dirigido a los representantes de las organizaciones de conformidad al considerando 7.i) de la RCA N°24/2006

Con el objeto de implementar un programa de educación ambiental a los representantes de las organizaciones comunitarias de conformidad al considerando 7 letra i) de la RCA N° 24/2006, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Desarrollar un programa de educación ambiental cuyo contenido permita la comprensión de los resultados de monitoreos del Proyecto en los términos exigidos en el considerando 7 letra i) de la RCA N° 24/2006.

Esta acción consiste en desarrollar un programa de capacitación cuyo contenido permita la comprensión de los resultados de monitoreos del Proyecto en los términos exigidos en el considerando 7.i) de la RCA N°24/2006. Esta acción se ejecutará dentro de los dos primeros meses contados desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al desarrollar un programa de educación ambiental dentro del plazo comprometido.

En el primer informe trimestral se acompañará copia del programa de educación ambiental.

Acción N° 2: Ejecutar programa de educación ambiental.

Ejecutar programa de educación ambiental, la que se llevará a cabo a partir del tercer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento y durante toda su vigencia. La especificación de las etapas en que se desarrollará el programa se encuentra contenida en “Plan Educación Comunitaria, Medio Ambiente y minería”, que se acompaña en anexo de esta presentación.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al ejecutar el programa de educación ambiental en el plazo indicado.

Esta acción se acreditará en los informes trimestrales respectivos mediante una memoria de avance de implementación del programa, el contenido de las capacitaciones realizadas y del registro de asistencia. En el informe final un informe de evaluación y cierre.

Esta acción se ejecutará sobre la base de que exista un quorum de un 20% de asistencia de los miembros del Comité. En caso de no cumplirse con este quorum se deberá citar la capacitación para un nuevo día y hora al mes siguiente. Se entenderá cumplida esta acción independiente del quorum de asistencia para esta segunda citación.

3.3.1.6 Objetivo General N° 6 Realizar campaña de monitoreos de anfibios (*Rhinella atacamensis* (sapo de Atacama) con una mayor representatividad de conformidad con considerando 3.82 de la RCA 24/2006 y respuesta N° 6.3 de la Adenda 2.

El sexto objetivo general consiste en realizar una campaña de monitoreo de anfibios (*Rhinella atacamensis*, sapo de Atacama) con una mayor representatividad de conformidad con el Considerando 3.82 de la RCA 24/2006 y respuesta N° 6.3 de la Adenda 2.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Realizar campaña estival de monitoreos de anfibios (*Rhinella atacamensis* (sapo de Atacama) una vez al año en horario representativo de la mayor actividad de la especie conforme lo exigido en el Considerando 3.82 de la RCA 24/2006

Con el objeto de realizar una campaña estival de monitoreo de anfibios (*Rhinella atacamensis*, sapo de Atacama), en horario representativo de la mayor actividad de la especie, conforme a lo exigido en el Considerando 3.82 de la RCA 24/2006, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación.

Se hace presente que la ejecución de este monitoreo y los demás a que se refiere el programa de cumplimiento, es llevada a cabo por la Consultora Bioma Ltda., conforme al informe de adjudicación al contratista de fecha 3 de abril de 2014, que se acompaña en Anexo de esta presentación junto a la correspondiente orden de cambio N° 4.

Acción N° 1: Realizar campaña de monitoreo, en horario nocturno, representativo de la mayor actividad de la especie.

Esta acción consiste en realizar una campaña de monitoreo para caracterizar el componente de anfibios, con énfasis en la especie *Rhinella atacamensis*, en el área del Proyecto. Esta acción se llevará a cabo en la época estival, esto es entre enero y marzo de 2016, dentro de las 21.00 y 23.00 horas.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al realizar el monitoreo nocturno, dentro de las 21.00 y 23.00 horas y durante el verano de 2016 (enero-marzo).

Esta acción se acreditará en el respectivo informe trimestral, acompañando un reporte de actividades. Reporte de resultados de monitoreo que se acompañará en el Informe final del Programa de Cumplimiento.

Acción N° 2: Ampliar el área de la campaña de monitoreo a cotas más bajas, hasta el sector de Punta Colorada.

Esta acción consiste en ampliar el área de monitoreo, incluyendo los sectores de menor altitud, desde Punta Colorada hasta el Campamento Barriales, considerando que esta especie presenta una distribución que va desde el nivel del mar, hasta los 2570 msnm. Para estos efectos cabe incluir también el sector de la Quebrada Potrerillos, donde hay datos históricos de presencia de esta especie.

Esta acción se verificará en la campaña comprometida, llevándose a cabo dentro de la época estival, entre enero y marzo de 2016. Esta acción se acreditará mediante el reporte de los resultados de monitoreo que se acompañará en el Informe final del Programa de Cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al ampliar el área de estudio durante la ejecución de la campaña de verano de 2016 (enero y marzo).

Acción N° 3: Incorporar mejoras tecnológicas consistentes en la instalación de equipos songmeter, de trampas cámara y de caídas específicas para anfibios.

Para mejorar la detección de los anfibios en el área de estudio, y para mejorar la representación de los muestreos nocturnos, se incorporaron las siguientes mejoras tecnológicas:

1. Trampas cámaras: se instalarán durante la noche, en los sectores con mayor probabilidad de presencia (micro hábitat) y datos históricos.
2. Equipos de grabación nocturna SongMeter Inc. Estos equipos pueden grabar de manera automática en la noche, todo tipo de ruido emitido por la fauna. En el caso de Rhinella, en época reproductiva emite una vocalización específica.
3. Trampas de caídas. Se establecerán en sectores con potencial de presencia. Las trampas serán revisadas a primera hora en la mañana.

Esta acción se verificará en la campaña comprometida, llevándose a cabo dentro de la época estival, entre enero y marzo de 2016. Esta acción se acreditará en el reporte de resultados de la campaña de monitoreo, a través de registro fotográfico, ficha técnica de los equipos, entre otros medios, que se acompañarán en el Informe final del Programa de Cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al instalar los equipos y trampas indicadas.

3.3.1.7 Objetivo General N° 7: Realizar captura de micromamífero de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N° 24/2006.

El séptimo objetivo general consiste en realizar captura de micromamíferos de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N° 24/2006.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas: Realizar captura de micromamíferos de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N°24/2006.

Con el objeto de realizar captura de micromamíferos durante el periodo estival, de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N° 24/2006, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Realizar campaña de captura de micromamíferos durante el periodo estival.

Esta acción consiste en realizar una campaña de monitoreo en tres Sectores del área de influencia del Proyecto Minero Pascua-Lama (III Región de Atacama, Comuna de Alto del Carmen): Sector I (Río Estrecho, Quebradas Los Barriales), Sector II (Río El Toro, Río de Las Tres Quebradas) y Sector III (Río Potrerillos).

Para tal efecto, se instalarán 20 trampas Sherman en cada uno de los 10 sitios de captura, cubriendo, de esta manera, los tres sectores del área de estudio. En cada trampa se colocará una mota de algodón para favorecer el abrigo de los animales.

Esta campaña se desarrollará dentro de la época estival, esto es entre enero y marzo de 2016.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al realizar la campaña de captura de micromamíferos, dentro de la época estival de 2016 (enero-marzo).

Esta acción se acreditará en el respectivo informe trimestral mediante reporte de actividades desarrolladas durante la ejecución de la campaña, así como también a través del reporte de los resultados de dicha campaña en el Informe final del Programa de Cumplimiento.

3.3.1.8 Objetivo General N° 8: Realizar monitoreo de la especie *Lama guanicoe* (Guanaco) tres veces al año, en las épocas de otoño, primavera y verano de conformidad con el considerando 4.3.19 de la RCA N° 39/2001.

El octavo objetivo general consiste en realizar monitoreo de la especie *Lama guanicoe* (Guanaco) tres veces al año, en las épocas de otoño, primavera y verano, de conformidad con el considerando 4.3.19 de la RCA N° 39/2001.

Resultado Esperado N° 1 acciones y metas,: Realizar monitoreo de la especie *Lama guanicoe* (Guanaco) en las épocas de otoño, primavera y verano de conformidad con el considerando 4.3.19 de la RCA N° 39/2001.

Con el objeto de realizar monitoreo de la especie *Lama guanicoe* (Guanaco) en las épocas de otoño, primavera y verano, de conformidad con el considerando 4.3.19 de la RCA N° 39/2001, se comprometen las siguientes acciones, cuyas metas se detallan a continuación:

Acción N° 1: Se realizarán tres campañas de monitoreo de la especie *Lama guanicoe*, en época de otoño, primavera y verano.

Esta acción consiste en realizar 3 campañas de monitoreo de la especie *Lama guanicoe*, en la zona alta de Quebrada Los Barriales Río del Estrecho y Quebrada Río El Toro. Dichas campañas se desarrollarán en los siguientes periodos:

1. Otoño: mayo de 2015
2. Primavera: noviembre de 2015
3. Verano enero de 2016

En cada campaña, se realizarán dos visitas a cada área de estudio, una en la mañana (8:00 – 12:30) y otra en la tarde (14:00-18:30), evitando el doble conteo en función de las características de cada grupo.

El punto de localización de los guanacos se definirá a partir de la coordenada del observador (GPS Garmin, GPS map 62s; Precisión: $\pm 3m$), donde se corregirá la distancia y dirección del grupo con un Telémetro Laser (Bushnell Yardage Pro 1000; precisión: $\pm 1 m$, alcance: $\sim 1000 m$). En función de lo anterior, los datos de densidad de guanacos serán expresados en individuos/km².

Los grupos de guanacos que sean observados, serán caracterizados en: 1) Tamaño y tipo de grupo social (número total de individuos observados y composición etaria; adulto, juvenil o chulengo), 2) Ubicación geográfica (Proyección Huso 19 Sur; Datum: WGS 84), 3) Tipo de ambiente (hábitat) al cual estaban asociados (ladera, piedemonte y/o vega), 4) Tipo de grupo social (grupo familiar, macho solitario y subadultos no reproductivos, y 5) Actividad conductual (alimentación, desplazamiento o descanso).

Para la presentación de los resultados de las campañas de monitoreo, los valores serán expresados como absolutos, porcentajes y promedios con sus respectivas desviaciones estándares y coeficientes de variación⁵.

La meta de esta acción es que el indicador de cumplimiento adopte el valor 1, al realizar las tres campañas de monitoreo en las épocas comprometidas.

Los resultados de la campaña de otoño y primavera serán reportados en los informes trimestrales respectivos, en tanto respecto de la campaña de verano se entregará un reporte de actividades en el informe final del programa de cumplimiento.

Accion N° 2: Solicitud al SAG y a CONAF requiriendo Censo de Guanacos de 2013.

Esta acción consiste en requerir formalmente a dichos servicios que remitan a la Compañía copia del Censo de Guanacos del año 2013.

Esta acción se ejecutará dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

La meta de esta acción es que el indicador adopte el valor 1, al realizar a los servidos indicados dicha solicitud dentro del plazo comprometido.

En el primer informe trimestral se acompañará copia de las solicitudes.

⁵ Cabe hacer presente que, desde el año 2014, se realiza un capítulo de análisis de tendencias, que muestra y analiza la situación de los guanacos desde el año 2010 en adelante. Para este análisis, se realiza un Modelo Lineal Generalizado (con distribución de Poisson), el estudio será continuado con la nueva información que se recopile.

3.3.2 Detalle del Plan de Acción y Metas

Tabla 1 Cargo N° 1 del Resuelvo I. Res. 1/Rol D-011-2015 (Zona de Estacionamiento Temporal)

Objetivo General N° 1: Contar con una Zona de Estacionamiento Temporal conforme al Considerando 4.5.1. de la RCA N° 24/2006								
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: Desde el inicio de la fase de construcción hasta la fecha, CMN SpA no ha construido la "Zona de Estacionamiento Temporal" en la ruta C.489, la cual se encuentra destinada a evitar molestias en las comunidades aledaña.								
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerando 4.5.1. de la RCA N°24/2006: <i>Para disminuir al máximo posible las molestias que el paso del convoy pudiera eventualmente provocar a la Comunidad, se tiene contemplado generar algunos espacios físicos a un costado de la ruta principal, denominados "Zona de Estacionamiento Temporal" y así permitir el desplazamiento de los vehículos que circulen en sentido contrario al convoy.</i>								
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos, dado el estado de paralización del proyecto.								
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación		Supuestos	Costo \$
1.Contar con Zona de Estacionamiento Temporal en Ruta C-489	1. Suscribir contrato que permita habilitar y utilizar terreno para zona de estacionamiento temporal	Esta acción se encuentra ejecutada.	Al suscribir el contrato el indicador debe adoptar el valor 1.	Suscribir contrato =1 No suscribir contrato =0	No aplica por cuanto la copia del contrato se acompaña en esta presentación.	Informe final de cumplimiento, que contendrá copia del contrato suscrito.		5.000.000
	2.-Habilitación de terreno para utilizarlo como zona de estacionamiento temporal	Dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.	Al habilitar el terreno como estacionamiento temporal = 1	Habilitar terreno como estacionamiento temporal = 1 No habilitar terreno como estacionamiento temporal = 0	En el respectivo informe trimestral se acompañará registro fotográfico, órdenes de servicio o facturas que acrediten la habilitación.	Informe Final de Cumplimiento, que contenga registro fotográfico, órdenes de servicio o facturas que acrediten la habilitación.	Que se suscriba contrato para hacer uso y habilitación de terreno.	6.000.000
						Total:		11.000.000

Tabla 2 Cargo N°2 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (Reporte de niveles freáticos de vegas emplazadas en el punto NE-5)

Objetivo General N° 2: Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los niveles freáticos de vegas emplazadas en el punto NE-5, monitoreados conforme a lo exigido por el Considerando 5.1. literal i) de la RCA y el Adenda 3, sección 9.8								
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: Desde el 28 de diciembre de 2012 a la fecha, CMN SpA no ha enviado a esta Superintendencia, reportes asociados al monitoreo freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5.								
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerando 5.1. literal i) de la RCA 24/2006 y Adenda 3, sección 9.8								
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos dada la naturaleza de la infracción imputada.								
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación		Supuestos	Costo M\$
					Reporte Periódico	Reporte Final		
1.Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente el monitoreo de los niveles freáticos de las vegas emplazadas en el punto NE-5, desde 2012 a 2015.	1. Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los monitoreos de niveles freáticos realizados en las vegas emplazadas en el punto NE-5, campañas de otoño 2012 a otoño de 2014.	Ejecutada	Al reportar ante la SMA, los monitoreos de niveles freáticos de las vegas que se indican, realizados en las campañas de otoño 2012 a otoño de 2014 =1	Reportar ante la SMA, los monitoreos de niveles freáticos de las vegas que se indican, realizados en las campañas de otoño 2012 a otoño de 2014 =1	No aplica, por cuanto en esta presentación se efectúa la entrega de los reportes.	Informe final de cumplimiento, que de cuenta de la acción ejecutada.	Costo de administración.	45.000.000
	2. Reportar los resultados de la campaña del periodo 2014 a 2015, del monitoreo de nivel freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5.	Dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que	Al reportar ante la SMA, los resultados de monitoreo de los niveles freáticos en el sector de NE-5, del periodo 2014 a 2015, el indicador debe adoptar valor	Reportar ante la SMA, los resultados de monitoreo de los niveles freáticos en el sector de NE-5, del periodo 2014 a 2015=1	En el respectivo informe trimestral se acompañará informe de monitoreo y copia de comprobante de ingreso electrónico al Sistema de	Informe Final de Cumplimiento, se acompañará informe de monitoreo y copia de		

		aprueba el programa de cumplimiento.	1.	monitoreo de los niveles freáticos en el sector de NE-5, del periodo 2014 a 2015=0	Seguimiento Ambiental de la SMA.	comprobante de Ingreso electrónico al Sistema de Seguimiento Ambiental de la SMA.		
Total								45.000.000

Tabla 3 Cargo N°3 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (Estudio de Dinámica de Bofedales)

Objetivo General N° 3: Contar con estudio de dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del Proyecto Pascua Lama conforme lo exigido en los considerando 3.42 y 7.1. letra e) de la RCA 24/2006 y Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3.								
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: CMNSpA no ha presentado ante esta Institución, estudios completos y suficientes que den cuenta a cabalidad del cumplimiento de todos los objetivos contemplados en el estudio "Dinámica de corto y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo", impidiendo entonces conocer a la autoridad si éstas están o no siendo efectivamente protegidas, ya que no se están monitoreando todos los componentes necesarios para ello.								
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerandos 3.42 y 7.1. letra e) de la RCA 24/2006 y Anexo, Respuesta 9.20, Adenda N° 3.								
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos dada la naturaleza de las infracciones imputadas								
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación		Supuestos	Costo \$
					Reporte Periódico	Reporte Final		
1.Realización de actividades para evaluar la diversidad y ecofisiología Vegetal.	1.Estimar las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua.	En época estival del año 2016 (enero-marzo).	Al estimar las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua, en época estival del año 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1.	Al realizar la estimación de las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua, en época estival del año 2016 (enero-marzo = 1) Al no realizar la estimación de las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua, en época estival del año 2016 (enero-marzo = 0)	En el informe trimestral respectivo se acompañará reporte de actividades desarrolladas.	El el informe final se acompañaran los datos obtenidos de las mediciones de las tasas de fotosíntesis, transpiración y del uso eficiente del agua y reporte de actividades desarrolladas.		20.000.000

	2.Tomar muestra de tejido vegetal en los sitios de estudio y envío a laboratorio para determinar concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno.	En época estival del año 2016 (enero-marzo).	Al tomar muestras de tejido vegetal en los sitios de estudio en época estival del año 2016 (enero-marzo) y enviarlas a laboratorio para determinar la concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno, el indicador debe adoptar el valor 1.	Tomar muestras de tejido vegetal en los sitios de estudio en época estival del año 2016 (enero-marzo) y enviarlas a laboratorio para determinar la concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno = 1 No tomar muestras de tejido vegetal en los sitios de estudio en época estival del año 2016 (enero-marzo) y enviarlas a laboratorio para determinar la concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno = 1	En el informe trimestral respectivo se acompañará reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.	En el informe final se acompañará reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.	
	3.Toma de muestra vegetales y envío a laboratorio para cuantificar diversidad y abundancia en términos de biomasa.	En época estival del año 2016 (enero-marzo).	Al tomar las muestras vegetales en época estival del año 2016 (enero-marzo), y al enviarlas a un laboratorio, el indicador debe	Tomar las muestras vegetales en época estival del año 2016 (enero-marzo), y enviarlas a un laboratorio = 1 No tomar las muestras vegetales en época estival del año 2016 (enero-marzo), y no enviarlas a un	En el informe trimestral respectivo se acompañará reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.	En el informe final se acompañará reporte de actividades desarrolladas y certificado de envío a laboratorio.	

			adoptar el valor 1.	laboratorio = 0				
2.Evaluar la Estratigrafía y Paleoecología de los sitios de estudio.	1.Realización de dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, que permitan construir la estratigrafía de cada bofedal.	Ejecutada primera campaña. Segunda campaña se realizará durante el mes de junio de 2015.	Al realizar dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, durante el mes de abril de 2015 y junio de 2015 = 1 No realizar campañas de recolección de testigos de sedimentos, durante el mes de abril de 2015 y junio de 2015 = 0	Realizar dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, durante el mes de abril de 2015 y junio de 2015 = 1 No realizar campañas de recolección de testigos de sedimentos, durante el mes de abril de 2015 y junio de 2015 = 0	En el primer informe trimestral se acompañara reporte de las actividades de la primera campaña. En informe trimestral respectivo se acompañará reporte de las actividades de la segunda campaña.	En el informe final se acompañaran los reportes de actividades de las campañas ejecutadas.		
	2.Análisis físico químico de los testigos colectados	Desde julio de 2015 hasta marzo de 2016.	Al realizar el análisis de laboratorio de los testigos de sedimento, para su caracterización física y química durante julio de 2015 hasta marzo de 2016 = 1 No realizar el análisis de laboratorio de los testigos de sedimento, para su caracterización	Realizar el análisis de laboratorio de los testigos de sedimento, para su caracterización física y química durante julio de 2015 hasta marzo de 2016 = 1 No realizar el análisis de laboratorio de los testigos de sedimento, para su caracterización	En el respectivo informe trimestral se acompañará el certificado de envío de las muestras para su análisis.	En el informe final se acompañará el informe de resultado de dicho análisis.		112.000.000

			debe adoptar el valor 1.	física y química durante julio de 2015 hasta marzo de 2016 = 0				
	3.Análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados.	Desde julio de 2015 hasta marzo de 2016.	Al realizar el análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados, el indicador debe adoptar el valor 1.	Realizar análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados = 1 No realizar análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados = 0	En el respectivo informe trimestral se acompañará el certificado de envío de las muestras para su análisis.	En el informe final se acompañará el informe de resultado de dicho análisis.		
3.Realización de actividades para evaluar la geoquímica de aguas subterráneas y superficiales.	1.Instalación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas	Dentro de los dos primeros meses contados desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento	Al instalar los pozos de monitoreo de aguas subterráneas, el indicador debe adoptar el valor 1.	Instalar pozos de monitoreo de aguas subterráneas = 1 No instalar pozos de monitoreo de aguas subterráneas = 0	En informe trimestral respectivo se acompañará reporte de las actividades ejecutadas.	En el informe final se acompañará reporte de las actividades ejecutadas.		40.000.000

			Al realizar dos campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas, durante la primavera del año 2015 (octubre-diciembre) y el verano del año 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1.	Realizar dos campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas, durante la primavera del año 2015 (octubre-diciembre) y el verano del año 2016 (enero-marzo) = 1 No realizar campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas, durante la primavera del año 2015 (octubre-diciembre) y el verano del año 2016 (enero-marzo) = 0	En informe trimestral respectivo se acompañará reporte de las actividades ejecutadas.	En el informe final se acompañará reporte de las actividades ejecutadas.	
	3.Envío de muestras de agua superficial y subterránea a laboratorio para análisis químicos e isotópicos.	Dentro de un mes contado desde la realización de la respectiva campaña de toma de muestras.	Al enviar a un laboratorio para su análisis químicos e isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes descritas = 1 No enviar a un laboratorio para su análisis químicos e isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes	Enviar a un laboratorio para su análisis químicos e isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes descritas = 1 No enviar a un laboratorio para su análisis químicos e isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes	En el respectivo informe trimestral se acompañará el certificado de envío de las muestras para su análisis.	En el informe final se acompañará el informe de resultado de dicho análisis.	Que se lleven a cabo las campañas de toma de muestras de agua superficial y subterránea.

			descritas, el indicador debe adoptar el valor 1.	isotópicos, las muestras obtenidas en las dos campañas antes descritas = 0				
4.Realización de actividades para evaluar la hidrogeología de los sitios de estudio.	1.Instalación de piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal.	Esta acción se ejecutará dentro del segundo mes contado desde la aprobación del programa de cumplimiento	Al instalar piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal, el indicador debe adoptar el valor 1.	Instalar piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal = 1 No instalar piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal = 0	En el informe trimestral respectivo se acompañara reporte de las actividades desarrolladas.	En el informe final se acompañará reporte de las actividades desarrolladas.		50.000.000
	2.Campaña trimestral recolección de datos de datalogger	Cada tres meses, desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento	Al recolectar de forma trimestral, durante la vigencia del programa de cumplimiento, el indicador debe adoptar el valor 1.	Realizar campañas de recolección trimestral, durante la vigencia del programa de cumplimiento = 1 Al no realizar campañas de recolección trimestral, durante la vigencia del programa de cumplimiento = 0	En el informe trimestral respectivo se acompañara reportes de las campañas que incluirá una bitácora de terreno y un análisis preliminar de los datos descargados.,	En el informe final se acompañara todos los reportes de las campañas que incluirán una bitácora de terreno y un análisis preliminar de los datos descargados,		
5.Realización de actividades para complementar	1.Realización de dos campañas de muestreo de	La primera campaña se ejecutará	Al realizar dos campañas	Realizar dos campañas de muestreo de	En el respectivo informe trimestral se acompañara reporte	En el informe final se acompañarán todos los reportes		120.000.000

estudio hidrobiológico para determinar las comunidades bentónicas asociadas a los bofedales.	macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio.	durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).	de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1.	macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo) = 1	de las actividades ejecutadas.	de las actividades ejecutadas.		
	2.Medición in situ de parámetros físico químicos y recolección de muestras de calidad de agua.	La primera campaña se ejecutará durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).	Al medir in situ los parámetros físico químicos señalados y al recolectar muestras de calidad de agua, el indicador debe	Medición in situ de parámetros físico químicos y recolección de muestras de calidad de agua = 1	En el respectivo informe trimestral se entregarán los resultados de las mediciones in situ, junto a un reporte de las actividades de recolección y medición desarrolladas.	En el informe final se entregarán los resultados de las mediciones in situ, junto a un reporte de las actividades de recolección y medición desarrolladas.		

			adoptar el valor 1.	de agua = 0			
	3.Colecta de muestras de sedimentos	La primera campaña se ejecutará durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y la segunda en verano de 2016 (enero-marzo).	Al colectar muestras de sedimentos, en cada una de las estaciones de muestreo, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1.	Colectar muestras de sedimentos, en cada una de las estaciones de muestreo, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo) = 1 No colectar muestras de sedimentos, en cada una de las estaciones de muestreo, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre), y el verano de 2016 (enero-marzo)= 0	En el respectivo informe trimestral se acompañara reporte de las actividades ejecutadas.	En el informe final se acompañarán todos los reportes de las actividades ejecutadas.	
	4.Análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos	Esta acción se ejecutará dentro de un mes contado desde la ejecución de la respectiva campaña de muestreo.	Al realizar análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos = 1 Realizar análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de	Realizar análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos = 1 Realizar análisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de	En el respectivo informe trimestral se acompañarán los resultados de los análisis de las muestras obtenidas en las campañas de monitoreo efectuadas durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre).	En el informe final se acompañarán todos los resultados de los análisis de las muestras obtenidas en las campañas de monitoreo efectuadas durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre).	Que se lleven a cabo los muestreos de agua, sedimentos, y macroinvertebrados, durante la primavera de 2015 (octubre-diciembre).

			muestreos antes Indicadas, el indicador debe adoptar el valor 1.	macroinvertebrado s, obtenidas en las primeras campañas de muestreos = 0					
	Total								342.000.000

Tabla 4 Cargo N°6 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (Comité de Seguimiento y Programa de Educación Ambiental del PMS)

Objetivo General N° 4: Llevar a cabo el programa de monitoreo social de conformidad con el considerando 6.3, considerando 7 literal i) de la RCA N°24/2006 y Resuelvo Segundo de la Resolución Exenta N° 477.							
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: <i>CMNSpA, ha incumplido sus compromisos asociados al Plan de Monitoreo Social, toda vez que:</i>							
<i>6.1.Desde el mes de junio del año 2014, CMNSpA ha incumplido su obligación de realizar las sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental, en las que debían participar representantes de comunidades de Alto del Carmen, de Vallenar, así como también autoridades locales de las mismas, en conjunto con organismo del Estado y representantes de la empresa.</i>							
<i>6.2 No ha realizado los programas continuos de Educación Ambiental, dirigido a los representantes de las organizaciones comunitarias que integren seguimiento, a fin de que comprendan los resultados de los monitoreos y los vinculen a la realidad de las localidades y grupos humanos que representan.</i>							
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerando 6.3, considerando 7 literal i) de la RCA N°24/2006 y Resuelvo Segundo de la Resolución Exenta N° 477.							
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos, dada la naturaleza de la infracción imputada							
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación	Supuestos	Costo M\$
					Reporte Periódico		
1. Reiniciar sesiones periódicas del Comité de Seguimiento Ambiental conforme al considerando 6.3 de la RCA N° 24/2006	1. Solicitar al presidente (SEREMI del Medio Ambiente) del Comité de Seguimiento Ambiental que cite a sus integrantes para reiniciar las sesiones periódicas comprometidas.	Esta acción se encuentra ejecutada.	Al realizar la solicitud en el plazo comprometido el indicador debe adoptar valor 1.	Solicitar al Pdte del Comité de Seguimiento Ambiental que cite a sus integrantes para reiniciar las sesiones periódicas =1 No solicitar al Pdte del Comité de Seguimiento Ambiental la citación que indica=0	No aplica por cuanto la solicitud se acompaña en esta presentación.	En el informe final de cumplimiento, se acompañará copia de la solicitud que se indica.	Costo de administración

							1. Que el Pdte del Comité cite oportunamente a la sesión mensual comprometida. 2. Que exista quorum para realizar la sesión del Comité de conformidad con su reglamento	
	2.- Celebrar sesiones mensuales del Comité de Seguimiento Ambiental.	A partir del segundo mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento, y durante toda su vigencia.	Al celebrar sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental en la periodicidad comprometida, durante toda la vigencia del programa = 1 No celebrar sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental en la periodicidad comprometida, durante toda la vigencia del programa, el indicador debe adoptar el valor 0.	Celebrar sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental en la periodicidad comprometida, durante toda la vigencia del programa = 1 No celebrar sesiones del Comité de Seguimiento Ambiental en la periodicidad comprometida, durante toda la vigencia del programa, el indicador debe adoptar el valor 0.	En los respectivos informes trimestrales se acompañará copia de las actas y registros de asistencia a las sesiones del comité.	En el informe final de cumplimiento se acompañará en todas las copias de las actas y registros de asistencia a las sesiones del comité.	En caso que no se den estos supuestos, se informará a la SMA dentro de los 10 días siguientes, acompañando copia de solicitud de CMN Spa que certifique que no se realizó la sesión mensual respectiva y su causa.	Costo de administración
	3. Asistir a las sesiones periódicas que se realicen durante la ejecución del programa.	A partir del segundo mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento, y durante toda su vigencia.	Al asistir a todas las sesiones del CSA llevadas a cabo durante el programa de cumplimiento , el indicador debe adoptar el valor 1. No asistir a todas las sesiones del CSA realizadas durante el programa e cumplimiento =0	Asistir a todas las sesiones del CSA llevadas a cabo durante el programa de cumplimiento =1. No asistir a todas las sesiones del CSA realizadas durante el programa e cumplimiento =0	En los respectivos informes trimestrales se acompañará copia de las actas y registros de asistencia a las sesiones del comité.	En el informe final de cumplimiento se acompañará en un informe de evaluación y cierre, todas las copias de las actas	Que se realicen sesiones periódicas del comité durante la ejecución del programa de cumplimiento.	Costo de administración

						y registros de asistencia a las sesiones del comité.		
2. Implementar un programa de educación ambiental dirigido a los representantes de las organizaciones de conformidad al considerando 7.i) de la RCA N°24/2006	1. Desarrollar un programa de educación ambiental cuyo contenido permita la comprensión de los resultados de monitoreos del Proyecto en los términos exigidos en el considerando 7.i) de la RCA N°24/2006	Dentro de los dos primeros meses contados desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento	Al contar con un programa de educación ambiental dentro del plazo comprometido, el indicador debe adoptar el valor de 1	Contar con programa de educación ambiental en el plazo comprometido =1. No contar con programa de educación ambiental en el plazo comprometido =0	En el primer informe trimestral se acompañará copia del programa de educación ambiental.	En el informe final se acompañará copia del programa de educación ambiental.		
	2. Ejecutar programa de educación ambiental	A partir del tercer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento y durante toda su vigencia.	Al ejecutar el programa de educación ambiental en el plazo indicado, el indicador debe adoptar el valor de 1	Ejecutar el programa de educación ambiental en el plazo indicado. =1. No ejecutar el programa de educación ambiental en el plazo indicado. =0	En los informes trimestrales respectivos se acompañará memoria de avance de la implementación del programa, de las capacitaciones realizadas y registro de asistencia.	En el informe final se acompañará memoria de las capacitaciones realizadas y registro de asistencia.	Que exista quorum de un 20% de asistencia de los miembros del Comité. En caso de no cumplirse con este quorum se debe citar para nuevo día y hora de capacitación al mes siguiente. Se entenderá cumplida esta acción independiente del quorum de asistencia para esta segunda	17.000.000

			citación.		
Total	17.000.000				

Tabla 5 Cargo N°8 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (Monitoreo Anual de Anfibios)

Objetivo General N° 5: Realizar campaña de monitoreos de anfibios (<i>Rhinella atacamensis</i> (sapo de atacama) con una mayor representatividad de conformidad con considerando 3.82 de la RCA 24/2006 y respuesta N° 6.3 de la Adenda 2.							
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: "Las campañas del año 2013 y 2014 correspondientes a los monitoreos anuales de anfibios (<i>Rhinella atacamensis</i> (sapo de atacama), no se han realizado durante el horario de mayor actividad de estas especies (21:00-23:00 horas), careciendo entonces de representatividad, tal como consta en los Informes denominados: "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua Lama (2011-2013)" y; "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014)".							
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerando 3.82 de la RCA 24/2006 y respuesta N° 6.3 de la Adenda 2.							
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos, dada la naturaleza de las acciones imputadas.							
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación	Supuestos	Costo M\$
1.Realizar campaña estival de monitoreos de anfibios (<i>Rhinella atacamensis</i> (sapo de atacama) una vez al año en horario representativo de la mayor actividad de la especie conforme lo exigido en el Considerando 3.82 de la RCA 24/2006	1. Realizar campaña de monitoreo en horario nocturno representativo de la mayor actividad de la especie (dentro de las 21.00 y 23.00 horas).	La campaña se ejecutará durante el verano de 2016 (enero-marzo).	Al realizar el monitoreo nocturno, dentro de las 21.00 y 23.00 horas y durante el verano de 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1	Realizar monitoreo nocturno, dentro de las 21.00 y 23.00 horas y durante el verano de 2016 (enero-marzo) = 1 No realizar monitoreo nocturno en las condiciones antes indicadas =0	En el respectivo informe trimestral, se acompañará reporte de actividades ejecutadas.	En el informe final de cumplimiento se acompañará el reporte de los resultados del monitoreo.	19.000.000
	2.- Ampliar el área de la campaña de monitoreo a cotas más bajas, hasta el sector de Punta Colorada	Se ejecutará durante la campaña de verano de 2016 (enero-marzo).	Al ampliar el área de estudio durante la ejecución de la campaña	Ampliar el área de estudio durante la ejecución de la campaña	En el respectivo informe trimestral, se acompañará reporte de actividades	En el informe final de cumplimiento se acompañará el reporte de	

			de verano de 2016 (enero y marzo). , el indicador debe adoptar el valor 1.	de verano de 2016 (enero y marzo). =1 No ampliar el área de estudio en los términos comprometidos=0	ejecutadas.	los resultados del monitoreo.	
	3.- Incorporar mejoras tecnológicas consistentes en la instalación de equipos songmeter, de trampas cámara y de caídas específicas para anfibios.	Se ejecutará durante la campaña de verano de 2016 (enero-marzo).	Al instalar los equipos y trampas indicadas, el indicador debe adoptar el valor 1.	Instalar equipos y trampas indicadas =1 No instalar equipos y trampas indicadas = 0	En el respectivo informe trimestral, se acompañará reporte de actividades ejecutadas.	En el informe final de cumplimiento se acompañará el reporte de los resultados del monitoreo.	
							Total: 19.000.000

Tabla 6 Cargo N°9 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (captura de roedores)

Objetivo General N° 6: Realizar captura de micromamífero de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N° 24/2006							
Hechos, actos u omisiones que se estiman constitutivos de infracción: CMNSpA no realizó la captura de individuos de micromamíferos (roedores) durante la campaña correspondiente al año 2014, tal como consta en el Informe denominado "Estudio Monitoreo y Actualización de Línea de Base de los Recursos Bióticos (Fauna): Área de Influencia del Proyecto Pascua-Lama (2011-2014).							
Normas, medidas o condiciones aplicables: Considerando 7.1. literal f de la RCA 24/2006							
Efectos negativos por remediar: No se generan efectos negativos, dada la naturaleza de las acciones imputadas							
Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación	Supuestos	Costo M\$
					Reporte Periódico	Reporte Final	

1.Realizar captura de micromamíferos de conformidad con el considerando 7.1. literal f de la RCA N°24/2006	1.Realizar campaña de captura de micromamíferos durante periodo estival.	La campaña se ejecutará durante el verano de 2016 (enero-marzo).	Al realizar la campaña de captura de micromamíferos, dentro de la época estival de 2016 (enero-marzo), el indicador debe adoptar el valor 1.	Realizar campaña de captura de micromamíferos, dentro de la época estival de 2016 (enero-marzo) = 1 No realizar campaña de captura de micromamíferos, dentro de la época estival de 2016 (enero-marzo) = 0	En el respectivo informe trimestral, se acompañará reporte de actividades ejecutadas.	En el informe final de cumplimiento se acompañará el reporte de los resultados del monitoreo.		
Total:								17.000.000

Tabla 7 Cargo N°10 del Resuelvo I de la Formulación de Cargos (Monitoreo de Guanaco)

Resultado Esperado	Acción	Plazos de Ejecución	Metas	Indicadores %	Medios de verificación		Supuestos	Costo M\$
					Reporte Periódico	Reporte Final		
1. Realizar monitoreo de la especie <i>Lama guanicoe</i> (Guanaco) en las épocas de otoño, primavera y verano de conformidad con el considerando 4.3.19 de la RCA N° 39/2001	1. Se realizarán tres campañas de monitoreo de la especie <i>Lama guanicoe</i> , en época de otoño, primavera y verano	La primera campaña se ejecutará en otoño de 2015 (mayo), la segunda en primavera de 2015 (noviembre), y la tercera en verano de 2016 (enero).	Al realizar las tres campañas de monitoreo en las épocas comprometidas, el indicador debe adoptar el valor 1.	Realizar tres campañas de monitoreo en las épocas comprometidas = 1 No realizar las campañas en las épocas comprometidas = 0	En los respectivos informes trimestrales se acompañarán los resultados de la campaña de otoño y primavera.	En el informe final de cumplimiento se acompañará reporte de actividades de la campaña de verano.		48.000.000
	Solicitud al SAG y a CONAF requiriendo Censo de Guanacos de 2013	Dentro del primer mes contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.	Al realizar a los servidos indicados dicha solicitud dentro del plazo comprometido = 1 No realizar a los servidos	Realizar a los servidos indicados dicha solicitud dentro del plazo comprometido = 1 No realizar a los servidos	En el respectivo informe trimestral se acompañará copia de las solicitudes.	En el informe final se acompañará copia de las solicitudes.		Costo de administración

		debe adoptar el valor 1.	indicados dicha solicitud dentro del plazo comprometido $o = 0$			
				Total:	48	000.000

3.4. Duración del Programa de Cumplimiento y su Cronograma

El programa de cumplimiento tiene una duración estimada de diez meses contados a partir de la notificación de la resolución que lo aprueba. Para efectos del cómputo de los plazos comprometidos, la primera semana del programa de cumplimiento corresponde a la primera semana a partir de la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

3.5. Plan de Seguimiento

Las acciones y metas que el titular propone ejecutar seguirán el siguiente Plan de Seguimiento, que permitirá verificar su cumplimiento, para lo cual se incluyen verificadores de cumplimiento y un cronograma asociado.

3.5.1. Medios de verificación de las acciones propuestas en el Plan de Acciones y Metas

El seguimiento de las medidas se hará por los siguientes medios:

- Informe trimestral de cumplimiento, a presentarse el décimo día hábil del mes siguiente al último mes del trimestre informado, con indicación de resumen ejecutivo, índice, introducción, metodología de análisis, resultados y anexos.
- Informe final de cumplimiento que dará cuenta del cumplimiento del plan de acciones y metas, e incluirá registro de los verificadores de cumplimiento propuestos en el plan de acciones y metas que se refieren a informes, presentaciones, manuales, registros fotográficos autorizados ante notario, copia de actas de inspecciones y de asistencia. Este informe será entregado al décimo día hábil del mes siguiente al término del programa de cumplimiento, cuya duración es de diez meses, plazo que debe ser contado desde la notificación de la resolución que aprueba el programa de cumplimiento.

El detalle de los medios de verificación se especifica en el plan de acciones y metas presentado, que incluye los antecedentes necesarios para comprobar la realización de las acciones de cumplimiento ya ejecutadas y las comprometidas.

3.5.2 Cronograma del Programa de Cumplimiento

A continuación, se presenta el cronograma de implementación del programa de cumplimiento a partir de la fecha estimada de notificación del acto administrativo que apruebe el presente Programa.

Tabla 9 Cronograma del Plan de Acciones y Metas del Programa de Cumplimiento

⁶ Esta indicación significa que la acción a la fecha de presentación de este programa de cumplimiento se encuentra ejecutada.

⁷ La primera campaña ya se encuentra ejecutada.

3.6 Información técnica y de costos estimados relativos al programa presentado

El costo estimado del Programa de Cumplimiento es de \$ 499.000.000, el cual se desglosa, para cada una de las medidas a ejecutarse en sus etapas, de la siguiente forma:

Tabla 8 Información de costos de Acciones comprometidas

Acción	Costos (pesos)
Suscribir contrato que permita habilitar y utilizar terreno para zona de estacionamiento temporal	5.000.000
Habilitación de terreno para utilizarlo como zona de estacionamiento temporal	6.000.000
Reportar a la Superintendencia del Medio Ambiente los monitoreos de niveles freáticos realizados en las vegas emplazadas en el punto NE-5, campañas de otoño 2012 a otoño de 2014.	Costo de administración
Reportar los resultados de la campaña del periodo 2014 a 2015, del monitoreo de nivel freático de las vegas emplazadas en el punto NE-5.	45.000.000
Estimar las tasas de fotosíntesis, transpiración y el uso eficiente del agua.	20.000.000
Tomar muestra de tejido vegetal en los sitios de estudio y envío a laboratorio para determinar concentración de Carbono, Nitrógeno y la relación Carbono/Nitrógeno.	
Toma de muestra vegetales y envío a laboratorio para cuantificar diversidad y abundancia en términos de biomasa.	
Realización de dos campañas de recolección de testigos de sedimentos, que permitan construir la estratigrafía de cada bofedal.	112.000.000
Análisis físico químico de los testigos colectados	
Análisis de microfósiles de plantas, esporas y datación de Carbono-14 en los testigos colectados.	
Instalación de pozos de monitoreo de aguas subterráneas	40.000.000
Realización de dos campañas de muestreo de aguas superficiales y subterráneas asociadas a las vegas.	
Envío de muestras de agua superficial y subterránea a laboratorio para análisis químicos e isotópicos	
Instalación de piezómetros en pozos de observación y sensores de humedad en cada bofedal.	50.000.000
Campaña trimestral recolección de datos de datalogger	
Realización de dos campañas de muestreo de macroinvertebrados bentónicos en estaciones distribuidas en sector de estudio.	
Medición in situ de parámetros físico químicos y recolección de muestras de calidad de agua	120.000.000
Colecta de muestras de sedimentos	
Ánalisis químicos de muestras de agua y sedimentos, y análisis biológico de macroinvertebrados, obtenidas en las primeras campañas de muestreos	
Solicitar al presidente (SEREMI del Medio Ambiente) del Comité de Seguimiento Ambiental que cite a sus integrantes para reiniciar las sesiones periódicas comprometidas.	Costo de administración
Celebrar sesiones mensuales del Comité de Seguimiento Ambiental.	Costo de administración
Asistir a las sesiones periódicas que se realicen durante la ejecución del programa.	Costo de administración
Desarrollar un programa de educación ambiental cuyo contenido permita la	17.000.000

comprensión de los resultados de monitoreos del Proyecto.	
Ejecutar programa de educación ambiental	
Realizar campaña de monitoreo en horario nocturno representativo de la mayor actividad de la especie (dentro de las 21.00 y 23.00 horas).	
Ampliar el área de la campaña de monitoreo a cotas más bajas, hasta el sector de Punta Colorada	19.000.000
Incorporar mejoras tecnológicas consistentes en la instalación de equipos songmeter, de trampas cámara y de caídas específicas para anfibios.	
Realizar campaña de captura de micromamíferos durante periodo estival.	17.000.000
Se realizarán tres campañas de monitoreo de la especie Lama guanicoe, en época de otoño, primavera y verano.	48.000.000
Solicitud al SAG y a CONAF requiriendo Censo de Guanacos de 2013	Costo de administración
TOTAL	499.000.000

Se hace presente que una parte de las medidas de este plan de acciones y metas se incorporan en los costos de administración y operación de Compañía Minera Nevada SpA, motivo por el cual éstos se presentan incluidos en el presupuesto actual de la Compañía.

POR TANTO, en consideración a lo expuesto en esta presentación, y en conformidad a lo establecido en los artículos 6, 42, 49 de la LO-SMA y en el D.S. N° 30/12, del Ministerio del Medio Ambiente, y sin perjuicio de reiterar la disposición de mi representada a aclarar o complementar cualquier aspecto de la presente propuesta de programa de cumplimiento.

Primera Petición: SOLICITO A UD., tener por presentado y aprobar el presente programa de cumplimiento, decretando la suspensión del presente procedimiento de sanción, respecto de los cargos números 1, 2, 3, 6, 8, 9 y 10, formulados en el resuelvo I de la Resolución Exenta N° 1/D-11-2015, que son parte del presente programa de cumplimiento, en concordancia con lo solicitado en la petición cuarta de esta presentación y en definitiva, tras su ejecución satisfactoria, poner término al procedimiento sancionatorio seguido en contra de Compañía Minera Nevada SpA por los 7 cargos antes singularizados.

Segunda Petición: SOLICITO A UD. tenga por acompañada a esta presentación la información técnica que acredita el cumplimiento de las acciones incorporadas en el presente programa, que corresponde a aquella que ha sido mencionada en cada una de las secciones anteriores, de lo principal de este escrito, y que se sustenta en los documentos que se adjuntan, en formato electrónico y en papel denominados Anexos, y que se entienden forman parte integral de esta presentación, conforme al siguiente detalle:

1. Informes de medición de nivel freático en la vega NE-5, Campaña de Terreno de 2012, Campaña de Octubre de 2012, Campañas de Febrero y Abril 2013, Campaña de Mayo 2014, elaborados todos por la Universidad de Waterloo.
2. Informes de "Monitoreo y actualización de línea de base de recursos bióticos proyecto Pascua-Lama: flora y vegetación de vegas", correspondientes a las temporadas de crecimiento 2012-2013 y 2013-2014, elaborados por el Departamento de Biología de la Universidad de la Serena.
3. Comprobantes de ingreso al Sistema de Seguimiento Ambiental de la Superintendencia del Medio Ambiente de los informes de flora y vegetación de vegas, Códigos 16559 y 25775.
4. Informe Final "Monitoreo Hidrobiológico del Proyecto Pascua Lama desarrollado de un sistema basado en los macroinvertebrados bentónicos como complemento a las mediciones física – químicas", elaborado por Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas.
5. [REDACTED]
6. Propuesta de limpieza de plataforma ubicada en la localidad de San Félix, elaborada por Biosptic.
7. [REDACTED]
8. [REDACTED]
9. [REDACTED]
10. Carta PL 83/2015, de 13 de mayo de 2015, solicitud a SEREMI del Medio Ambiente de la Región Atacama.
11. [REDACTED]

Tercera Petición: SOLICITO A UD:, en virtud de lo dispuesto en el artículo 6 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente, ordene las medidas pertinentes para guardar reserva de la información financiera y comercial entregada en este acto, a través de esta presentación y sus documentos de respaldo, específicamente los documentos acompañados en el Anexo y la información de costos enunciada en el Detalle del Plan de Acción y Metas y en el punto 3.6. de este programa de cumplimiento. Se hace presente que, parte de dicha documentación ha sido generada por terceros y puede comprometer derechos de aquellos.

Ello en relación con el artículo 21 N° 2 de la ley N° 20.285, sobre acceso a la información pública, que señala expresamente como causal de reserva "(...) cuando su publicidad, comunicación o conocimiento afecte los

derechos de las personas, particularmente tratándose de su seguridad, salud, la esfera de su vida privada o derechos de carácter comercial o económico”.

En efecto, la información individualizada corresponde a antecedentes sensibles y estratégicas de mi representada, cuya divulgación puede afectar las condiciones de contratación con proveedores, trabajadores y compradores, por lo que se solicita estricta reserva de la información contenida en dichos antecedentes, con el objeto que sea utilizada estrictamente para los fines del presente procedimiento de sanción.

Cuarta Petición: SOLICITO A UD., que, para el caso que la Sra. Jefa de la División de Sanción y Cumplimiento, estime que para efectos de poder presentar y aprobar el Programa de Cumplimiento respecto de los cargos singularizados en los números 1, 2, 3, 6, 8, 9 y 10 de la tabla contenida en el resuelvo I de la citada Resolución Exenta N°1/Rol D-011-2015, sea necesario desacumular los cargos objetos de este programa respecto de aquellos que no están contemplados en él (números 4, 5 y 7 del resuelvo I de la citada Res. Ex. N°1), vengo en solicitar para dicho evento el desglose del presente expediente en virtud de los siguientes antecedentes de hecho y fundamentos de Derecho que a continuación expongo:

El artículo 33 de la Ley Nº 19.880, cual indica que el “*órgano administrativo que inicie o tramite un procedimiento, cualquiera que haya sido la forma de su iniciación, podrá disponer su acumulación a otros más antiguos con los que guarde identidad sustancial o íntima conexión, o su desacumulación*”, (lo destacado es nuestro). A su vez el artículo 62 de la LO-SMA, que dispone que en todo lo no previsto por dicha ley, se aplicará supletoriamente la ley Nº 19.880.

Por otra parte, para efectos de resguardar el derecho procesal consagrado en el artículo 42 de la LO-SMA, que posee todo infractor de optar a los beneficios que otorga un programa de cumplimiento respecto a una infracción, propendiendo con ello a maximizar este incentivo al cumplimiento previsto en la ley, de modo que este alcance su mayor rendimiento en orden a impulsar a los sujetos regulados a enmendar las infracciones en que hubieren incurrido y las consecuencias negativas derivadas de éstas, es necesario a juicio de mi representada el lograr que sea posible facilitar y propender al uso de los instrumentos de incentivo al cumplimiento señalados en la Ley Orgánica de la SMA.

De este modo, en caso que Ud. estime que para la adecuada tramitación y aprobación de este programa de cumplimiento sea necesario la desacumulación del procedimiento sancionatorio, se solicita proceder a ésta, respecto del procedimiento sancionatorio D-011-2015, instruyendo procedimientos por cuerdas separadas respecto de todos los cargos contenido en este programa de cumplimiento (números 1, 2, 3, 6, 8, 9 y 10 contenidos en el resuelvo I de la citada Res. Ex. N°1) de aquellos que no lo están (números 4, 5 y 7 del

resuelvo I de la citada Res. Ex. N°1) y frente a los cuales esta parte ejercerá su derecho a presentar descargos en la oportunidad procesal que corresponda, de modo que se permita a esta parte el legítimo ejercicio de los derechos que consagra la Ley Orgánica de la SMA y su Reglamento.

Sin otro particular, le saluda atentamente,



FRANCISCO CHARLIN MONTERO
p.p Compañía Minera Nevada SpA



Informe de Medición del Nivel Freático en la Vega NE-5

Campañas Febrero y Abril - 2013

Materia: Monitoreo de nivel freático de vegas

Referencia: Adenda 3, S9-8

Compromiso: En el sector de NE 5 existen pequeñas vegas que, según el modelo, se encuentran en la zona de reducción de la napa freática de la caja del Río. Se monitoreará el nivel freático dentro de algunas de estas vegas.

Introducción

En este informe se reportan actividades de terreno y datos de laboratorio relacionados a dos campañas de terreno que se realizaron en Febrero y Abril del 2013 en el área de la vega NE-5.

En estas campañas participaron los Drs. Ramón Aravena de la Universidad de Waterloo y Francisco Squeo de la Universidad de la Serena. El Dr. Aravena ha sido responsable de los estudios hidrogeológicos y geoquímicos y el Dr. Squeo es responsable de los estudios biológicos que se han realizados en los bofedales del proyecto Pascua Lama. Las actividades descritas en este informe son parte del estudio que tiene como finalidad entender el funcionamiento de la vega NE-5 en función de sus fuentes de agua. En este estudio se están usando herramientas hidrogeológicas y geoquímicas. Como parte de las herramientas hidrogeológicas, se está usando una red de piezómetros para medir niveles de aguas subterráneas y un data logger para medir nivel continuos de aguas subterránea en la vega NE-5. Dentro de las herramientas geoquímicas está el uso de química inorgánica y de isotopos ambientales. Estos últimos trazadores han sido usados ampliamente en Chile para evaluar origen y tiempo de residencia de aguas subterráneas y la dinámica de aguas superficiales (ejemplo: Aravena, 1995; Squeo et al., 2006; Herrera et al.,

Strauch et al., 2006). Como una manera de tener un mejor entendimiento del uso de isotopos ambientales, se ha incorporado en este informe un texto que describe los principios básicos de la aplicación de isotopos ambientales en estudio de recursos hídricos. Este texto se encuentra en el anexo A.

Trabajo de Campo

Las campañas de terreno se realizaron en Febrero y Abril del 2013. En estas campañas se midieron niveles de agua en los piezómetros y se bajaron los datos del data logger, que fueron instalados en la vega NE-5 en Febrero del 2012. En la Figura 1 se ve la ubicación de los piezómetros y del data logger. Esta red de piezómetros se instaló perpendicular la dirección de flujo del agua subterránea asumiendo el flujo está asociado al depósito de laderas. Los piezómetros están identificados como A, B, C y D. También en estas campañas se colectaron aguas para análisis químicos e isotópicos del pozo en que está instalado el data logger en la vega NE-5 y de una vertiente de muy poco caudal que está a la salida de la Quebrada de la Olla. De esta última solo se colecto muestra en Febrero ya que en Abril estaba seca. También se colectaron muestras del Rio Estrecho en la estación de medición de caudal NE-5 y de aguas captadas en la cámara de captación y restitución (sector NE-5) que ingresa al Rio Estrecho aguas abajo de la estación NE-5 para análisis isotópicos. A la cámara de captación y restitución (sector NE-5), llegan las aguas sub-superficiales y subterráneas que son captadas por el muro cortafugas. Luego estas aguas representan las aguas del acuífero del Rio Estrecho aguas arriba del muro cortafugas. El agua que representa el agua captada en la cámara de captación y restitución se denominara CCR en el texto, las tablas y figuras de este informe. Los datos químicos que son colectados por personal de Barrick como parte del monitoreo ambiental del Rio Estrecho en NE-

Universidad de Waterloo

5 y de CCR, serán usados en la interpretación de los datos químicos en el próximo informe.

Durante la colecta de aguas se hicieron medidas in situ de pH y conductividad.

Análisis de Laboratorio

Los análisis isotópicos que se realizaron en las muestras colectadas en la campaña de Febrero del 2013 consistieron en análisis de los isótopos estables del oxígeno (oxígeno-18) y del hidrógeno (deuterio) y del isótopo radioactivo del hidrógeno (tritio). Solamente análisis de isótopos estables están siendo realizados en las muestras colectadas en la campaña de Abril del 2013. Los análisis isotópicos se realizaron en el Laboratorio de Isótopos Ambientales de la Universidad de Waterloo en Canadá y los análisis químicos están siendo realizados en el Laboratorio de Geoquímica de la misma Universidad. Los datos de isótopos estables están reportados en unidades de δ per mil (‰) con error analítico de $\pm 0.2\text{‰}$ para ^{18}O y de $\pm 1\text{‰}$ para ^2H . Los datos de tritio están reportados en unidades de tritio (UT) con un error analítico de ± 0.4 UT.

En este informe solo se reportan los datos isotópicos de las aguas colectadas en la campaña de Febrero y los datos de conductividad y de pH de las dos campañas. Los datos químicos de la campaña de Febrero no estaban disponibles luego serán reportados en el próximo informe con los datos químicos de las muestras que se colectaron durante la campaña de Abril.

Resultados y Discusión

Datos de Niveles en Piezómetros

La ubicación de los piezómetros esta reportada en la Figura 1. Las mediciones de niveles en la vega NE-5 mostraron que en Febrero de 2013 el nivel de agua en los piezómetros A y B estaba cerca y/o más bajo que 45 cm bajo el suelo y en los piezómetros C y D el nivel estaba a 44 cm y

cerca de 25 cm bajo el nivel de suelo, respectivamente (Tabla 1). En Abril del 2013, los piezómetros A y B estaban secos indicando que el nivel del agua estaba bajo 45 cm en el caso de A y bajo 64 cm en el caso de B. Luego el nivel de agua en C y D bajo a 55 cm y 42 cm, respectivamente, bajo el nivel del suelo (Tabla 1). Estos datos muestran que el nivel del agua en la mayor parte de la vega estuvo bajo 45 cm sobre el nivel de suelo, en el periodo Febrero y Abril del 2013. Estos datos también muestran una tendencia a la baja del nivel del agua después del verano.

Datos del Data Logger de la Vega NE-5

Las nuevos datos de nivel de agua que fueron extraídos del data logger en las campañas de Febrero y Abril del 2013 corresponden a mediciones que se iniciaron a comienzo de Diciembre del 2012. En un previo informe en que se reportaron actividades realizadas en Octubre del 2012, se informó que el data logger había quedado atrapado en agua congelada. Para recuperar el data logger se tuvo que hacer un hoyo de manera de remover el tubo completo de PVC. Luego los datos almacenados desde Febrero del 2012 en el data logger fueron recuperados pero cuando el data logger se instaló de nuevo, no funcionó y tuvo que ser reemplazado por un data logger nuevo. Además se decidió incrementar la profundidad del pozo hasta una profundidad de 105 cm. El pozo anterior tenía una profundidad de 59 cm.

La falta de datos que se observa en la Figura 2 es consecuencia del congelamiento del data logger durante el invierno del 2012 y la instalación de uno nuevo que empezó a operar a comienzo de Diciembre del 2012. Los datos de niveles muestran que el nivel del agua probablemente llegó a más de un metro bajo el suelo en el invierno y primavera del 2012. Luego a partir de la primera semana de Diciembre del 2012 se ve una recuperación del nivel de agua

pero no llegó a los niveles que se observaron en Febrero del 2012. En este periodo el nivel estaba a 2 cm bajo el suelo pero en Febrero del 2013 el nivel llegó solo a ~ 20 cm bajo el suelo. Al igual que el 2012, se observa un descenso del nivel del agua pero la diferencia es que en el 2012 el descenso empezó al final de Marzo y en el 2013 fue observado al final de Febrero. Las tendencias observadas en el nivel de agua que muestran que el nivel puede bajar más de un metro bajo el suelo y que el nivel del agua en el verano del 2013 fue mucho más bajo que al verano del 2012 se puede deber al efecto acumulado de un periodo seco de varios años. Es importante resaltar que el 2012 se caracterizó por ser un año mucho más seco (prácticamente no hubo nieve) que los anteriores, lo cual tuvo causado una disminución en la recarga de los acuíferos del área de estudio. Los bajos niveles de agua también han afectado a la descarga de agua subterránea en el área de contacto entre los depósitos de laderas y la vega en la zona de la vegetación de Oxcloe. Esa descarga prácticamente no existió en el verano del 2013 pero en el verano del 2012 había todavía evidencias de descargas de aguas subterráneas.

Datos Geoquímicos

Mediciones in situ

Los datos de mediciones in situ de conductividad y pH están reportados en la Tabla 2. Estos datos corresponden a las campañas de Febrero y Abril del 2013. En esta tabla se puede observar que las aguas superficiales del Río Estrecho y del CCR, con conductividades entre 879 y 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1100 y 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, son aguas de mayor salinidad que las aguas de la vega NE-5 que se caracterizan por valores de conductividades entre 300 y 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La vertiente a la salida de la Olla también son aguas de salinidades bajas alrededor de 280 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas superficiales del Río Estrecho y del CCR también son aguas mucho más acidas con

valores de pH cerca de 4 comparado al pH del agua de la vega NE-5 y de la vertiente de la Olla que tienen valores de pH entre 6,4 y 7,4 (Tabla 2).

Datos de Isotopos Estables

Los datos de isotopos estables también muestra una diferencia entre las aguas del Rio Estrecho en NE-5 y CCR y las aguas subterráneas muestreadas en la vega NE-5 y la vertiente La Olla. Las aguas del Rio Estrecho y CCR se caracterizan por valores entre -15,2 a -15,9 ‰ en $\delta^{18}\text{O}$ y entre -107 a -112 ‰ en $\delta^2\text{H}$ (Tabla 3). Las aguas de la vega NE-5 y de la vertiente La Olla se caracterizan por valores entre -14,0 a -14,3 para $\delta^{18}\text{O}$ y -99 y -102 en $\delta^2\text{H}$ (Tabla 3), los cuales son muy diferentes a los valores isotópicos de las aguas superficiales. Estas diferencias se ven más claramente en la Figura 3 donde los datos isotópicos están graficados en relación a la línea meteórica local definida en el estudio de Squeo et al (1996) que representa el comportamiento de la composición isotópica de las precipitaciones desde la costa hasta la parte alta de los Andes. Luego las diferencias isotópicas que se observan en las aguas analizadas en el área de la vega NE-5 se deben al origen del agua que alimenta a los cursos superficiales y al agua subterránea. En Chile está muy bien documentado que las aguas de precipitación se van empobreciendo en su contenido en isotopos pesados (los valores de δ tienden a valores más negativos) en función de la altura de precipitación. Este comportamiento se ha observado en precipitaciones en la zona central (ver Figura 2 en el Anexo A) y también en la Cuenca del Rio Limari (Strauch et al., 2006) que está localizada al sur del área de Pascua Lama. Aguas de la parte alta de la Cuenca del Limari como las aguas del Glaciar El Tapado y el Rio El Toro se caracterizan por valores de -17.9 y -15.6 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$ y -131 a -109 ‰ en $\delta^2\text{H}$. Entonces, el Rio Limari cambia su composición isotópica a lo largo de su cauce a valores de -12.5 y -94.7 ‰ en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$,

respectivamente, en la parte baja de la Cuenca debido al aporte de aguas más enriquecidas en isotopos pesados de precipitaciones de cotas más bajas (Strauch et al., 2006). Luego los datos isotópicos colectados en el área de la vega NE-5 están indicando que las aguas del Rio Estrecho y del CCR son aguas alimentadas por precipitaciones a cotas mayores que las aguas de la vega NE-5 y de la vertiente La Olla.

Datos de Tritio

Los datos de tritio muestran que las aguas están en un rango de valores de tritio entre 2 a 3.0 UT. Las agua del Rio Estrecho y del CCR tienden a tener un valor de tritio ligeramente menor que las aguas de la vega y de la vertiente La Olla (Tabla 3). El contenido de tritio en precipitaciones en Chile está en el orden de 3 a 5 UT (Anexo A, Herrra et al., 2006), luego los valores de tritio en las aguas del área del estudio indica que estas son aguas recientes.

Conclusiones Preliminares

En resumen, los datos de isotopos estables están mostrando que no existiría una interacción entre la vega NE-5 y El Rio Estrecho y el acuífero del Rio Estrecho representado por CCR. Esta conclusión está apoyada por los datos de conductividad y pH que muestra que las aguas de la vega NE-5 tienen un pH cerca de 6.5 y son de más baja conductividad que el Rio Estrecho y CRC que son aguas más acidas con pH cercano a 4. El agua que alimenta a la vega NE-5 viene de los depósitos de laderas que serían alimentados por aguas subterráneas de la Quebrada de la Olla. Esto también se ve confirmado por la existencia de manantiales que descargan al comienzo de la vega desde los depósitos de laderas. (Figura 4) y que dan origen a la vegetación de *Oxychloe andina* que existe en una parte de la vega. Debido a la escasez de precipitación

Universidad de Waterloo

durante los últimos años estos manantiales se han ido secando en el tiempo. Esta conclusión preliminar será confirmada con los nuevos datos isotópicos de muestras de aguas que fueron colectadas en la campaña de Abril del 2013 y con el análisis de los datos químicos del agua de la vega NE-5 colectada en las dos campañas, los cuales serán comparados con datos químicos del agua del Rio Estrecho y del CCR. Solo en la campaña de Febrero del 2013 se colectó agua de la vertiente denominada La Olla, pero en la segunda campaña en Abril del 2013 también se colectaron aguas de los pozos surgentes (BT-1y BT-2) que están localizados en la zona terminal del acuífero alimentado por la Quebrada de La Olla.

Finalmente, estos resultados preliminares estarían indicando que la vega NE-5 no está recibiendo agua del acuífero de la Quebrada Estrecho y tampoco del Rio Estrecho y que su fuente de agua estaría asociada al sistema de flujo de aguas subterráneas de la Quebrada de la Olla.

Referencias

- Aravena, R. 1995. Isotope Hydrology and geochemistry of northern Chile groundwaters. Bull. Inst. Fr. etudes andines, 24: 495-503.
- Herrera, C., Pueyo, J.J., Saez, A., Valero-Garcés, B.L. 2006. Relación de aguas superficiales y subterráneas en el área del lago Chungará y lagunas Cotacotani, norte de Chile: un estudio isotópico. Revista Geológica de Chile, Santiago, v. 33, n. 2: 299-325.
- Squeo FA, Aravena R, Aguirre E, Pollastri A, Jorquera CB, Ehleringer JR. 2006. Groundwater dynamics in a coastal aquifer in North-central Chile: Implications for groundwater recharge in an arid ecosystem. *J Arid Environ* 67:240–254
- Strauch G, Oyarzún J, Fiebig-Wittmaack M, González E, Weise S. 2006. Contributions of the different water sources to the Elqui river runoff (northern Chile) evaluated by H/O isotopes. *IEnviron Health S* 42(3):303–322.

Universidad de Waterloo

Tabla 1. Datos de niveles en piezometros

Piezometro	Fecha	Profundidad total tubo	Altura tubo sobre suelo	Profundidad tubo desde suelo	Nivel del agua boca tubo	Nivel del agua desde suelo
A	23/2/2013	76	31	45	75	44
B		78	14,5	63,5	seco	seco
C		80	24	56	68,5	44,5
D		76	30	46	57,5	27,5
A	22/4/2013	76	31	45	seco	seco
B		78	14,5	63,5	seco	seco
C		80	24	56	79	55
D		76	30	46	72	42

Tabla 2. Datos de mediciones en situ

Muestra		Vega NE-5	Vertiente La Olla	Rio Estrecho en NE-5	CCR
Fecha	23/02/2013				
pH		6,6	7,2	4,0	3,9
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		300	298	980	1110
pH	24/4/2013	6,4	nm	4,2	3,7
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)		359	nm	870	2300

Tabla 3. Datos isotópicos en aguas colectadas en Febrero del 2012

Muestra	$\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW) ‰	repetición	$\delta^2\text{H}$ (VSMOW) ‰	repetición	Tritio (UT)
Rio Estrecho en NE-5	-15.23	-15.15	-107.11	-107.46	2.0
CCR	-15.90	-15.94	-111.99	-112.21	2.1
Vega NE-5	-14.27	-14.35	-101.66	-101.26	2.4
Vertiente La Olla	-14.03	-14.20	-98.86	-99.37	3.0

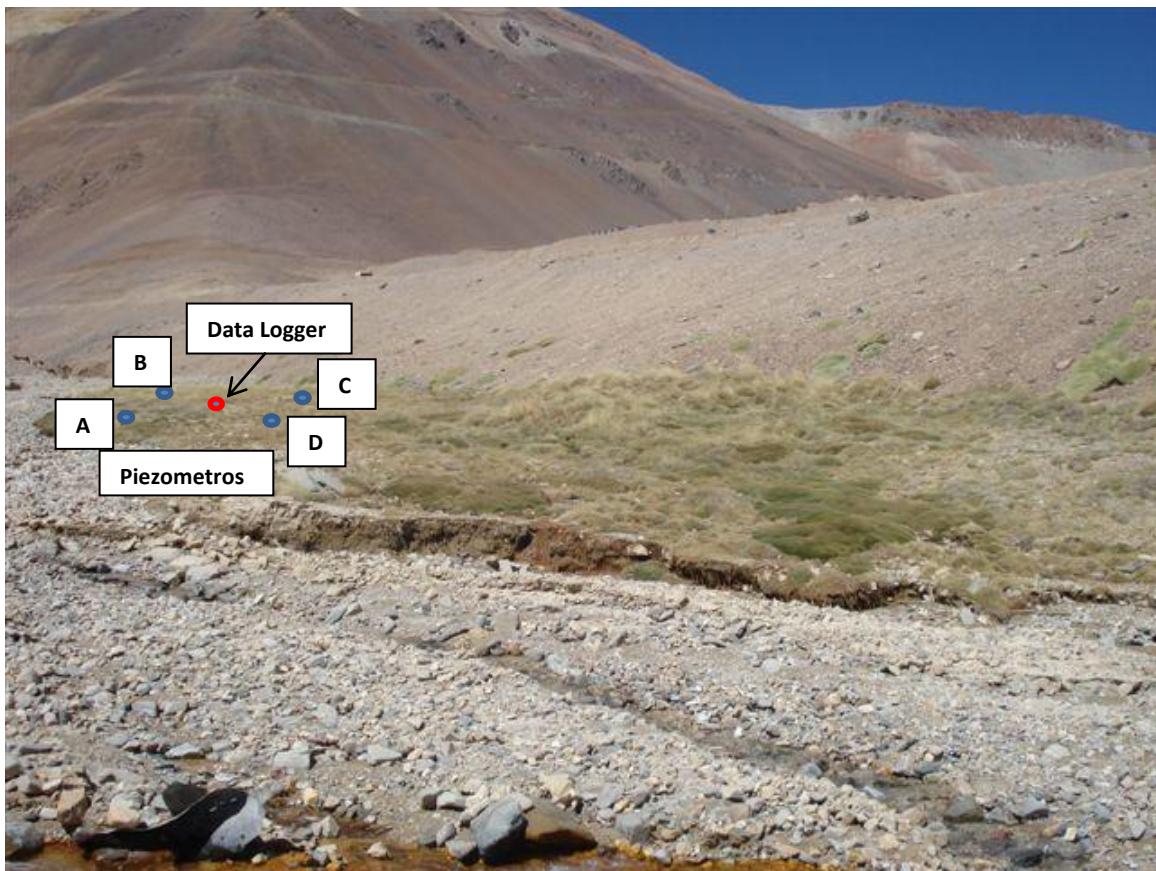


Figura 1. Ubicación de piezómetros y data logger (un mapa con la ubicación exacta de la instrumentación será presentado en el próximo informe)

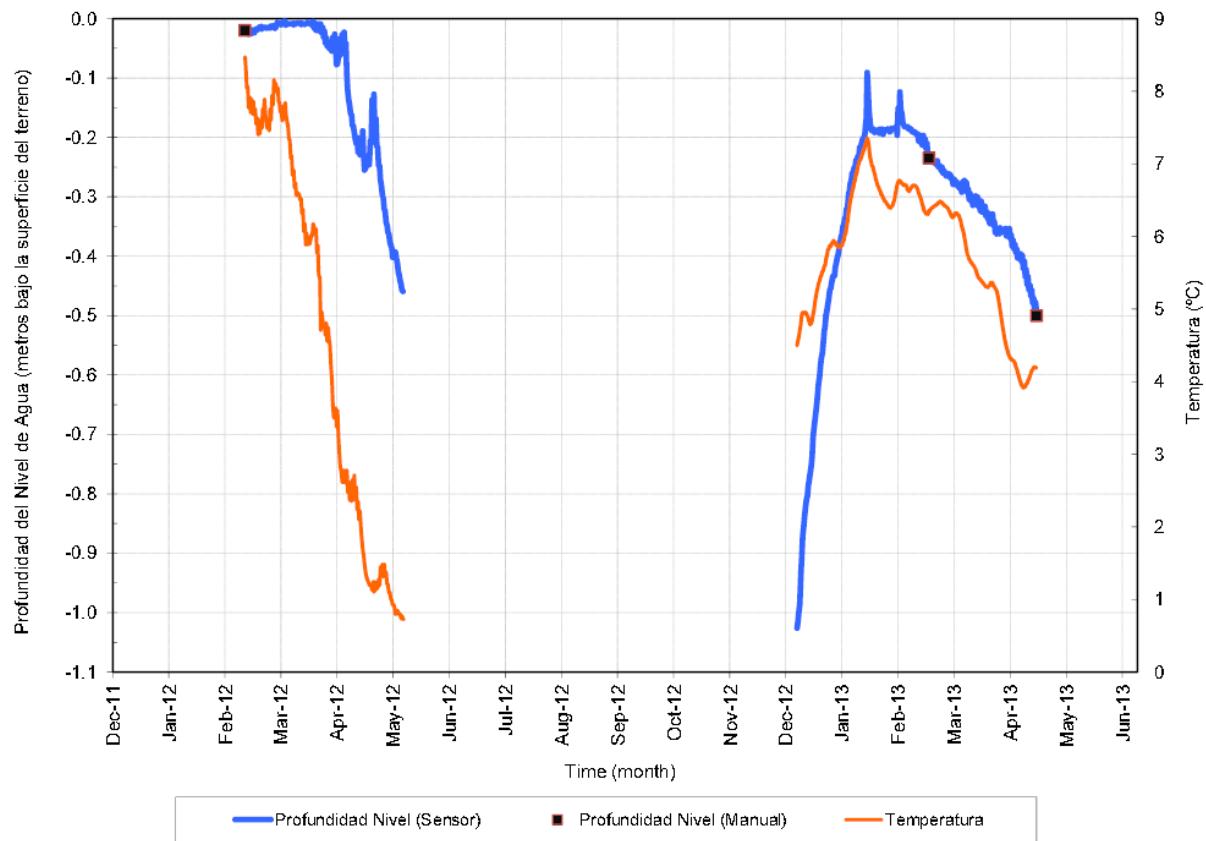


Figura 2. Datos de nivel de agua y temperatura colectados en data logger en la vega NE-5

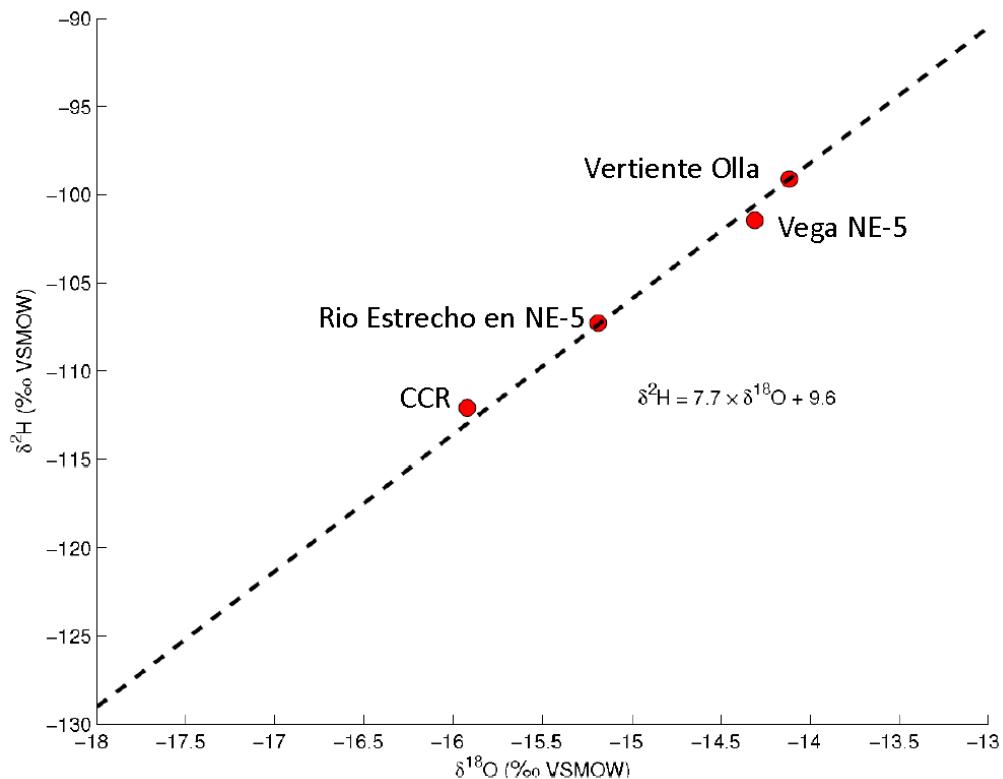


Figura 3. Datos de isotopos estables en aguas superficiales y subterráneas

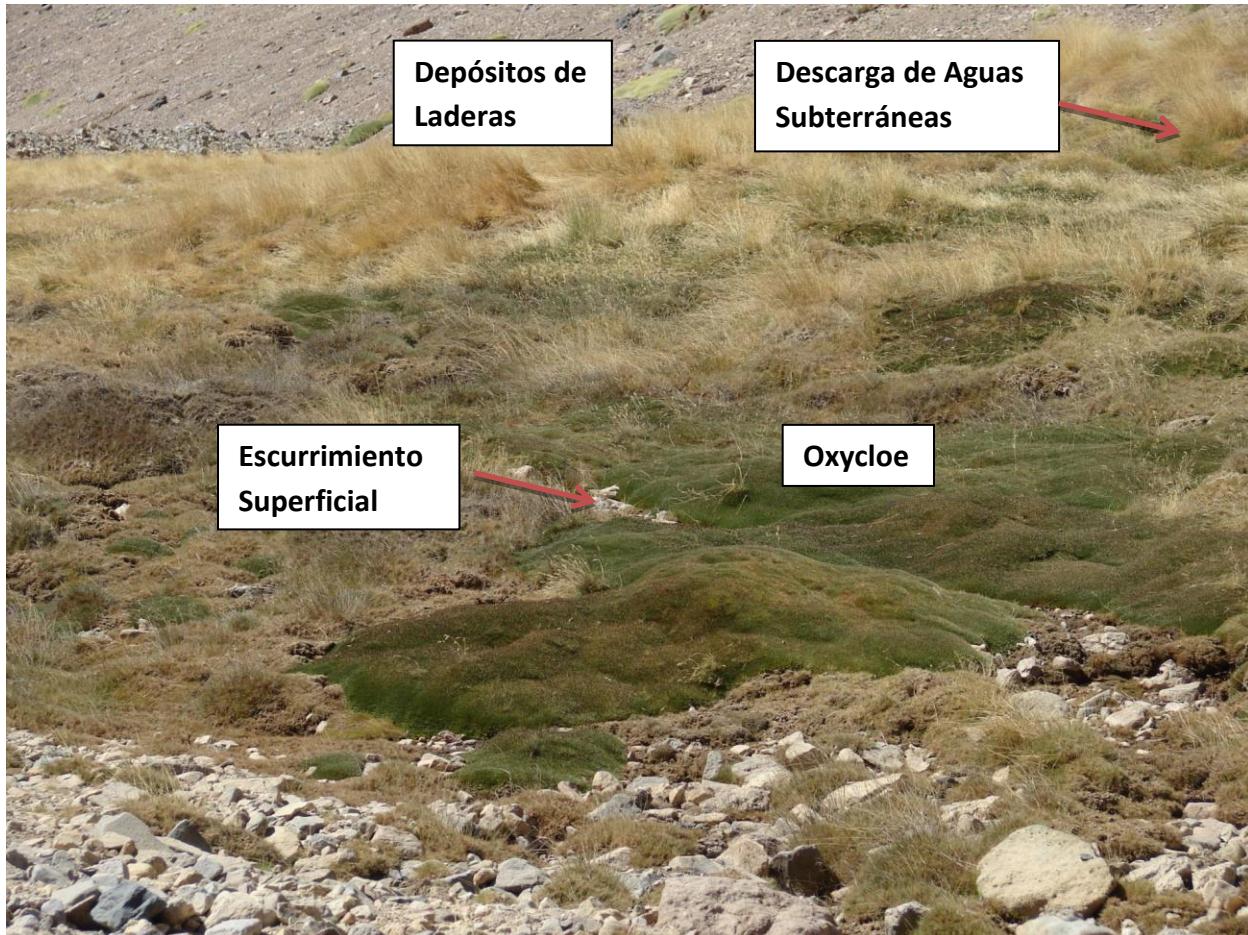


Figura 4. Evidencias de descarga de aguas subterráneas en Vega NE-5 (foto del verano del 2012)

ANEXO A

Oxígeno-18 (^{18}O) y deuterio (^2H)

La molécula de agua está formada por una combinación de isótopos más pesados (^{18}O , ^2H) e isótopos más livianos (^{16}O , ^1H) del oxígeno y del hidrógeno. Debido a la diferencia en masas de las moléculas más livianas y las moléculas más pesadas del agua, éstas se comportan de manera muy diferente en los procesos de evaporación y precipitación, ambos pertenecientes al ciclo hidrológico. Una vez que las nubes se forman en el océano y empiezan a precipitar, al ingresar sobre el continente, el agua de precipitación y el agua que permanece en la nube cambian su composición isotópica debido al proceso de fraccionamiento isotópico. Durante la precipitación, las moléculas de agua compuestas por los isótopos más pesados tienen una mayor probabilidad de precipitar, con lo cual el agua en la masa de aire se empobrece en los isótopos más pesados. Esto se puede ver en la Figura 1, donde se muestra cómo la composición isotópica de la precipitación cambia a medida que la nube entra en el continente. Las precipitaciones se van haciendo cada vez más empobrecidas en los isótopos más pesados (la unidad que se usa para reportar la composición isotópica, δ , tiende a valores negativos más altos) a medida que el frente de humedad precipita tierras adentro. Por lo tanto, las lluvias costeras son más enriquecidas en los isótopos más pesados en comparación con las precipitaciones dentro del continente; este es el llamado efecto continental. El mismo fenómeno ocurre durante las lluvias orográficas. Cuando las masas de aire suben en altitud, las precipitaciones se van haciendo cada vez más empobrecidas en los isótopos más pesados. Eso se ve claramente en la Figura 2 que muestra

como las precipitaciones y aguas superficiales cambian su composición isotópica en relación a la altura en Chile, Argentina y Ecuador (Rozanski et al, 1993). Las aguas en la costa, por ejemplo en Chile, son mucho más enriquecidas en ^{18}O ($\delta = \sim -5\text{ ‰}$) en comparación a las aguas que precipitan a los 3.000 metros sobre el nivel del mar ($\delta = \sim -18\text{ ‰}$). En el norte de Chile también se ha documentado que hay un gradiente isotópico con la altura, donde las aguas a mayores altitudes son mucho más empobrecidas en ^{18}O y ^2H que las aguas que precipitan a menores alturas (Magaritz et al., 1989; Aravena et al., 1999).

El fraccionamiento isotópico durante el proceso de precipitación afecta tanto a los isótopos de oxígeno como a los isótopos del hidrógeno. Luego, la composición isotópica de las precipitaciones se caracterizan a través de una relación lineal entre el ^2H y ^{18}O que a nivel mundial se llama Línea de Agua Meteórica Global, definida por la siguiente ecuación (Figura 3):

$$\delta^2\text{H} = 8 \delta^{18}\text{O} + 10$$

El principio básico de la aplicación de isótopos estables para evaluar el origen del agua subterránea, es que la composición isotópica del agua subterránea es un reflejo de la composición isotópica (ponderada por la cantidad de precipitación) de la precipitación en las áreas de recarga. Luego la composición isotópica de la precipitación está relacionada a las condiciones climáticas en que se produce la precipitación. Si las condiciones climáticas por ejemplo cambian a temperaturas más bajas y mayores precipitaciones, la composición isotópica de las precipitaciones va a tender a valores más empobrecidos en ^{18}O y ^2H . Esto se ha observado en Europa, el Medio Oriente y en África en que la composición del agua subterránea de acuíferos regionales es mas empobrecida en ^{18}O y ^2H en comparación a la precipitación actual (Clark and Fritz, 1997). La otra razón fundamental es que la composición isotópica del agua subterránea se conserva a lo largo de la dirección de flujo del agua subterránea. Luego, por ejemplo en el caso

de Chile, tomando los datos presentados en la Figura 2, las aguas subterráneas en la costa se ubicarían en el gráfico de la línea meteórica- en una región muy diferente a las aguas subterráneas que tienen las áreas de recarga sobre los 2.500 m s.n.m. (Figura 3).

El otro fenómeno que puede afectar la composición isotópica de aguas superficiales es la evaporación. Durante este proceso, el fraccionamiento es mayor para el ^{18}O que el ^2H , luego las aguas afectadas por evaporación tienden a seguir una relación lineal que se aparta de la línea meteórica y que se llama línea de evaporación. Esto se puede ver en la Figura 3, la que muestra que a medida que la evaporación aumenta, el agua residual se va enriqueciendo isotópicamente a lo largo de una pendiente diferente que la línea meteórica. Las aguas que se han evaporado en un 80% son mucho más enriquecidas en ^{18}O y ^2H que las aguas que se han evaporado en un 20%. La pendiente de la recta de evaporación es función de la humedad relativa siendo menor en humedades más bajas como en zonas áridas (Clark and Fritz, 1997). El fenómeno de evaporación y su efecto en la composición isotópica está bien documentado en estudios en salares y lagunas en el norte de Chile (Grilli et al, 1989; Aravena, 1995; Salas et al., 2010).

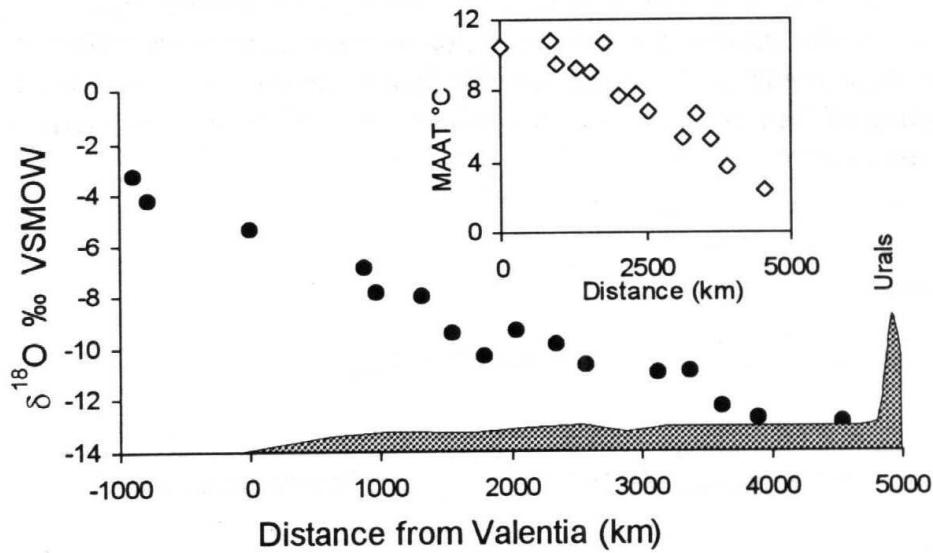


Figura 1. Efecto de la continentalidad en la composición isotópica de la precipitación en Europa (Clark y Fritz, 1997).

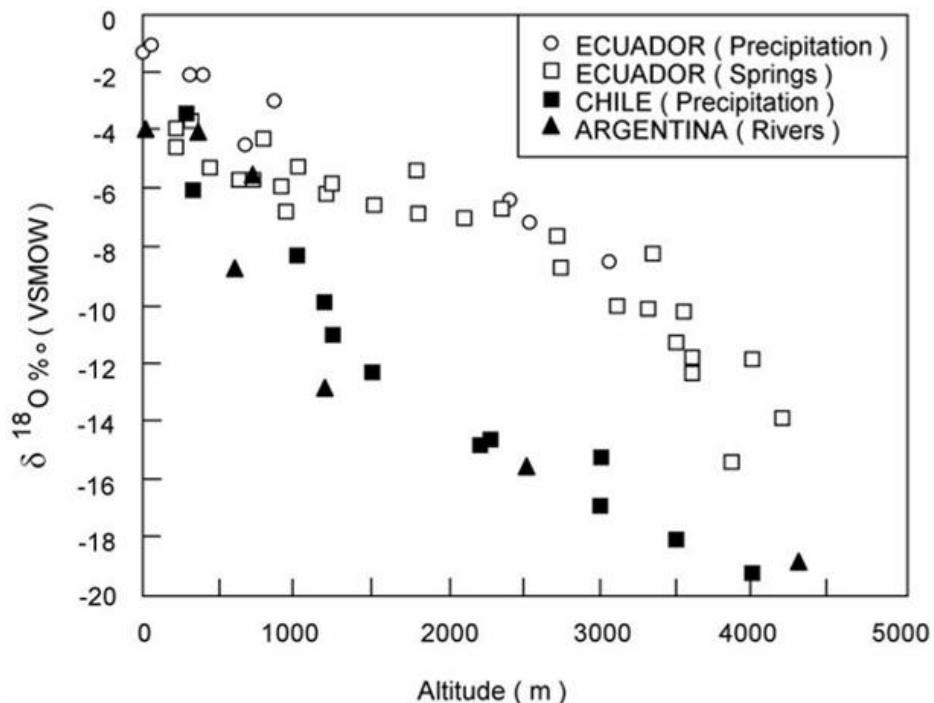


Figura 2. Efecto de la altitud en la composición isotópica en aguas muestreadas en países de América Latina (Rozanski et al, 1993)

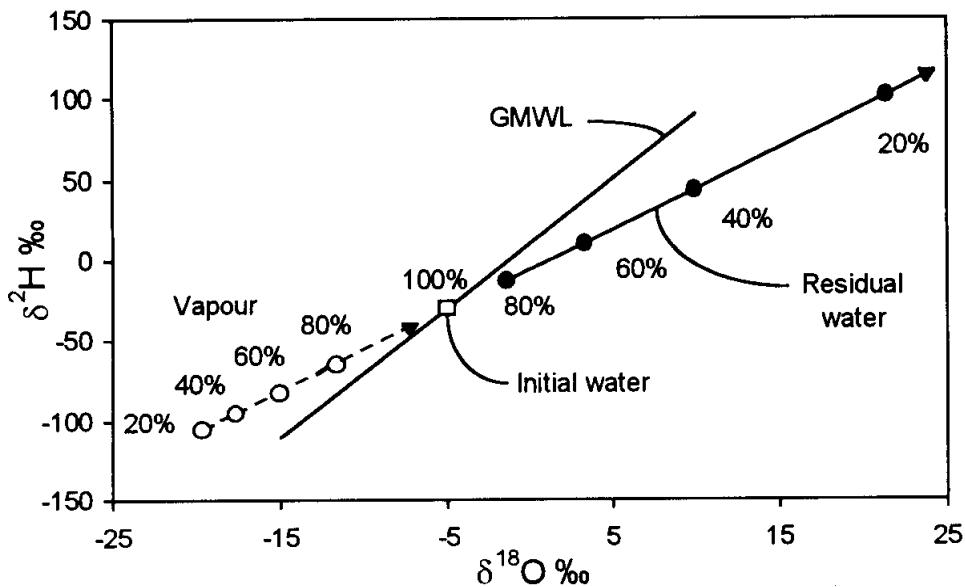


Figura 3. Línea Meteórica Mundial (GMWL) y efecto de la evaporación en la composición Isotópica (Clark y Fritz, 1997).

Tritio (^3H)

El tritio es un isótopo radioactivo del hidrógeno con un tiempo de vida media de 12,4 años. El tritio se produce naturalmente en la atmósfera por reacciones del nitrógeno atmosférico con neutrones de los rayos cósmicos. Pero la principal razón porque podemos usar tritio en estudios hidrogeológicos es por la entrada importante de tritio de origen termonuclear a la atmósfera después de 1950 proveniente de las explosiones termonucleares. Esto se ve claramente en la Figuras 4 y 5 que muestra la concentración de tritio en las precipitaciones después de 1950 para los hemisferios, Norte representado por Ottawa y Sur representado por varias estaciones en este hemisferio. En el hemisferio Norte donde se detonaron las bombas nucleares, la concentración de tritio alcanzó a valores cerca de 6.000 unidades de tritio detectado en la precipitaciones en Ottawa en 1962 (Figura 4), pero en el hemisferio Sur la concentración máxima llegó cerca de 65 UT en la década del 60 medido en la lluvias en Pretoria y Porto Alegre (Figura 5). Por lo tanto, cualquier agua que ha participado en el ciclo hidrológico después de

1950 va a estar marcada con tritio de origen termonuclear. Las concentraciones actuales de tritio en precipitaciones en la región Norte de Chile están en el orden de 3 a 5 UT (Herrera et al., 2006).

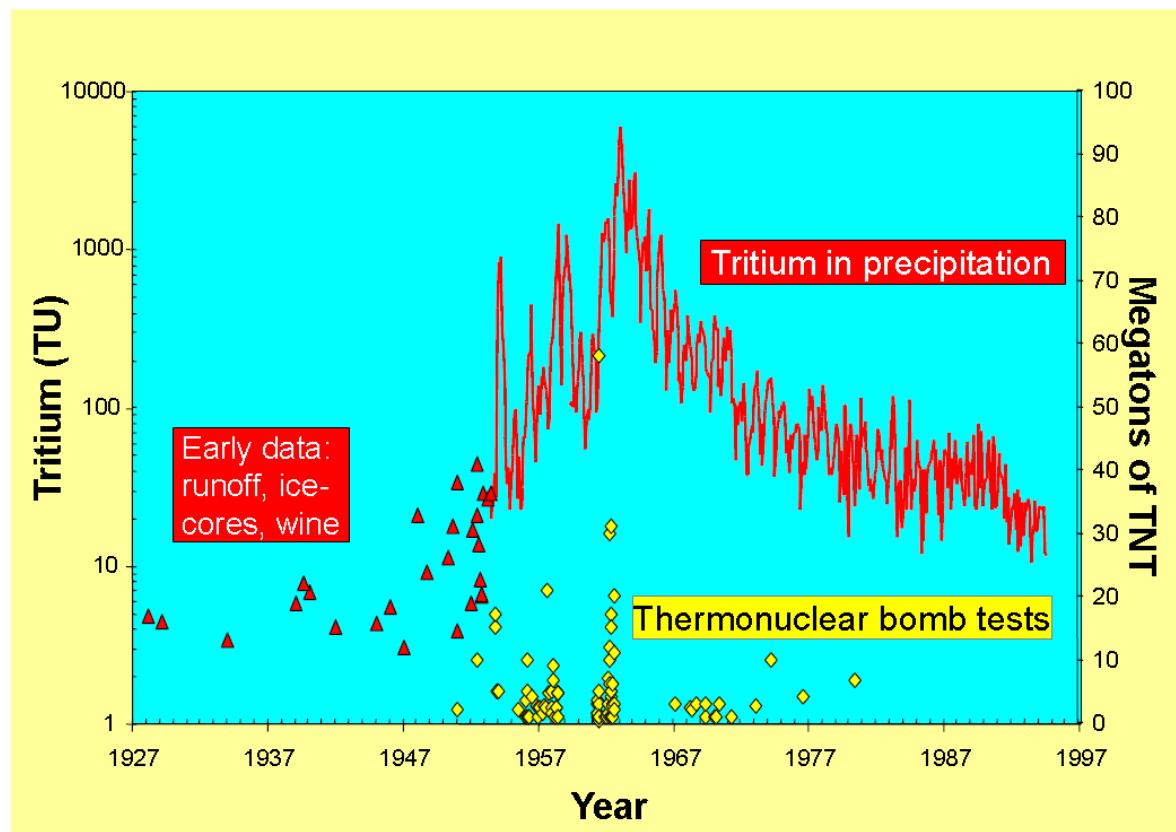


Figura. 4. Concentraciones de tritio en precipitaciones, Ottawa, Canada

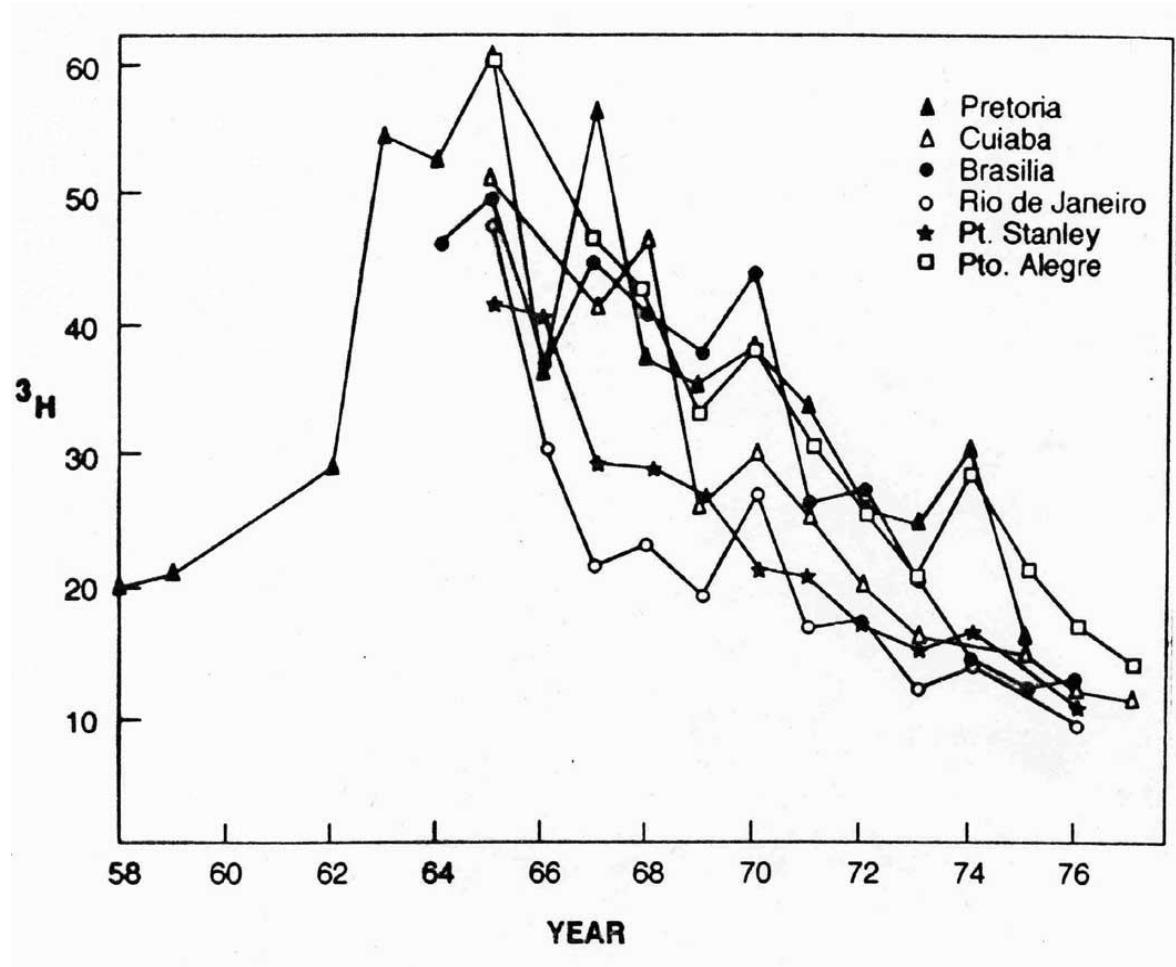


Figura 5. Concentraciones de Tritio en precipitaciones, Hemisferio Sur

Referencias

- Aravena, R., Suzuki, O., Pena, H., Grilli, A., Pollastri, A., and Fuenzalida, H. 1999. Isotopic composition and origin of the precipitation in Northern Chile. *Applied Geochemistry*, 14: 89-100.
- Clark, I.D. and Fritz, P. (1997). *Environmental Isotopes in Hydrogeology*, 1st ed., CRC Press, Boca Raton.
- Fritz, P., Silva, C., Suzuki, O., Sa!ati, E. 1978. Isotope hydrology in northern Chile. In *Proceedings of the Symposium Isotope Hydrology*, pp. 525-543, International Atømic Energy Agency, Vienna, Austria.
- Herrera, C., Pueyo, J.J., Saez, A., Valero-Garces, B.L. 2006. Relación de aguas superficiales y subterráneas en el área del lago Chungará y lagunas Cotacotani, norte de Chile: un estudio isotópico. *Revista Geológica de Chile*, Santiago, v. 33, n. 2: 299-325.
- Grilli, A., Pollastri, A., Ortiz, J. y E.Aguirre (1989). Evaluación de Tasas de Evaporación desde Salares Utilizando Técnicas Isotópicas, Aplicación en el Salar de Bellavista, Chile. En: *Estudios de Hidrología Isotópica en America Latina*, IAEA-TECDOC-502
- Magaritz, M., Aravena, R., and Pena, H., Suzuki, O., and Grilli, A. 1989. Water chemistry and isotope study of streams and springs in Northern Chile. *Journal of Hydrology*, 108:323-341.
- Rozanski, K., L. Araguas-Aragua, and R. Gonfiantini (1993). Isotopic patterns in modern global precipitation. In: Swart, P.K., K.C. Lohmann, J. McKenzie, and S. Savin, (Eds.), *Climate Change in Continental Isotopic Records*, Geophysical Monograph 78, , American geophysical Union, Washington, DC: 1-36.
- Salas, S., Guimerà, J., Cornellà, O., Aravena, R., Guzmán, E., Tore, C., von Igel, W., and Moreno, R. 2010. Hidrogeología del Sistema Lagunar del Margen Este del Salar de Atacama (Chile). *Boletín Geológico y Minero*, 121 (4): 357-372.

Informe de Medición del Nivel Freático en la Vega NE-5

Campaña Mayo, 2014

Materia: Monitoreo de nivel freático de vegas

Referencia: Adenda 3, S9-8

Compromiso: En el sector de NE 5 existen pequeñas vegas que, según el modelo, se encuentran en la zona de reducción de la napa freática de la caja del Río. Se monitoreará el nivel freático dentro de algunas de estas vegas.

Introducción

En este informe se reportan actividades de terreno que realizaron en Mayo del 2014 y se actualizarán datos químicos e isotópicos en muestras colectadas en dos campañas de terreno que se realizaron en Febrero y Abril del 2013 en el área de la vega NE-5. En las campañas de Febrero y Abril del 2013 participaron los Drs. Ramón Aravena de la Universidad de Waterloo y Francisco Squeo de la Universidad de la Serena. En la campaña de Mayo del 2014 participo Natalio Roque, un estudiante de postgrado bajo la supervisión del Dr. Squeo. El Dr. Aravena ha sido responsable de los estudios hidrogeológicos y geoquímicos y el Dr. Squeo es responsable de los estudios biológicos que se han realizados en los bofedales del proyecto Pascua Lama. Las actividades descritas en este informe son parte del estudio que tiene como finalidad entender el funcionamiento de la vega NE-5 en función de sus fuentes de agua. En este estudio se están usando herramientas hidrogeológicas y geoquímicas. Como parte de las herramientas hidrogeológicas, se está usando una red de piezómetros y un data logger para medir nivel continuo de aguas subterránea en la vega NE-5. Dentro de las herramientas geoquímicas está el uso de química inorgánica y de isotopos ambientales. Estos últimos trazadores han sido usados

ampliamente en Chile para evaluar origen y tiempo de residencia de aguas subterráneas y la dinámica de aguas superficiales (ejemplo: Aravena, 1995; Squeo et al., 2006; Herrera et al., Strauch et al., 2006). En el informe del 2013 se incorporó un texto en el anexo A que describe los principios básicos de la aplicación de isotopos ambientales en estudio de recursos hídricos.

Trabajo de Campo

Durante la campaña de Mayo de 2014 se bajaron los datos del data logger y se midió manualmente el nivel del agua en el pozo en que está instalado el data logger. En la Figura 1 se ve la ubicación de los piezómetros y del data logger. Esta red de piezómetros se instaló perpendicular la dirección de flujo del agua subterránea asumiendo el flujo está asociado al depósito de laderas. Los piezómetros están identificados como A, B, C y D. Debido al largo periodo seco durante los últimos años estos piezómetros se encuentran secos la mayor parte del año, luego no se han monitoreado. Es importante recalcar que además de colectar muestras en el Rio Estrecho en la estación de medición de caudal NE-5, también se colectaron muestras en las aguas captadas en la cámara de captación y restitución (sector NE-5) que ingresa al Rio Estrecho aguas abajo de la estación NE-5 para análisis isotópicos. A la cámara de captación y restitución (sector NE-5), llegan las aguas sub-superficiales y subterráneas que son captadas por el muro cortafugas. Luego estas aguas representan las aguas del acuífero del Rio Estrecho aguas arriba del muro cortafugas. El agua que representa el agua captada en la cámara de captación y restitución se denominara CCR en el texto, las tablas y figuras de este informe. Los datos químicos que son colectados por personal de Barrick como parte del monitoreo ambiental del Rio Estrecho en NE-5 y en CCR serán usados en la interpretación de los datos químicos en este informe. Durante la colecta de aguas se hicieron medidas in situ de pH y conductividad.

Análisis de Laboratorio

Los datos isotópicos que se reportan en este informe corresponde a las muestras que fueron colectadas durante la campaña de Abril del 2013 y consistieron en análisis de los isótopos estables del oxígeno (oxígeno-18) y del hidrógeno (deuterio) del agua. En este informe también se reportan los análisis químicos de las aguas colectadas durante las campañas de Febrero y Abril del 2013. Los análisis isotópicos se realizaron en el Laboratorio de Isótopos Ambientales de la Universidad de Waterloo en Canadá y los análisis químicos se realizaron en el Laboratorio de Geoquímica de la misma Universidad. Los datos de isótopos estables están reportados en unidades de δ per mil (‰) con error analíticos de $\pm 0.2\text{‰}$ para ^{18}O y de $\pm 1\text{‰}$ para ^2H . Con respecto a la química del Río Estrecho en NE-5, se usaron datos colectados por personal de Barrick durante el periodo en que se colectaron las muestras de este estudio.

Resultados y Discusión

Datos del Data Logger de la Vega NE-5

Las nuevos datos de nivel de agua que fueron extraídos del data logger en la campaña de Mayo del 2014 corresponden a mediciones que se iniciaron a comienzo de Diciembre del 2012. En un previo informe en que se reportaron actividades realizadas en Octubre del 2012, se informó que el data logger había quedado atrapado en agua congelada. Para recuperar el data logger se tuvo que hacer un hoyo de manera de remover el tubo completo de PVC. Luego los datos almacenados desde Febrero del 2012 en el data logger fueron recuperados pero cuando el data logger se instaló de nuevo, no funcionó y tuvo que ser reemplazado por un data logger nuevo. Además se decidió incrementar la profundidad del pozo hasta una profundidad de 105 cm. El pozo anterior tenía una profundidad de 59 cm.

La falta de datos que se observa en la Figura 2 es consecuencia del congelamiento del data logger durante el invierno del 2012 y la instalación de uno nuevo que empezó a operar a comienzo de Diciembre del 2012.

Los datos de niveles muestran que el nivel del agua probablemente llegó a más de un metro bajo el suelo en el invierno y primavera del 2012. Luego a partir de la primera semana de Diciembre del 2012 se ve una recuperación del nivel de agua pero no llegó a los niveles que se observaron en Febrero del 2012. En este periodo el nivel estaba a 2 cm bajo el suelo pero en Febrero del 2013 el nivel llegó solo a ~ 20 cm bajo el suelo. Al igual que el 2012, en el 2013 se observa un descenso del nivel del agua pero la diferencia es que en el 2012 el descenso empezó al final de Marzo y en el 2013 fue observado al final de Febrero. Luego el nivel de agua muestra la tendencia de decrecimiento llegando a valores bajo un metro durante el invierno del 2013, que es muy similar a lo observado en el invierno del 2012. Durante este periodo y hasta Noviembre se observa un comportamiento errático de los niveles que podrían estar asociados a un semi-congelamiento del data logger. Esto es factible ya que los datos de temperatura muestran temperaturas alrededor de 0 °C durante este tiempo. La falta de nieve que actúa como amortiguador térmico facilita la penetración del frente de baja temperatura hasta un metro bajo el suelo. Durante este tiempo no hay recarga y se deberían observar los niveles más bajos del agua en la vega. Luego a partir de Diciembre del 2013, se observa una recuperación del nivel de agua pero que en el verano del 2014 no llegó a los valores máximos observados en el verano del 2012 y 2013. Las tendencias observada en el nivel de agua que muestran que el nivel puede bajar más de un metro bajo el suelo y que el nivel del agua en el verano del 2014 fue mucho más bajo que el verano del 2012 y 2013 se puede deber al efecto acumulado de un periodo seco de varios

años. Es importante resaltar que el 2012 y el 2013 se caracterizó por ser años mucho más seco que los anteriores, lo cual causo una disminución en la recarga de los acuíferos del área de estudio. También es importante recalcar que el periodo importante para la vegetación es el periodo de verano, luego el descenso del nivel de agua en la vega durante los últimos años ha tenido un efecto negativo en el crecimiento de las plantas.

Los bajos niveles de agua también han afectado a la descarga de agua subterránea en el área de contacto entre los depósitos de laderas y la vega en la zona de la vegetación de Oxycloe. Esa descarga prácticamente no existió en el verano del 2013 y 2014 pero en el verano del 2012 había todavía evidencias de descargas de aguas subterráneas.

Datos Geoquímicos

Los datos de mediciones in situ de conductividad y pH están reportados en la Tabla 1. Estos datos corresponden a las campañas de Febrero y Abril del 2013. Debido a la consistencia de los resultados químicos e isotópicos obtenidos en las campañas de Febrero y Abril del 2013 que serán discutidos en los próximos párrafos, se decidió no colectar muestras en el 2014 para análisis químicos e isotópicos. En la tabla 1 se puede observar que las aguas superficiales del Rio Estrecho y del CCR, con conductividades entre 879 y 980 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1100 y 2300 $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente, son aguas de mayor salinidad que las aguas de la vega NE-5 que se caracterizan por valores de conductividades entre 300 y 359 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Las aguas subterráneas asociadas a Cuenca de la Olla, BT-1 y BT-2, también se caracterizan por valores de conductividades en el rango de 188 a 279 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que están en el rango de valores del agua en la Vega NE-5. Las aguas superficiales del Rio Estrecho y del CCR también son aguas mucho más

acidas con valores de pH cerca de 4 comparado al pH del agua de la vega NE-5 y de los pozos BT-1 y BT-2 que tienen valores de pH entre 6,6 y 7,1 (Tabla 1).

Los datos químicos muestran que el componente dominante en el Rio Estrecho y el agua del CCR es sulfato con concentraciones que varían entre 500 a 700 mg/L en el caso del Rio Estrecho y entre 866 a 1709 mg/L en el agua del CCR (Tabla 1). Mientras que el agua de la Vega NE-5 se caracteriza por valores mucho más bajos que varían entre 44,7 a 129 mg/L. Estos valores están cercanos al rango de valores entre 81 a 131 mg/L observadas en el agua subterránea de los pozos BT-1 y BT-2 que están ubicados a la salida de la Cuenca de la Olla. Las aguas subterráneas de la Vega NE-5 y de los pozos BT-1 y BT-2 se caracterizan por la presencia de bicarbonatos, el cual dado el pH acido del agua del Rio Estrecho y del CCR no está presente en estas aguas.

|*Datos de Isotopos Estables*

Los datos de isotopos estables también muestra una diferencia entre las aguas del Rio Estrecho en NE-5 y CCR y las aguas subterráneas muestreadas en la vega NE-5 y en los pozos BT-1 y BT-2. Las aguas del Rio Estrecho y CCR se caracterizan por valores entre -15,2 a -15,9 ‰ en $\delta^{18}\text{O}$ y entre -107 a -112 ‰ en $\delta^2\text{H}$ (Tabla 2). Las aguas de la vega NE-5 y de los pozos BT-1 y BT-2 se caracterizan por valores muy similares que varían entre -14,0 a -14,5 para $\delta^{18}\text{O}$ y -102 en $\delta^2\text{H}$ (Tabla 2), los cuales son muy diferentes a los valores isotópicos de las aguas superficiales. Estas diferencias se ven más claramente en la Figura 3 donde los datos isotópicos están graficados en relación a la línea meteórica local definida en el estudio de Squeo et al (1996) que representa el comportamiento de la composición isotópica de las precipitaciones desde la costa hasta la parte alta de los Andes. Los datos presentados en la Figura 3 confirman los datos colectados en Febrero del 2013 que fueron reportados en el informe del 2013 y que

mostraron que la composición isotópica del agua de la Vega NE-5 es muy diferente que la composición isotópica del agua del Rio Estrecho y el agua del CCR. Luego las diferencias isotópicas que se observan en las aguas analizadas en el área de estudio de la vega NE-5 se deben al origen del agua que alimenta a los cursos superficiales y al agua subterránea. En Chile está muy bien documentado que las aguas de precipitación se van empobreciendo en su contenido en isotopos pesados (los valores de δ tienden a valores más negativos) en función de la altura de precipitación. Este comportamiento se ha observado en precipitaciones en la zona central (ver Figura 2 en el Anexo A del informe anterior) y también en la Cuenca del Rio Limari (Strauch et al., 2006) que está localizada al sur del área de Pascua Lama. Aguas de la parte alta de la Cuenca del Limari como las aguas del Glaciar El Tapado y el Rio El Toro se caracterizan por valores de -17.9 y -15.6 ‰ para $\delta^{18}\text{O}$ y -131 a -109 ‰ en $\delta^2\text{H}$. Luego, el Rio Limari cambia su composición isotópica a lo largo de su cauce a valores de -12.5 y -94.7 ‰ en $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$, respectivamente en la parte baja de la Cuenca, debido al aporte de aguas más enriquecidas en isotopos pesados de precipitaciones de cotas más bajas (Strauch et al., 2006). Luego los datos isotópicos colectados en el área de la vega NE-5 están indicando que las aguas del Rio Estrecho y del CCR son aguas alimentadas por precipitaciones a cotas mayores que las aguas de aporte a la vega NE-5 y el agua del acuífero de la Olla que está representado por las aguas subterráneas colectadas en los pozos BT-1 y BT-2.

Conclusiones

En resumen, los datos de isotopos estables están mostrando que no existiría una interacción entre la vega NE-5 y El Rio Estrecho y el acuífero del Rio Estrecho representado por CCR. Esta conclusión está apoyada por los datos de conductividad y pH que muestra que las aguas de la

Universidad de Waterloo

vega NE-5 tienen un pH cerca de 6.5 y son de más baja conductividad que el Rio Estrecho y CRC que son aguas más acidas con pH cercano a 4. Los datos químicos también muestran que la química del agua de la Vega NE-5 es muy diferente que la química del agua del Rio Estrecho y más parecida a la química del agua subterránea del acuífero de la Olla. El agua que alimenta a la vega NE-5 viene de los depósitos de laderas que serían alimentados por aguas subterráneas de la Quebrada de la Olla.

Esto también se ve confirmado por los datos de niveles de agua colectados en la Vega NE-5 que muestran un tendencia de decrecimiento en el tiempo, lo cual está asociado a una disminución de la precipitación durante los últimos 10 años, lo cual ha afectado el nivel regional del agua subterráneas en la zona de estudio. Evidencias físicas también confirman el efecto del periodo seco. Cuando se inició este estudio había evidencia de la existencia de manantiales que descargaban al comienzo de la vega desde los depósitos de laderas. (Figura 4) y que dieron origen a la vegetación de *Oxychloe andina* que existe en esa área. Debido a la escasez de precipitación durante los últimos años, estos manantiales prácticamente se secaron lo cual ha afectado la vegetación de *Oxychloe andina* las cuales se han ido secando en el tiempo y también ha tenido un efecto muy fuerte en el estado general de la vega que muestra áreas prácticamente secas y desprovistas de vegetación (Figure 5).

Finalmente, estos resultados están indicando que la vega NE-5 no está recibiendo agua del acuífero de la Quebrada Estrecho y tampoco del Rio Estrecho y que su fuente de agua estaría asociada al sistema de flujo de aguas subterráneas de la Quebrada de la Olla. Luego la vega NE-5 no ha sido y no será afectada por el desarrollo y operación de la mina como por ejemplo la construcción del muro cortafuga en la Cuenca del Rio Estrecho.

Referencias

- Aravena, R. 1995. Isotope Hydrology and geochemistry of northern Chile groundwaters. Bull. Inst. Fr. etudes andines, 24: 495-503.
- Herrera, C., Pueyo, J.J., Saez, A., Valero-Garcés, B.L. 2006. Relación de aguas superficiales y subterráneas en el área del lago Chungará y lagunas Cotacotani, norte de Chile: un estudio isotópico. Revista Geológica de Chile, Santiago, v. 33, n. 2: 299-325.
- Squeo FA, Aravena R, Aguirre E, Pollastri A, Jorquera CB, Ehleringer JR. 2006. Groundwater dynamics in a coastal aquifer in North-central Chile: Implications for groundwater recharge in an arid ecosystem. *J Arid Environ* 67:240–254
- Strauch G, Oyarzún J, Fiebig-Wittmaack M, González E, Weise S. 2006. Contributions of the different water sources to the Elqui river runoff (northern Chile) evaluated by H/O isotopes. *IEnviron Health S* 42(3):303–322.

Tabla 1. Datos Quimicos, Estudio Vega NE-5

Muestra	Fecha de Muestreo	CE μS/cm	pH	Ca	Na	Mg	K	HCO3	SO4	Cl
23/02/2013										
Vega NE-5		300	6.6	32.6	4.4	9.6	1.2	25	129	1.7
*Rio Estrecho		980	4	114	6.8	30	2.8	<0.5	500	3
*CCR		1100	3.9						866	
22/04/2013										
BT-1		279	7.1	37.3	4.5	11.5	0.7	67	131.2	2.38
BT-2		188	6.7	25	4	7.3	0.6	58	81.2	1.4
Vega NE-5		359	6.5	42	4.5	9.8	1.4	22	44.7	1.95
*Rio Estrecho		870	4.2	130	11	36	3.8	<0.5	700	4
*CCR		2300	3.7						1709	

* Datos colectados por el monitoreo ambiental de Barrick

Tabla 2. Datos isotópicos en aguas colectadas en Abril del 2013

Muestra	$\delta^{18}\text{O}$ (VSMOW) ‰	repetición	$\delta^2\text{H}$ (VSMOW) ‰	repetición
Rio Estrecho en NE-5	-15.17	-15.24	-107.17	-107.02
CCR	-15.90	-15.94	-111.99	-112.21
Vega NE-5	-14.24	-14.19	-99.2	-99.6
Pozo BT-1	-14.12	-14.02	-99.74	-99.87
Pozo BT-2	-14.50	-14.58	-102.32	-102.30

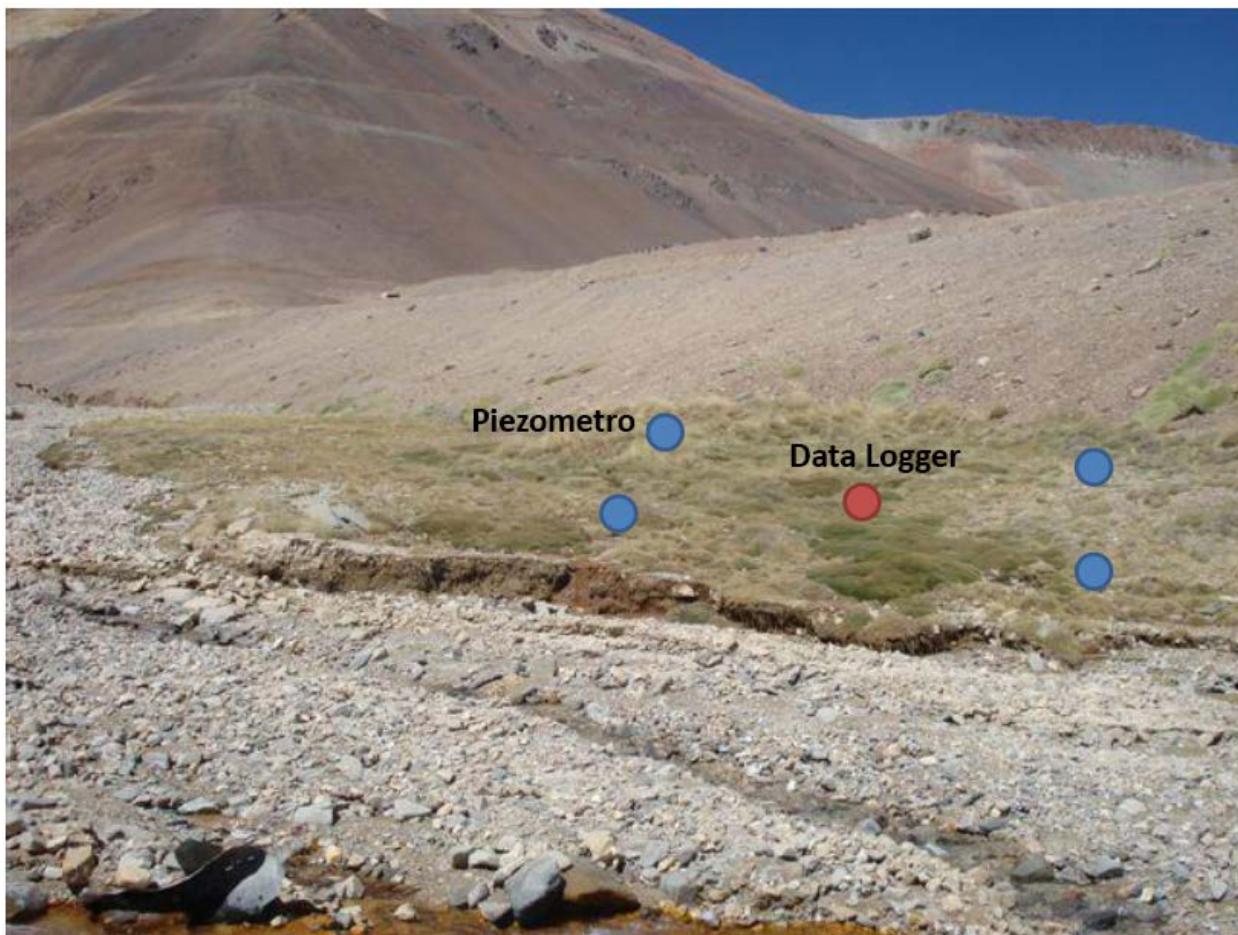


Figura 1. Ubicación de piezómetros y data logger

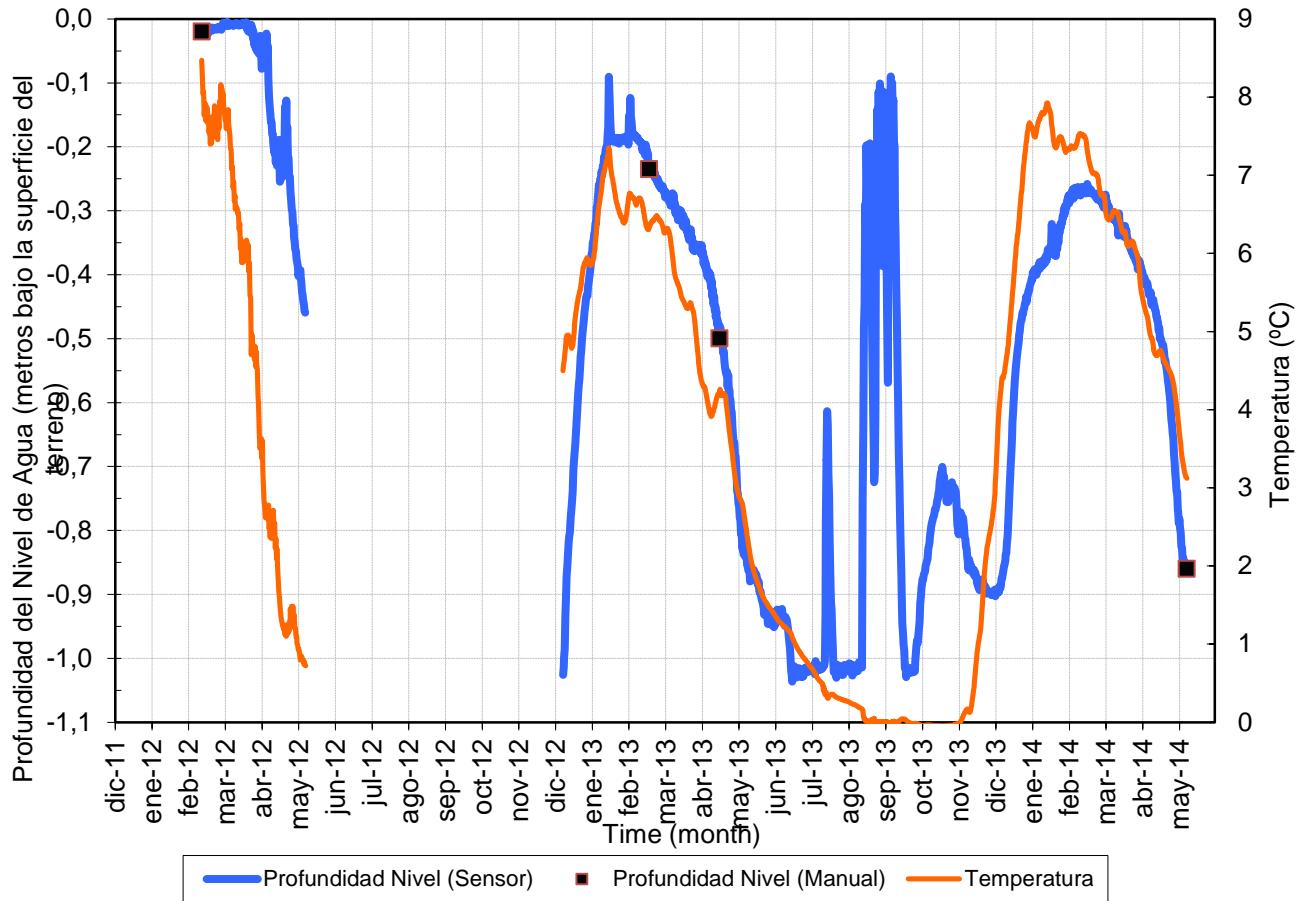


Figura 2. Datos de niveles de agua en la Vega NE-5

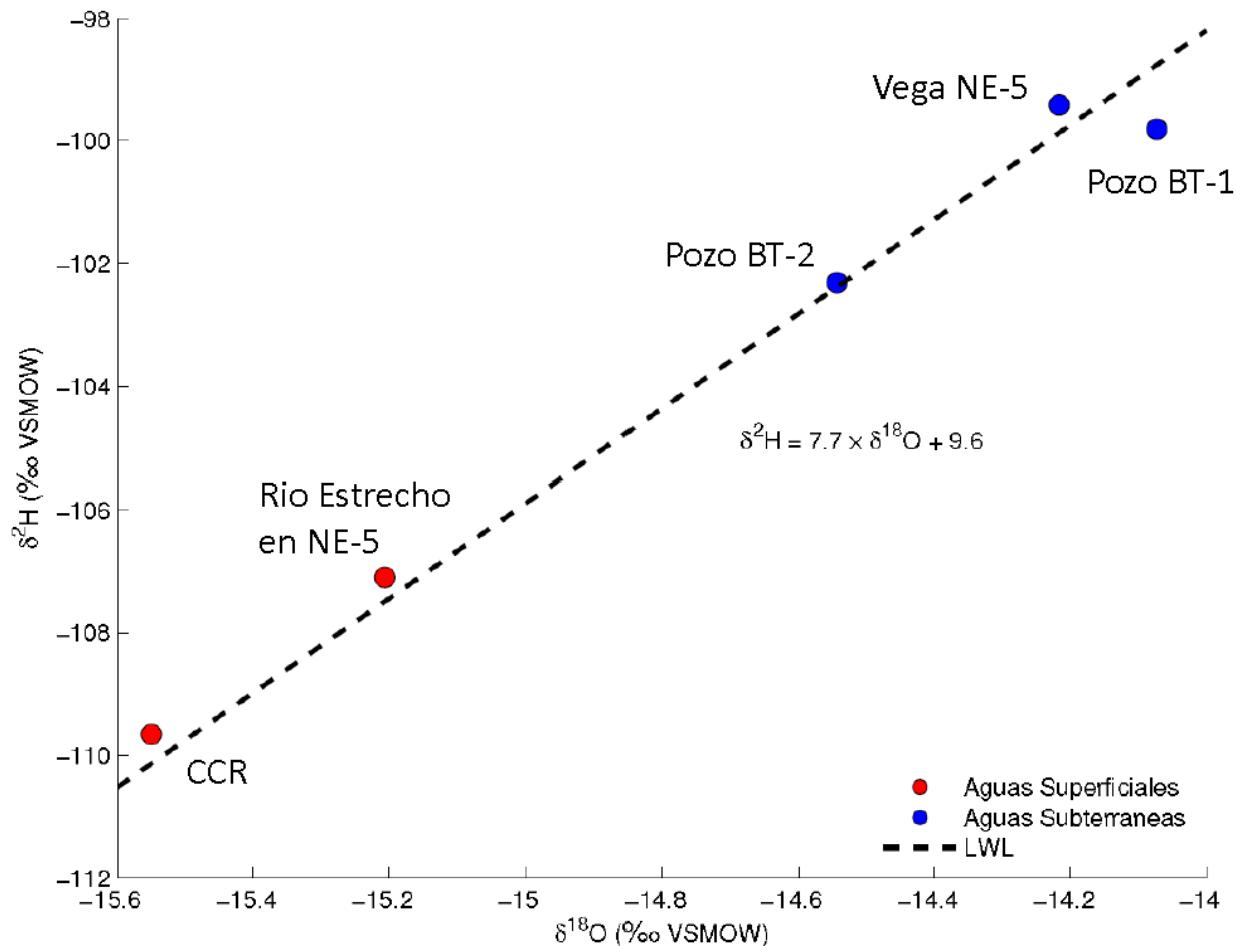


Figura 3. Datos de isotopos estables en aguas superficiales y subterráneas

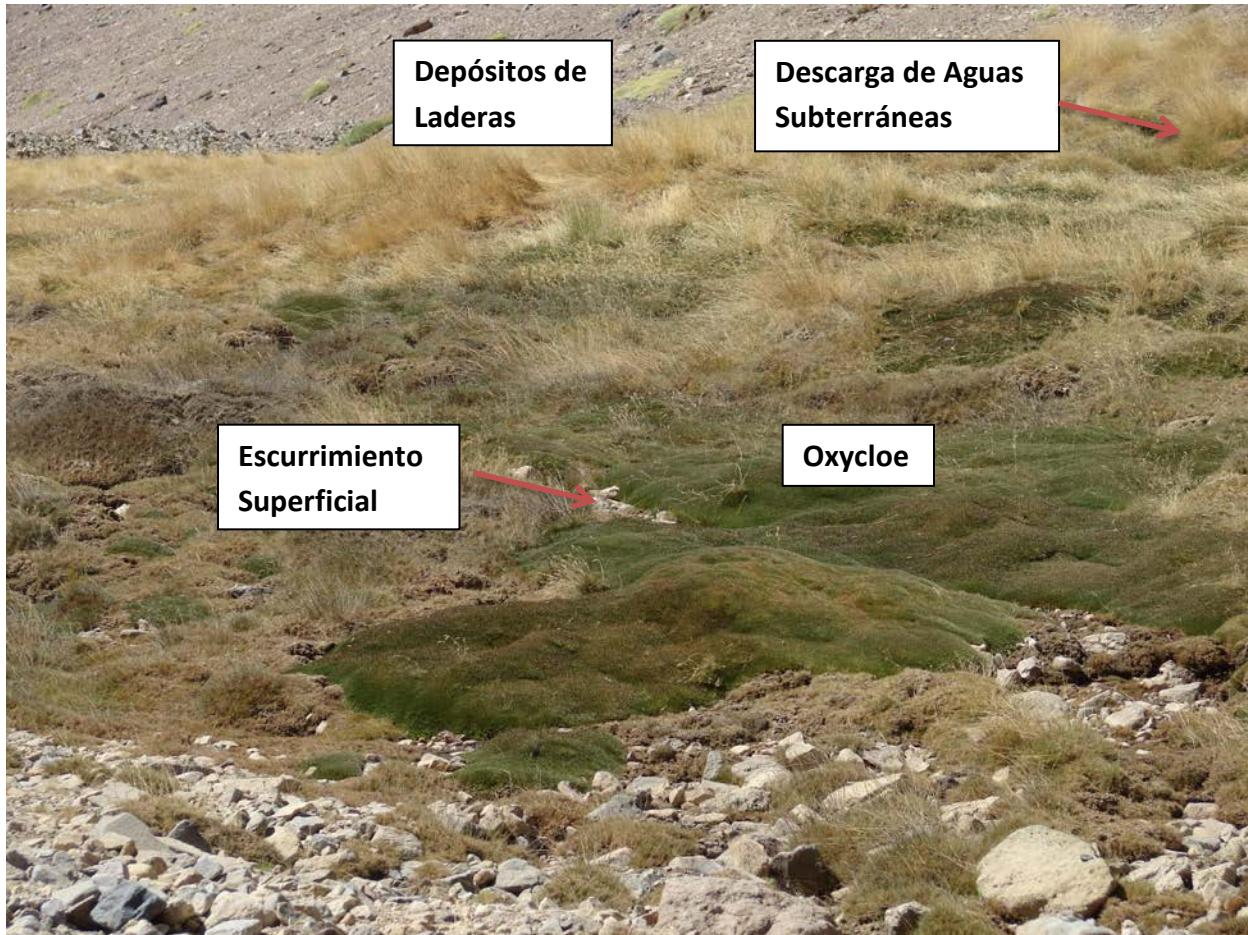


Figura 4. Evidencias de descarga de aguas subterráneas en Vega NE-5 (foto del verano del 2012)

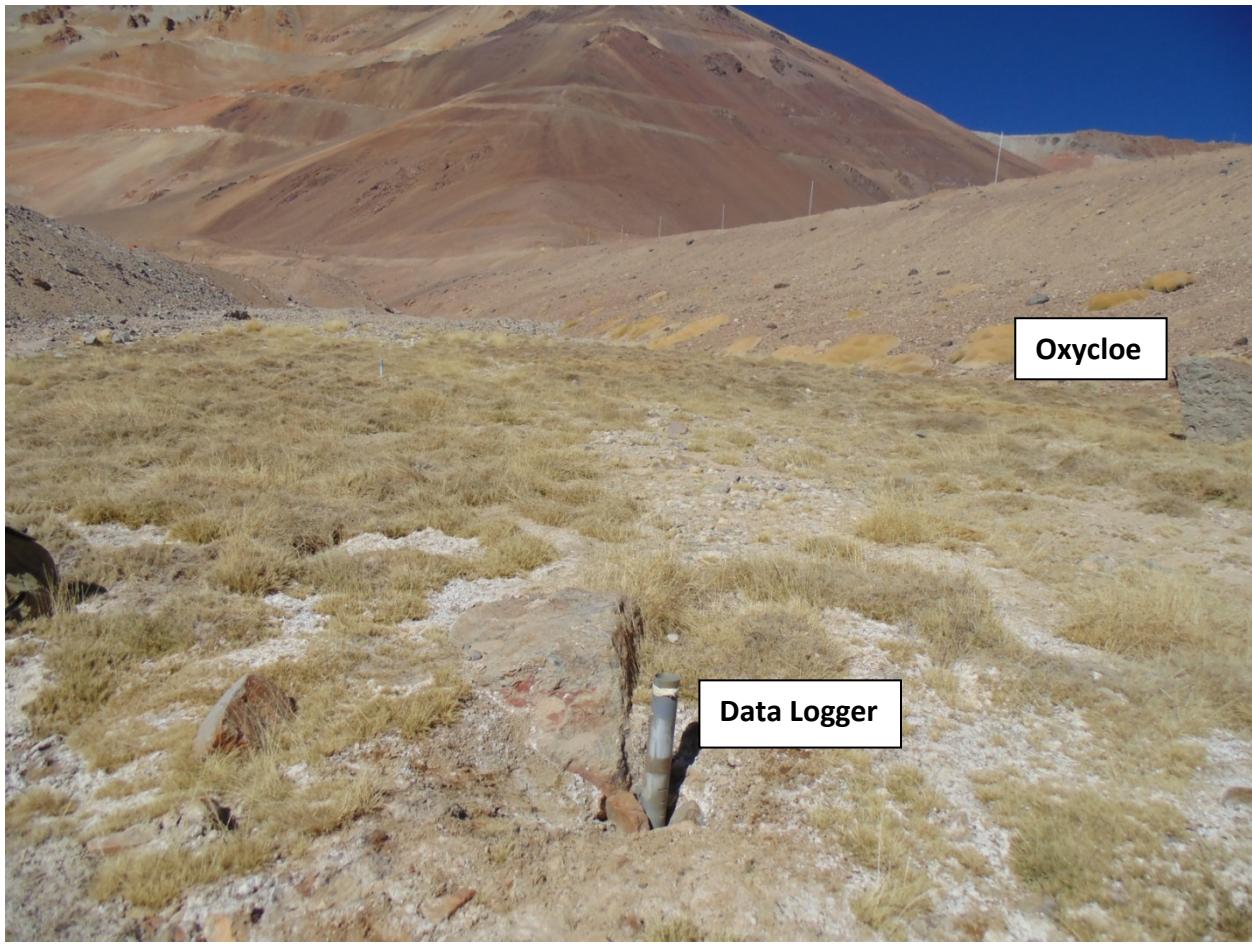


Figura 5. Vega NE-5 en Mayo del 2014

Copiapó, 06 de Junio de 2012
PL-078/2012

Señorita
Olivia Pereira Valdes
Directora Regional (s)
Servicio Evaluación Ambiental
Región de Atacama
Presente

REF.: Adjunta Informe de Monitoreo del Nivel Freático de la Vega NE-5

Junto con saludarlo y dando cumplimiento a lo establecido en la Adenda N°3 S9-8 de la Resolución de Calificación Ambiental N° 24/2006 que calificó favorablemente el proyecto Pascua-Lama, me dirijo a Ud. con el propósito de entregar el informe sobre el Monitoreo del Nivel Freático de la Vega en el punto NE-5.



Patricio Pinto Ariztía
Representante Legal
Compañía Minera Nevada SpA

DIRECCION GENERAL DE AGUAS M.O.P. REGION DE ATACAMA
RECIBIDO 06 JUN 2012
HORA 11:54 Nº
SSD _____
DEPTO. ADM. <input type="checkbox"/>
DEPTO. HIDROLOG. <input type="checkbox"/>
DEPTO. R. HIDRICOS <input type="checkbox"/>
FISCALIZACION Y MEDIO AMBIENTE <input type="checkbox"/>
ESTUDIOS <input type="checkbox"/>

LVM/CW

CC:

- Director Regional DGA
- Director Regional SAG
- Archivo

Direcciones:

Alto del Carmen, 31 de enero S/N, fono: 051-202503. Vallenar, Ochandía 1460, fono: 051-202255. Copiapó, Callejón Diego de Almagro 204; fono: 052- 234832. Coquimbo, Barrio Industrial, sitio 58, Alto peñuelas; fono: 051-202208



BARRICK

Copiapó, 06 de Junio de 2012

PL-078/2012

**OF. DE PARTES
III - REGION**

06 JUN 2012

SEA

**Señorita
Olivia Pereira Valdes
Directora Regional (s)
Servicio Evaluación Ambiental
Región de Atacama
Presente**

REF.: Adjunta Informe de Monitoreo del Nivel Freático de la Vega NE-5

Junto con saludarlo y dando cumplimiento a lo establecido en la Adenda N°3 S9-8 de la Resolución de Calificación Ambiental N° 24/2006 que calificó favorablemente el proyecto Pascua-Lama, me dirijo a Ud. con el propósito de entregar el informe sobre el Monitoreo del Nivel Freático de la Vega en el punto NE-5.

~~Patricio Pinto Ariztía
Representante Legal
Compañía Minera Nevada SpA~~

LVM/CW

cc:

- Director Regional DGA
 - Director Regional SAG
 - Archivo

Direcciones:

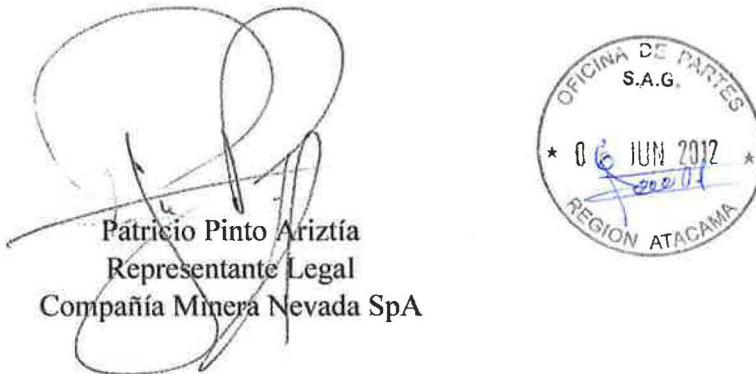
Alto del Carmen, 31 de enero S/N, fono: 051-202503. Vallenar, Ochandía 1460, fono: 051-202255. Copiapó, Callejón Diego de Almagro 204; fono: 052-234832. Coquimbo, Barrio Industrial, sitio 58, Alto peñuelas; fono: 051-202208

Copiapó, 06 de Junio de 2012
PL-078/2012

Señorita
Olivia Pereira Valdes
Directora Regional (s)
Servicio Evaluación Ambiental
Región de Atacama
Presente

REF.: Adjunta Informe de Monitoreo del Nivel Freático de la Vega NE-5

Junto con saludarlo y dando cumplimiento a lo establecido en la Adenda N°3 S9-8 de la Resolución de Calificación Ambiental N° 24/2006 que calificó favorablemente el proyecto Pascua-Lama, me dirijo a Ud. con el propósito de entregar el informe sobre el Monitoreo del Nivel Freático de la Vega en el punto NE-5.



LVM/CW

CC:

- Director Regional DGA
- Director Regional SAG
- Archivo

Direcciones:

Alto del Carmen, 31 de enero S/N, fono: 051-202503. Vallenar, Ochandía 1460, fono: 051-202255. Copiapó, Callejón Diego de Almagro 204; fono: 052- 234832. Coquimbo, Barrio Industrial, sitio 58, Alto peñuelas; fono: 051-202208

Proyecto Pascua - Lama

III Región

**Resolución de Calificación Ambiental
RCA N° 24/2006**



Monitoreo de Nivel Freático Vega NE-5

Río Estrecho

INFORME Abril 2012

Informe de Campaña de Terreno en la Vega NE-5

En este informe se describen las actividades realizadas en la campaña de terreno efectuada entre el 21 y 24 de Febrero y 22 de Abril del 2012. Estas actividades se desarrollaron en la vega denominada NE-5, localizada cerca de la estación de aforo NE-5 en el Río Estrecho, en el Bofedal Barriales localizado en el Campamento Barriales y el Bofedal de Tres Quebradas. Estas actividades consistieron en la: a) instalación de un data logger y de una red de piezómetros en la Vega NE-5; b) obtención de datos de nivel de agua y de presión atmosférica acumulados en data loggers previamente instalados en el Bofedal Barriales y en el Bofedal de Tres Quebradas; c) Recuperación e instalación de un data logger en el Bofedal de Tres Quebradas. En estas actividades participaron el Dr. Ramón Aravena y el estudiante Gonzalo Huerta de la Universidad de Waterloo y el Dr. Francisco Squeo de la Universidad de la Serena.

Uno de los objetivos del estudio en la Vega NE-5 es evaluar las fuentes de las aguas de la vega, y su conexión con el acuífero y el Río Estrecho en la Cuenca del Río Estrecho.

Los principales objetivos de esta campaña de terreno fueron los siguientes:

- a) La instalación de un data logger en la vega NE-5 para la medición continua del nivel de agua en la vega;
- b) La instalación de una red de piezómetros que servirán para recolección de información para evaluar el sistema de flujo de agua en la vega y colectar muestras de aguas subterráneas para análisis químicos e isotópicos.

La ubicación aproximada del data logger y los piezómetros, se puede ver en la Figura 1. Una vez que la ubicación de la instrumentación sea georreferenciada se preparará un mapa definitivo. El data logger es del tipo Solinst modelo 3001 que fue instalado dentro de un tubo de PVC (Figura 2) de 72 mm de diámetro y 86 cm de profundidad total y el data logger fue programado para tomar medidas de nivel de agua en la vega cada 6 horas. La primera recolección de datos de nivel de agua en la Vega NE-5 se realizará a comienzos de primavera del 2012.

Como parte de un estudio anterior, tres data loggers y un baro logger Solinst modelo 3001 estaban instalados en los bofedales del Campamento Barriales y de Tres Quebradas, respectivamente. Los data loggers están midiendo niveles de agua en los bofedales y los baro logger registran valores de presión atmosférica. Los datos del baro logger se usan para corregir las medidas de los data loggers con respecto a la presión atmosférica. Los datos del baro logger instalado en el Bofedal del Campamento Barriales servirá para corregir los datos obtenidos en el

Universidad de Waterloo

data logger instalado en la vega NE-5. Con la excepción de un data logger que fue destruido en la Bofedal Tres Quebradas, los baro loggers y los data loggers en los Bofedales del Campamento Barriales y de Tres Quebradas están funcionando bien y durante la campaña de Febrero se bajaron los datos recolectados en estos loggers. Estos datos están siendo procesados y se informaran en conjunto con los datos de nivel de agua que se recolectaran durante la primavera del 2012 en la vega NE-5 y en los Bofedales Barriales y de Tres Quebradas. Durante una campaña de terreno de un día realizada el 22 de Abril del 2012 en que participaron los Doctores. Aravena y Squeo, el data logger que fue destruido en el Bofedal Tres Quebradas fue recuperado y se volvió a instalar. Se tienen varios años de registros de niveles de agua en los bofedales Tres Quebradas y el Campamento Barriales desde Diciembre del 2006 y el plan es continuar con este registro de niveles. Esta información servirá para hacer una análisis mas completo de los niveles de agua que se obtendrán en la vega NE-5 en un contexto más regional.

En relación a los piezómetros instalados en la Vega NE-5, estos se construyeron con tubos de PVC de un diámetro de 32 mm, con una rejilla de 15 cm en la parte terminal del tubo. Los piezómetros fueron instalados a lo largo de dos transectas que incluyen dos piezómetros en cada una. Uno fue instalado al comienzo y el otro en la parte terminal de la vega cerca del Río Estrecho (Figuras 3 y 4). La transecta Oeste esta compuesta de dos piezómetros de una profundidad de 80 cm y la altura del tubo desde la superficie es de 15 cm. La transecta Este tiene dos piezómetros de una profundidad de 80 cm, la altura del tubo desde la superficie es 15 cm y 30 cm respectivamente. Esta instrumentación se completará con la instalación de punteras (drive point) a una profundidad entre un metro y un metro y medio que se realizará durante la primavera del 2012. El muestreo de la red de piezómetros se iniciará a comienzos de la primavera del 2012.

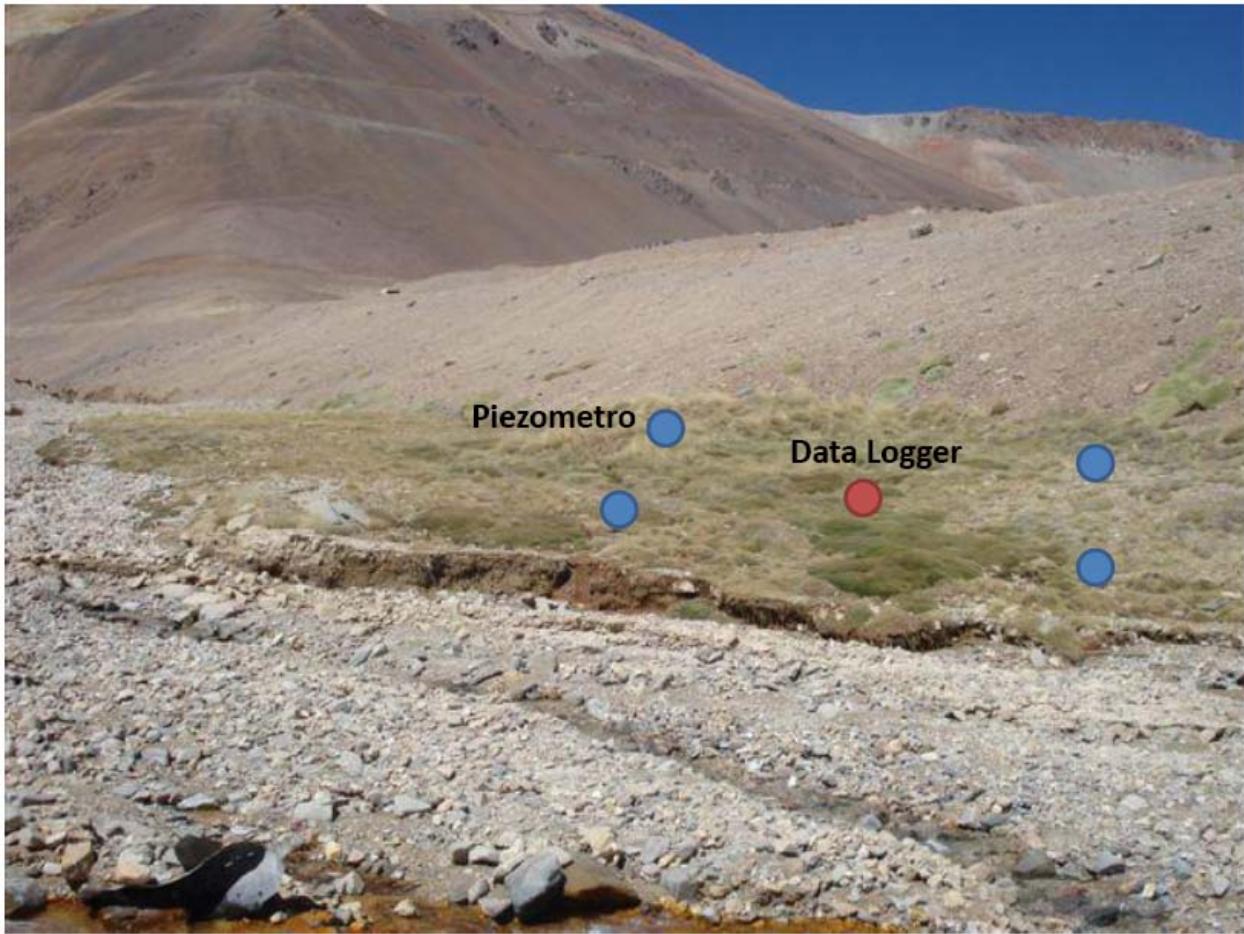


Figura 1. Mapa preliminar de la ubicación del data logger y piezómetros en la vega NE-5



Figura 2. Data Logger en la vega NE-5



Figura 3. Piezómetro instalado al comienzo de la vega NE-5



Figura 4. Piezómetro instalado en el área cercana al río, en la vega NE-5

Informe de Medición del Nivel Freático en la Vega NE-5

Campaña Octubre - 2012

Materia: Monitoreo de nivel freático de vegas

Referencia: Adenda 3, S9-8

Compromiso: En el sector de NE 5 existen pequeñas vegas que, según el modelo, se encuentran en la zona de reducción de la napa freática de la caja del Río. Se monitoreará el nivel freático dentro de algunas de estas vegas.

La medición del nivel freático en la vega NE-5 es parte de un estudio que tiene como finalidad entender el funcionamiento de la vega en relación a sus fuentes de agua. Para esta finalidad, la vega fue instrumentada con un data logger y cuatro piezómetros (Figura 1). Una de las características de la vega NE-5 es que prácticamente no hay acumulación de materia orgánica. La vegetación está sobre un material compuesto de clastos de todos tamaños con grado menor de material como arena y arcilla que se encuentra en los primeros 80 cm de profundidad y luego bajo esta unidad hay arena gruesa. El bofedal se encuentra en una ladera de la hoyada del Río Estrecho (Figura 1) luego es posible que cada cierto periodo de tiempo durante crecidas excepcionales del Río Estrecho la vega es arrastrada por el aluvión. Esto explicaría la carencia de acumulación de materia orgánica en la vega. En contraste en bofedales bien establecidos como el Bofedal Campamento Barriales y Tres Quebradas se ha encontrado acumulación de materia orgánica de hasta 3 a 4 metros de espesor.

El data logger se instaló el 23 de Febrero del 2012 y la primera recolección de datos se realizó en la campaña de terreno de Octubre del 2012. En esta campaña también se había planificado colectar muestras para análisis químicos e isotópicos de la red de piezómetros que se instalaron en la vega también en Febrero del 2012. En estas actividades participaron el Dr. Ramon Aravena y el estudiante Gonzalo Huerta de la Universidad de Waterloo.

Durante la extracción del data logger del tubo plástico se observó que el data logger estaba atrapado y no podría ser recuperado. Luego se excavó un hoyo y se encontró que el agua se había congelado en el tubo (Figura 2) lo que explica que el data logger no podía ser recuperado del pozo (Figuras 3 y 4). El fenómeno del congelamiento se debió seguramente a que no hubo nieve en el invierno que actuara como protección térmica en el suelo de la vega. El agua en los piezómetros también estaba congelada, indicando que el frente frío penetró por lo menos unos 60 a 70 cm en el suelo. Luego la actividad de colección de aguas de los piezómetros para análisis químicos e isotópicos se pospuso para Febrero del 2013 cuando los niveles de agua deberían estar en su nivel más alto.

Una vez que se recuperó el data logger, se recolectaron los datos y en el registro de temperatura se ve claramente que la temperatura bajó desde alrededor de 8 °C en Febrero a valores cerca de cero grados a comienzo de Junio y por los datos de niveles es posible que el agua se haya congelado alrededor del 18 de Julio (Figura 5). En esta figura se puede observar que el nivel del agua bajo cerca de 50 cm entre Febrero y comienzo de Junio en la vega NE-5.

Con respecto a la reinstalación del data logger, como en el suelo había permafrost hasta cerca de 80 cm a 1 m de profundidad, se decidió esperar hasta que subiera la temperatura para instalar un nuevo tubo que esta vez tendría que ser más profundo para poder minimizar la posibilidad que se congele de nuevo. Esta actividad se realizará una vez que se den las condiciones antes mencionadas.

Un ejemplo que ilustra bien el tipo de datos estacionales que se obtiene con el tipo de data logger que se instaló en el bofedal NE-5 se puede observar en la Figura 6. Estos datos se colectaron en el Bofedal del Campamento Barriales durante los años 2007 y 2008. En esta figura se puede observar que los máximos descensos de nivel se observan en el verano durante el período de crecimiento de las plantas y es cuando el efecto de pérdidas de agua por evapotranspiración es mayor. Se está haciendo una recopilación de datos de niveles de agua medidos durante los últimos 5 años en los Bofedales de Campamento Barriales y Tres Quebradas que permitirá tener una serie de datos a más largo plazo que servirá para evaluar cambios de niveles asociados a períodos secos y períodos húmedos en la zona de Pascua Lama. Medidas de niveles de agua se siguen colectando en estos Bofedales. Este tipo de información en conjunto con la información

Universidad de Waterloo

biológica que esta recopilando el D. Francisco Squeo de la Universidad de la Serena servirá para evaluar la respuesta de los Bofedales a cambios climáticos en la región.

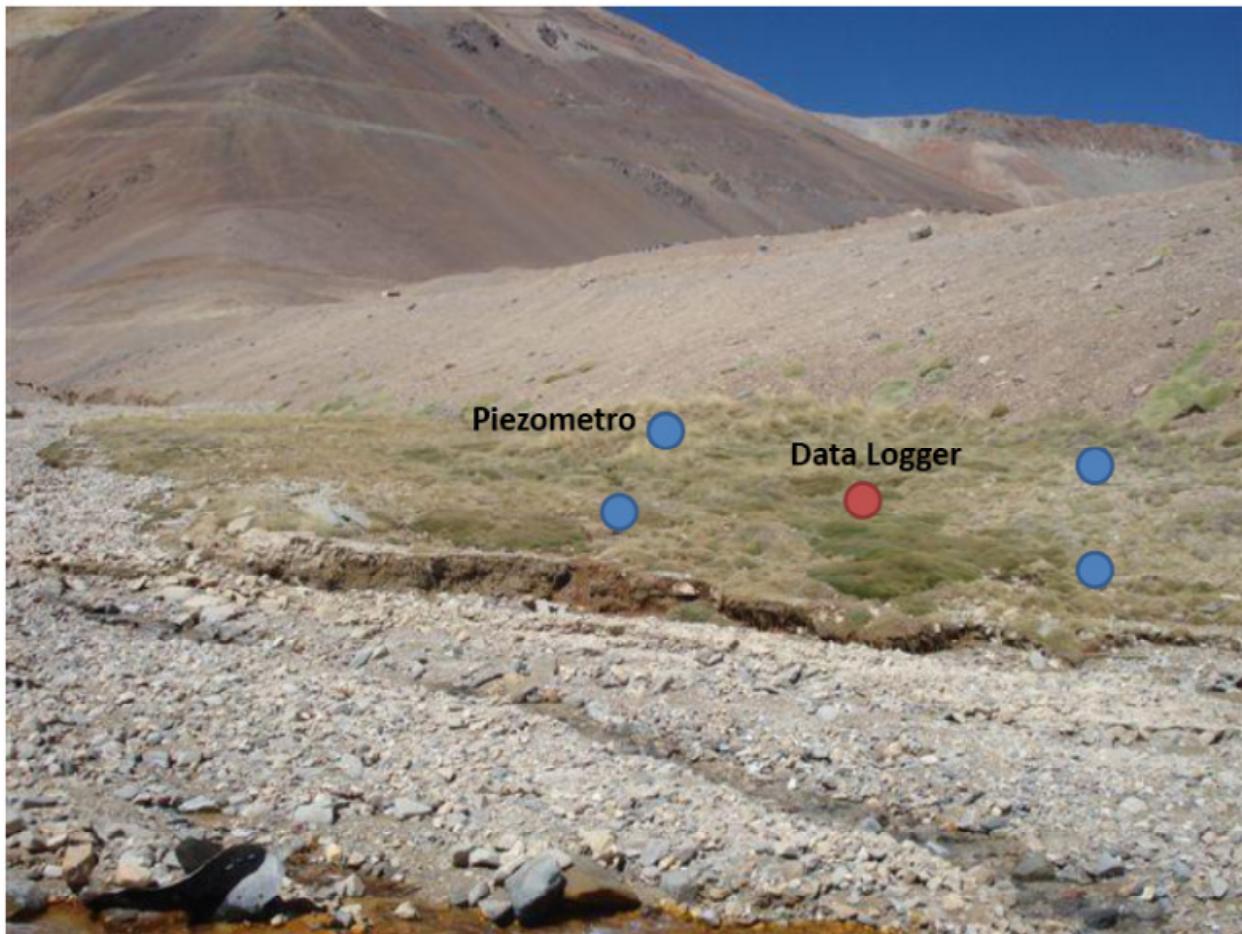


Figura 1. Mapa de la ubicación del data logger y piezómetros en la vega NE-5



Figura 2. Agua congelada en el tubo



Figura 3. Data Logger inserto en el hielo



Figura 4. Otra vista del Data Logger inserto en el hielo

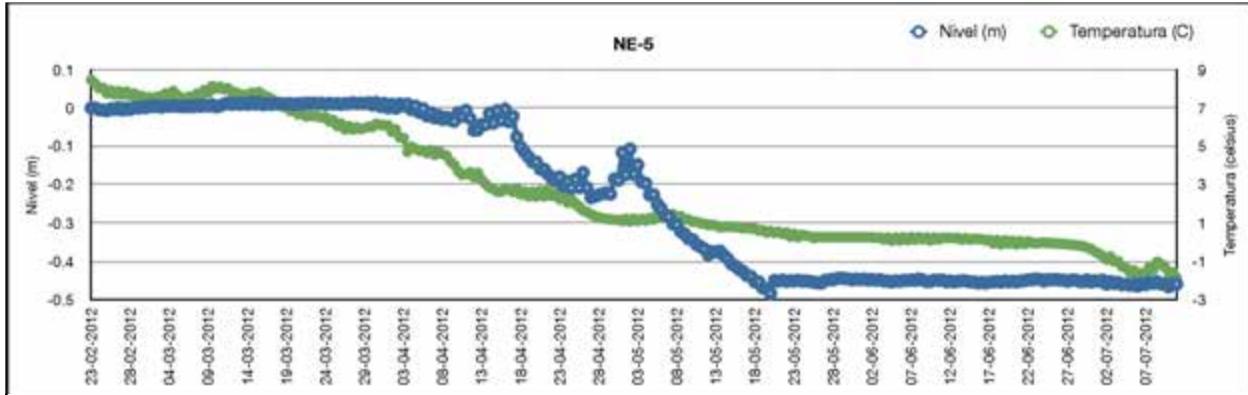


Figura 5. Datos de niveles y temperatura en el Bofedal NE-5, periodo 23 de Febrero a 15 de Julio, 2012

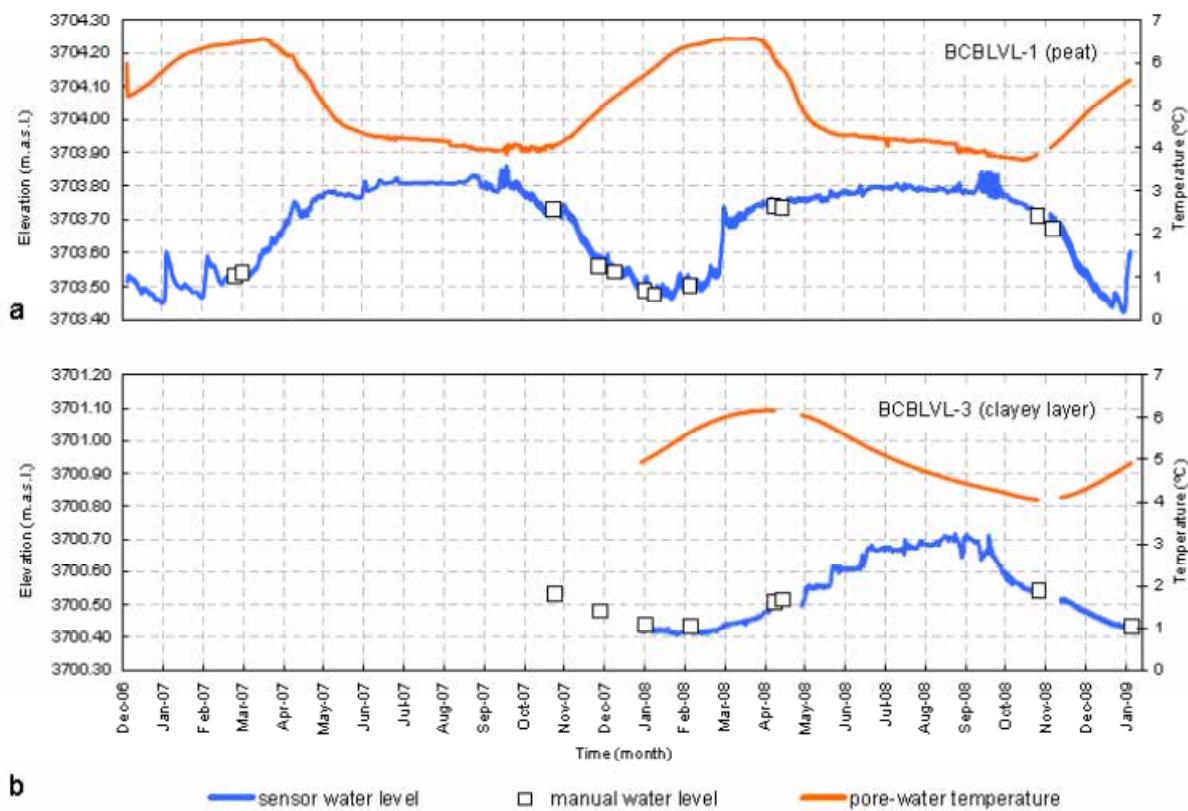


Figura 6. Registro de niveles de agua y de temperatura en el Bofedal Campamento

Barriales. Los cuadrados representan medidas manuales de niveles.



UNIVERSIDAD DE LA SERENA

Departamento de Biología

INFORME 2014

MONITOREO Y ACTUALIZACIÓN DE LÍNEA DE BASE DE RECURSOS BIÓTICOS PROYECTO PASCUA-LAMA: FLORA Y VEGETACIÓN DE VEGAS



Preparado por:

Natalio Roque-Marca^{1,2,*}, Francisco A. Squeo^{1,2,3} y Claire Ponsac⁴

¹ Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena e), Casilla 599, La Serena, Chile.

² Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB)

³ Centro de estudios avanzados en zonas áridas (CEAZA)

⁴ Universidad de Aix-Marsella, Maestría en Gestión del agua y de los ecosistemas acuáticos, especialidad humedales mediterráneos.

* Alumno tesista del programa de Magíster de Ecología de Zonas Áridas, Universidad de La Serena

RESUMEN

En este documento se informan los resultados de los trabajos de terreno y laboratorio de la temporada de crecimiento 2013-2014 acerca de la vegetación de las cuatro vegas que se han monitoreado desde el año 2002 (Pascua, Tres Quebradas, Potrerillo y La Vaca), y las dos vegas que se han muestreado desde el año 2012 en las quebradas del Calvario y Casa Blanca. Dicha información constituye parte de la actualización de la línea de base de recursos bióticos del Proyecto Pascua Lama: vegas andinas y, monitoreo de vegas andinas asociadas al proyectos Camino de Acceso y tendido eléctrico a Proyecto Pascua-Lama desde Punta Colorada. Se incluye los muestreos de productividad, diversidad y de intercambio de gases fotosintéticos en condiciones de exclusión de ganado doméstico y herbívoros mayores de estas seis vegas andinas. Se incluyen resultados del nivel freático en las vegas de Campamento Pascua y Tres Quebradas, los cuales son monitoreados desde diciembre de 2006.

INTRODUCCIÓN

Los humedales son de importancia social y económica para la humanidad(Hall, 1997), cumplen muchas funciones relacionadas con los recursos hídricos, como ser fuentes naturales de agua, reguladores del ciclo hidrológico, zonas de descarga y recarga de acuíferos, barreras naturales contra las inundaciones, mejora la calidad del agua (Shine & Klemm 1999). Asimismo, son reservorios de biodiversidad, áreas de cría, refugio y corredores de aves migratorias de fauna silvestre, especialmente de aves acuáticas (Niering, 1985).

Los pantanos, charcas, cañadas, cañadones, mallines, barreales, turberas, áreas inundadas por desbordes fluviales y lagunas someras muy vegetadas son los tipos más representativos de humedales (Schnack, 2001). Estos ambientes, cubiertos temporalmente o intermitentemente por aguas poco profundas hacen referencia a la definiciones de *wetland* (humedal; Shaw & Fredine, 1956), son importantes como hábitats para la vida silvestre, en especial para las aves acuáticas.

Según Bacon (1996) las condiciones acuáticas y terrestres de los humedales, hace que estos ecosistemas sean los más complejos del planeta, porque están determinados principalmente por procesos hidrológicos, que pueden presentar fluctuaciones diarias, estacionales y/o a largo plazo, los cuales estarán relacionados con el clima regional y la ubicación geográfica del sitio. Estos factores dan lugar a una variedad de tipos de humedales. En consecuencia, la diversidad de organismos presentes en los humedales tiende a incrementarse. Mitsch & Gosselink (2000) caracterizan a los humedales por la presencia de agua, en la superficie o en la zona de las raíces vegetales, de suelos hidromórficos y de vegetación adaptada a condiciones de humedad (hidrófitas).

La Convención Ramsar establece un marco de acción nacional y de la cooperación internacional para la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos (Ramsar, 2013). Casi 206 millones de hectáreas (ha) de los humedales, en 2.143 sitios de todo el mundo han sido designados como humedales de Importancia Internacional (Ramsar, 2013), de los cuales, 12 sitios se encuentran en Chile, con una superficie de 359 ha.

Los humedales en Chile se encuentran en las regiones marino-costera y andina (Squeo et al. 2006a, 2006b). En particular, los humedales de formación azonal, praderas naturales que se ubican en las zonas altoandinas y altiplánicas son los *bofedales*, término propio de Chile, Bolivia y Perú (Ruthsatz, 2000; Squeo et al., 1994; Körner, 1999). Los bofedales son también conocidos como vegas y/o turberas de altura que difieren significativamente en su estructura y dinámica de la vegetación (Squeo et al. 2006c). Los bofedales son hábitats naturales húmedos, con agua permanente, alimentados por diferentes fuentes como: deshielo de glaciares, afloramientos superficiales de aguas subterráneas, nieve y

precipitaciones pluviales (Alzerrecaet al., 2001; Squeo et al., 2006a). Por otra parte, las vegas altoandinas se caracterizan por ser mineratróficas (Warner *et al.* 2008).

Las funciones de las *vegas* y los *bogedales* altoandinos, junto con su estructura y dinámica, determinan su importancia ecológica. Las funciones pueden clasificarse en geomorfológicas (retención de sedimentos), hidrológicas (recarga y descarga de acuíferos), biogeoquímicas (sumideros, fuente, transformación de nutrientes) y biológicas (producción de materia orgánica, hábitat de organismos, mantenimiento de redes tróficas, entre otras).

Objetivo General

Realizar un estudio de monitoreo y actualización de la línea de base de los recursos bióticos de la flora y vegetación del área de influencia del proyecto Pascua - Lama.

Objetivos Específicos del Estudio:

- 1.- Actualización de la línea de base de recursos bióticos del Proyecto Pascua Lama: vegas andinas.
- 2.- Monitoreo de vegas andinas asociadas a los proyectos Camino de Acceso y tendido eléctrico a Proyecto Pascua-Lama desde Punta Colorada.

Objetivos del presente Informe:

1. Cuantificar y evaluar la productividad primaria de seis vegas para la temporada 2013-2014.
2. Cuantificar la diversidad y abundancia (en términos de biomasa) de las especies presentes en estas vegas.
3. Evaluar el efecto del forrajeo en la productividad y diversidad de la vegetación en tres vegas.
4. Estimar las tasas de fotosíntesis y transpiración en las vegas en las vegas estudiadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de Estudio

El área general de estudio se localiza en la alta cordillera de la comuna de Alto de Carmen, provincia de Huasco, en el extremo sur-este de la III Región de Atacama, y alcanza la comuna de Vicuña, en la IV Región. El área de influencia del Proyecto Pascua-Lama en que se realizaron los estudios corresponden a la cuenca alta del Río del Estrecho, cuenca del Río Tres Quebradas (y El Toro) y cuenca alta del Río Potrerillos (Tabla 1). Este estudio también incluye las vegas andinas asociadas al camino que se localizan en las quebrada de Casa Blanca (comuna de Alto del Carmen) y de Calvario (comuna de la Vicuña, IV Región de Coquimbo).

Tabla 1. Vegas altoandinas que forman parte del compromiso de monitoreo de vegas en la zona del proyecto Pascua-Lama.

VEGAS ALTOANDINAS	LATITUD SUR	LONGITUD OESTE
Barriales	29° 16' 17"	70° 36' 32"
Tres Quebradas	29° 20' 05"	70° 06' 53"
Vaca	29° 28' 05"	70° 09' 10"
Potreros	29° 28' 52"	70° 04' 52"
Calvario	29° 29' 20"	70° 31' 10"
Casa Blanca	29° 20' 46"	70° 25' 44"

Productividad y diversidad de vegas

En noviembre del 2013, al comienzo de la estación de crecimiento y antes de la llegada de animales domésticos, por cada vega se instalaron siete exclusiones, construidas de alambre galvanizado 5mm, con dimensiones de 70cm x 70cm x 80cm (largo x ancho x alto) para evitar el forrajeo por pastoreo (figura 1A) (Tabla 2). Al término de la estación de crecimiento (marzo 2014) algunas de estas exclusiones se perdieron debido a la extracción por terceros no identificados y en un par de casos fueron alteradas por ganado.



Figura1. A) Instalación de exclusiones para evitar el forrajeo por ganado. B) Colecta de muestras vegetales 30cm x 30cm.

Tabla 2. Muestras de vegetación evaluadas por vega altoandina.

VEGAS ALTOANDINAS	MUESTRAS EVALUADAS	
	CON EXCLUSIÓN	SIN EXCLUSIÓN
Calvario	4	5
Casa Blanca	6	6
Barriales	5	5
Tres Quebradas	5	5
Potrerillos	3	6
La Vaca	3	7

Concluida la temporada de crecimiento, en marzo del 2014, se colectó material vegetal dentro y fuera de las exclusiones de las seis vegas estudiadas en cuadrantes de 30cm x 30cm (figura 1B). El muestreo consiste en la extracción de la biomasa aérea, realizada en laboratorio, donde se procedió a la separación de vegetación por especie de cada cuadrante. Para obtener la biomasa seca producida, cada muestra vegetal (separada por especie) se seca a 70°C por 48 horas o hasta obtener peso estable. Las muestras son pesadas en una balanza analítica (SBA31 Scaltec balanza de precisión 0,0001).

Transporte de materia orgánica

Como parte de una cooperación interinstitucional con la Universidad de Aix-Marsella, donde participa la estudiante de intercambio MSc(c) Claire Ponsac, en esta temporada se está evaluó si el pastoreo actúa como fuente o sumidero de materia orgánica en las vegas altoandinas. Para tal efecto se instaló un área mínima de 32m x 32m, donde se colectaron heces por especies de ganado (consumidores primarios) en bolsas de plástico (figura 2). Las especies son caballos (*Equus caballus*), mulas (*Equus asinus*), cabras (*Capra hircus*), guanaco (*Lama guanicoe*) y lepóridos (*Lepus europaeus*). Estas muestras se las llevaron al laboratorio para pesarlos con una balanza computarizada (ELCA / EXCELL, precisión 5g

peso superior a 0,30 kg y SBA31 Scaltec balanza de precisión 0,0001 para las muestras con un peso inferior de 0,30 kg). Las heces húmedas se las secaron al aire libre hasta que el peso sea estable.

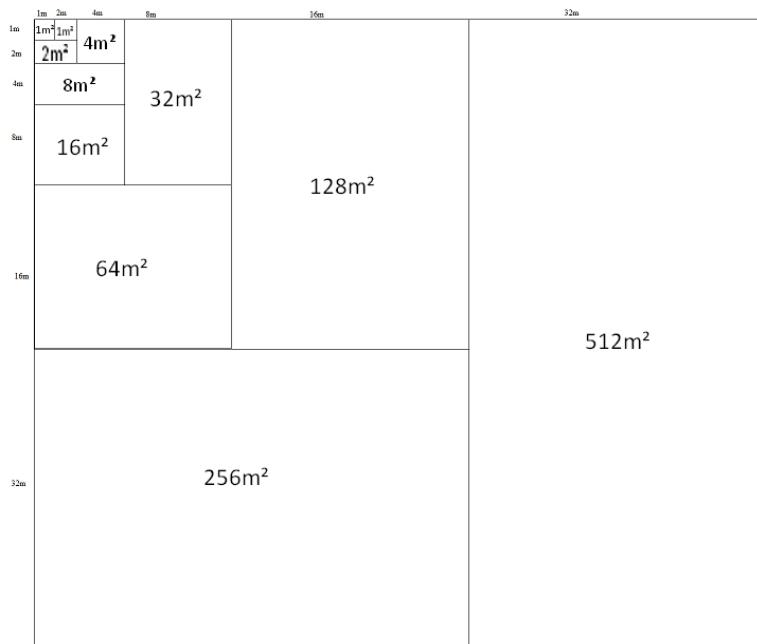


Figura 2. Cuadrante mínimo, 32m x 32m, empleado para la identificación de consumidores primarios y colecta de heces de ganado en las vegas altoandinas.

Intercambio de gases (fotosíntesis)

El intercambio de CO₂ neto se midió con un equipo de medición de fotosíntesis (IRGA, CI-301PS, Photosynthesis System) conectado a una cámara de plexiglás cúbica cerrada transparente (40 x 40x 40cm), en modalidad flujo cerrado. Previamente a las mediciones, se instaló una base de aluminio de 40x 40 cm, la que se enterró a una profundidad de 4cm. aislando comunidades homogéneas de vegetación representativas de cada vega (figura 3). En las seis vegas y en las situaciones con exclusión de pastoreo y sin exclusión se midió el intercambio neto de CO₂ durante un ciclo de 24 horas, cada hora. Con este análisis se determinó el balance neto de carbono diario (en 24 horas) y el periodo del día en que se obtienen la fotosíntesis máxima (Amax).

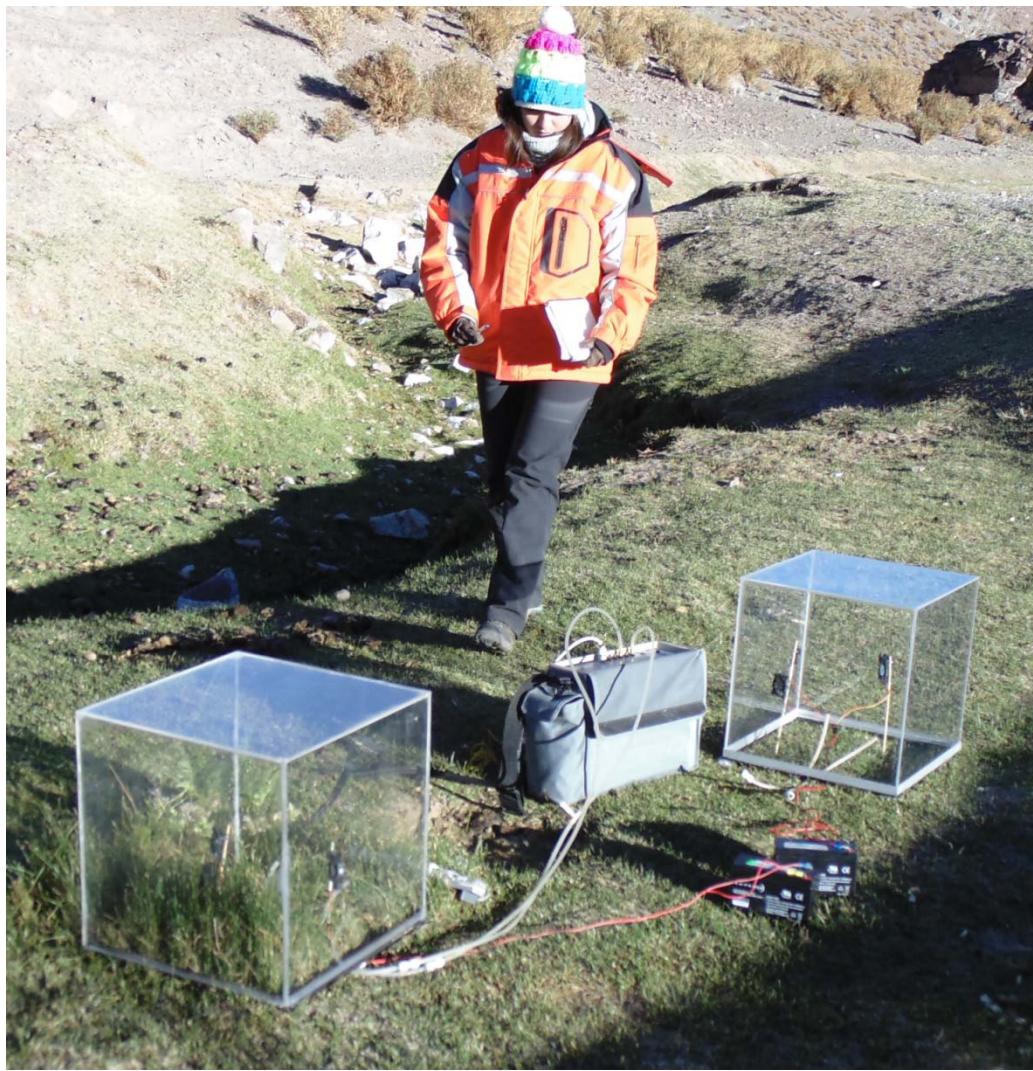


Figura 3. Medida de intercambio de CO₂ en las vegas altoandinas, en sitios con exclusión de ganado y sin exclusión.

Nivel Freático

Desde diciembre del año 2006 hasta la actualidad, se mantiene un registro continuo del nivel freático en dos de las vegas estudiadas: Campamento Pascua y Tres Quebradas. Anualmente se realiza la descarga de datos desde los LevelLogger y el BarLogger. La última descarga de datos se realizó en 9 de mayo de 2014. Los datos de profundidad del nivel freático medidos con el LevelLogger fueron corregidos por la variación de la presión atmosférica (datos del BarLogger).

RESULTADOS

Productividad

En la presente temporada, las dos vegas que corresponden a Bofedales (i.e., vegas Pascua y Tres quebradas) presentaron mayor productividad en comparación a las otras cuatro vegas (figura 4). Salvo por vega Pascua y La Vaca donde no hay diferencias significativas entre la situación natural (abierto a herbivoría) y exclusión, las vegas andinas presentaron significativamente menor acumulación de materia seca en la condición natural.

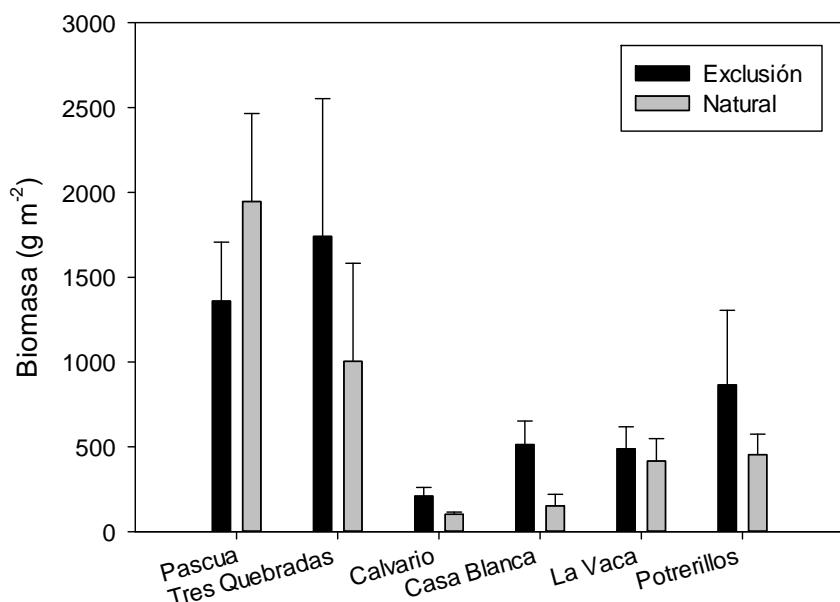


Figura 4. Biomasa seca promedio (\pm EE) de la temporada 2013-2014 en las seis vegas altoandinas estudiadas. Las barras de color negro representan a la biomasa seca en sitios con exclusión y la gris biomasa en condiciones naturales.

En las figuras 5 a la 8 se muestran las productividades históricas de cuatro vegas en la situación natural, desde el año 2006 al 2014. Salvo por la vega de Tres Quebradas, las restantes tres vegas muestran menores valores de biomasa seca acumuladas en las últimas tres temporadas.

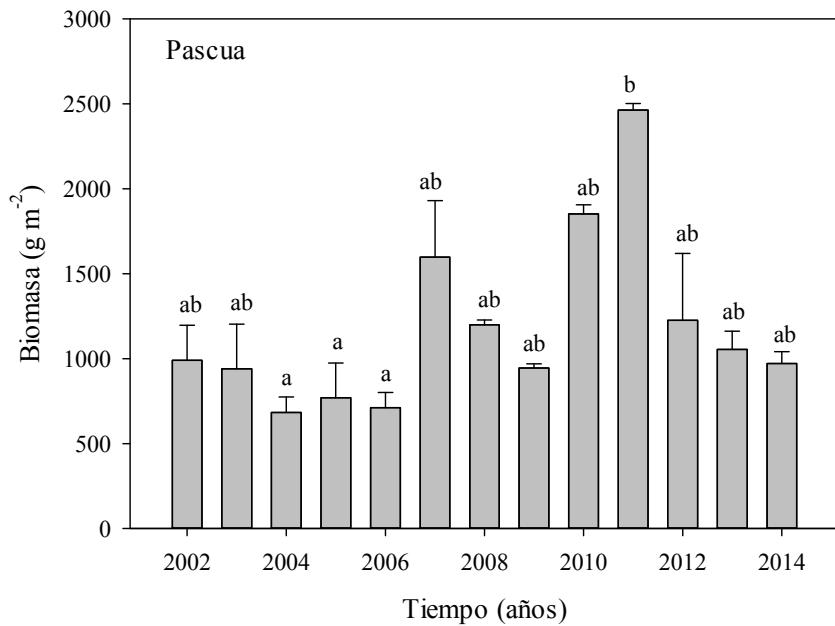


Figura 5. Productividad promedio (\pm EE) en la vega Pascua desde el año 2002 hasta el 2014. Letras distintas indican diferencias significativas entre años ($F_{12,52} = 2,50$, $P = 0,01$).

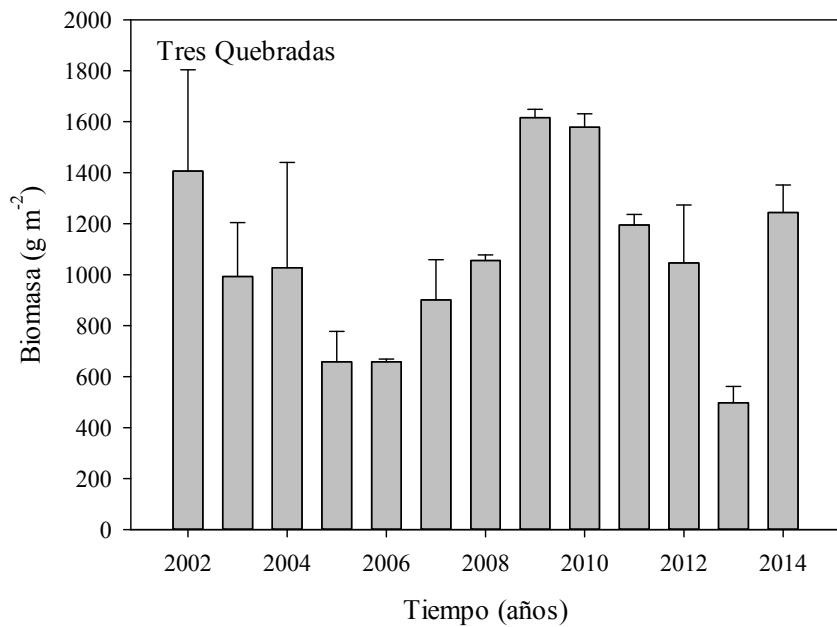


Figura 6. Productividad promedio (\pm EE) en la vega Tres Quebradas desde el año 2002 hasta el 2014. No se muestra evidencias significativas entre años ($F_{12,52} = 1,04$, $P = 0,43$).

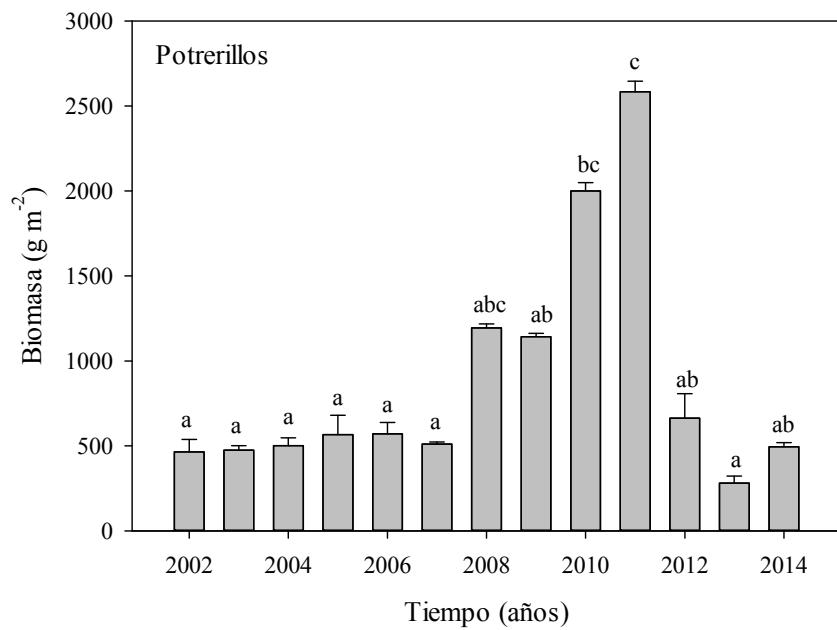


Figura 7. Productividad promedio ($\pm\text{EE}$) en la vega Potrerillos entre los años 2002 y 2014. Letras distintas indican diferencias significativas entre años ($F_{12,52} = 5,56$, $P = 0,01$).

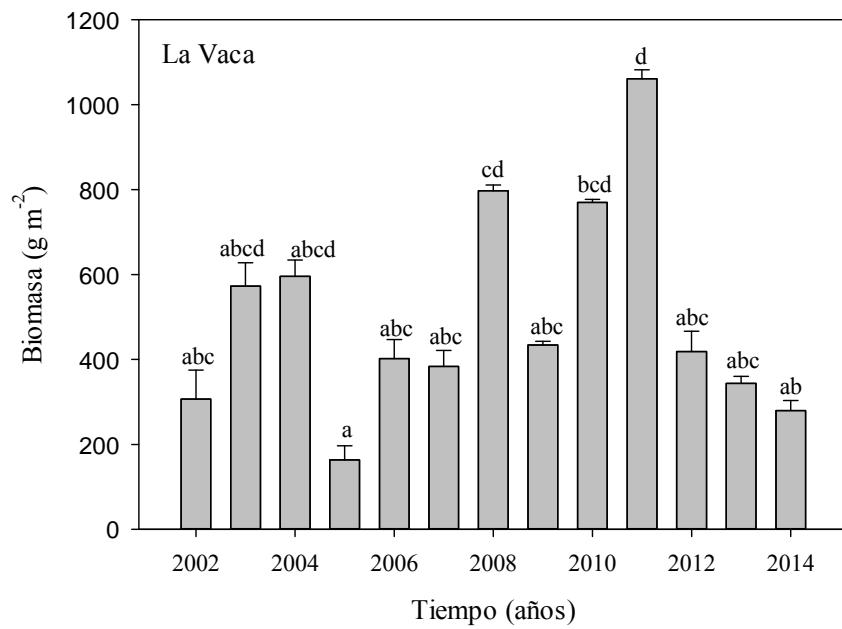


Figura 8. Productividad promedio ($\pm\text{EE}$) en la vega La Vaca entre los años 2002 y 2014. Letras distintas indican diferencias significativas entre años ($F_{12,52} = 5,95$, $P = 0,01$).

Diversidad Vegetal

En la temporada 2012-13, el ANOVA de los valores de diversidad de especies estimada con el índice H' basado en las biomasa secas muestra diferencias significativas entre vegas ($F_{5,55} = 3,98$, $P = 0,004$), no así, entre tratamientos de exclusión ($F_{1,55} = 0,68$, $P = 0,411$) ni en la interacción vegas x tratamientos ($F_{5,66} = 0,58$, $P = 0,713$). Los valores de H' promedio se encuentra entre $0,99 \pm 0,23$ (vega Pascua) y $1,93 \pm 0,18$ (vega Casa Blanca) (figura 9).

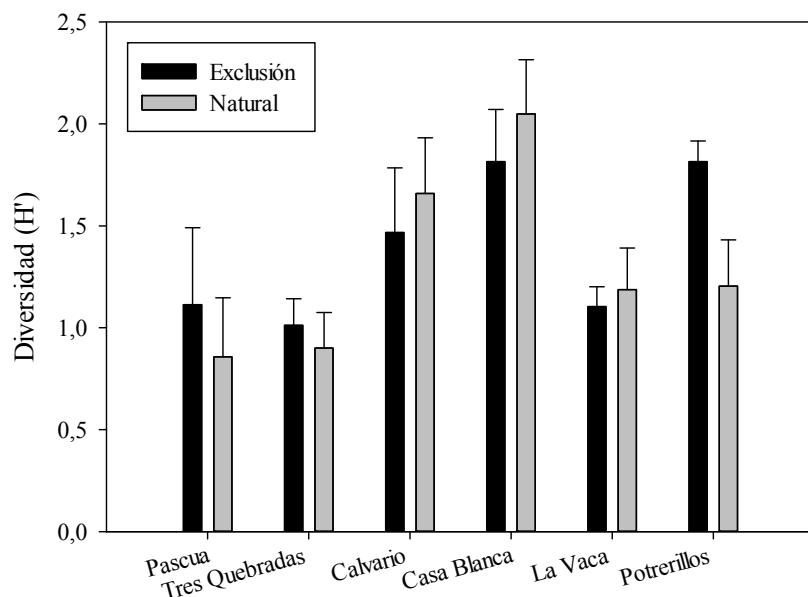


Figura 9.Diversidad (\pm EE) en la temporada 2013-2014 en las seis vegas estudiadas.

Composición de especies

En dos de las seis vegas estudiadas, la composición florística de los controles y las exclusiones a herbivoría por ganado no presentan cambios en las especies dominantes (i.e. vegas de Pascua y Tres Quebradas) (ver anexo 1). En las restantes 4 vegas, que se encuentran más expuestas a consumo por ganado, se presentan cambios en las especies dominantes:

En vega Calvario con exclusión dominan *Juncus articus* (Juncaceae, 49%), *Muhlenbergia asperifolia* (Poaceae, 23%) y mientras que en el abierto *J. articus* disminuye (44%) y también disminuye *M. asperifolia* (19%) e incrementa la presencia de *Phylloscirpus deserticola* (Cyperaceae, 13%).

En vega Casa Blanca en sitios con exclusión dominan *Eleocharis atacamensis* (Cyperaceae, 23%), *J. articus* (14%), *Deyeuxia velutina* (Poaceae, 14%) y *Phylloscirpus deserticola* (Cyperaceae, 12%), mientras que en los sitios sin exclusión aparecen *Carex atropicta* (12%), *Bromus setifolius* (Poaceae, 11%), *Lobelia oligophylla* (Campanulaceae, 10%), aumentan en importancia *J. articus* (15%) y disminuye *E. atacamensis* (8%).

En vega La Vaca con exclusión se encuentran como especies dominantes a *J. arcticus* (60%) y *Acaena magellanica* (Rosaceae, 20%), mientras que en las áreas naturales aparece en forma importante *Phylloscirpus acaulis* (Cyperaceae, 24%), *Azorella trifoliolata* (Apiaceae, 16%), *E. atacamensis* (13%) y disminuye *J. arcticus* (38%).

Y finalmente, en la Vega Potrerillos con exclusión dominan las especies *Patosia clandestina* (Juncaceae, 34%), *Carex vallis-pulchrae* (Cyperaceae, 16%), *Phylloscirpus deserticola* (14%) y *E. atacamensis* (11%). En cambio en los sitios expuestos a herbivoría por ganado, disminuye *P. clandestina* a un 8% y aparece *A. trifoliolata* (23%) y *Oxychloe andina* (Juncaceae, 13%).

De este análisis se puede inferir una mayor sensibilidad al pastoreo de *Deyeuxia velutina* (en vega Casa Blanca) y *Acaena magellanica* (en vega La Vaca). Este cambio en la biomasa seca acumulada de las especies dominantes ocurrió solo en 4 meses de exclusión (mediados de noviembre de 2013 a marzo 2014).

Transporte de materia orgánica

La herbivoría es responsable de la eliminación de la productividad primaria neta aérea (PPNA) entre el 38% y el 72%. Por otro lado, la materia orgánica depositada por herbívoros sobre las vegas varió entre 0,5 y 51 g m⁻² (i.e., entre el 1 y el 17% de la biomasa seca consumida). Equinos representan un promedio de 84% de la biomasa depositada, seguida por el camélido nativo *Lama guanicoe* con 8,4% (figura 10). El estiércol de los otros herbívoros representa el 3,3% de los caprinos, 3,0% para los bovinos y el 1,2% para los lepóridos.

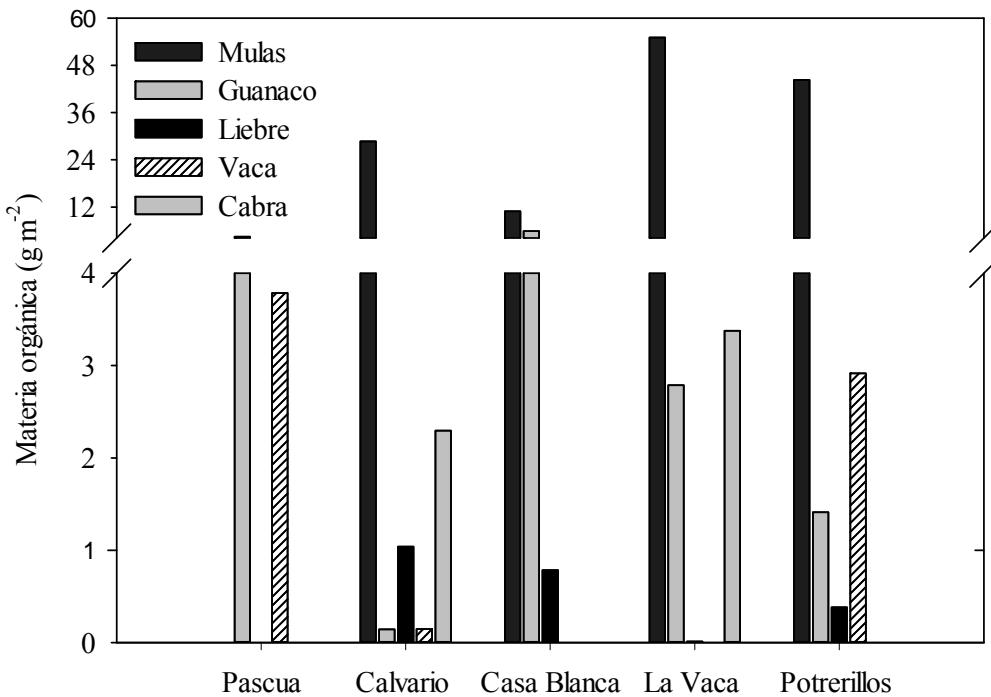


Figura 10. Materia orgánica depositada en las vegas por los herbívoros.

Asimilación de CO₂ (Fotosíntesis)

Los cursos diarios de asimilación neta de CO₂ realizado en las vegas altoandinas muestran valores máximos de fotosíntesis neta desde las 10:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. mientras que los mínimos se observaron desde las 7:00 p.m. hasta las 8:00 a.m. (figura 11).

El valor integrado durante las 24 horas en sitios expuestos a la herbivoría resultó negativo para las vegas de Barriales, Calvario y Potrerillos, con un balance desplazado a la respiración (i.e., pérdida neta de carbono), mientras que las vegas de Casa Blanca, La Vaca y Tres Quebradas tuvieron un balance positivo (Tabla 3). Por otra parte, todas las vegas estudiadas tuvieron un balance positivo de carbono en la situación de exclusión de herbívoros (Tabla 3).

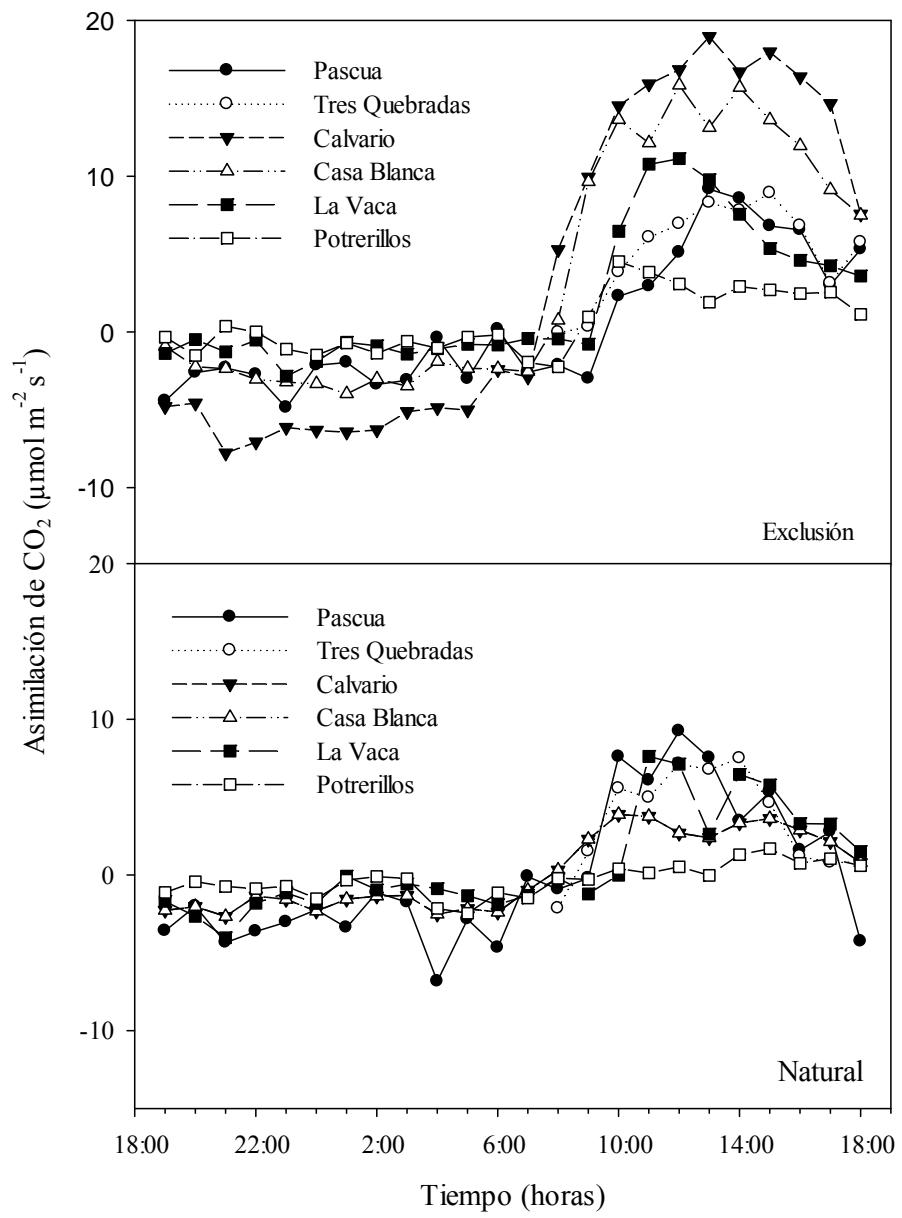


Figura 11. Curso diario de asimilación de CO₂ en las seis vegas estudiadas.

Tabla 3. Valores de fotosíntesis neta en 24 horas en las situaciones con y sin exclusión de herbívoros.

Vegas	Fotosíntesis neta en 24 horas ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	
	Exclusión	Natural
Pascua	11,2	-1,3
Tres Quebradas	55,8	38,7
La Vaca	47,7	19,7
Potrerillos	13,5	-7,5
Casa Blanca	88,2	3,6
Calvario	85,0	-11,3

Una vez determinado los horarios en que ocurre Amax (i.e., entre las 10:00 y 17:00 hrs), se evaluaron los parámetros de intercambio fotosintético en todos los cuadrantes en que se registró la biomasa seca, en ambas situaciones (con y sin exclusión de herbívoros). Estos valores corresponden a las asimilaciones netas de CO₂ máxima (Amax), la transpiración (Emax) y la razón entre Amax/Emax como una medida de la eficiencia en el uso del agua (EUA). Las vegas de Calvario y Casa Blanca muestran mayores valores Amax en la situación con exclusión comparado con los sitios naturales, mostrando que el efecto de la herbivoría afecta la capacidad de ganancia de carbono de dichas vega (figura 12). Las menores tasas de fotosíntesis se registraron en la vega Potrerillos. En promedio, la fotosíntesis máxima en estas vegas se encuentra entre 4,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (vega Potrerillos-sin exclusión) y 19,0 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Vega Calvario - exclusión).

Las tasas de transpiración máxima (Emax) estuvieron entre 1,5 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (La Vaca- sin exclusión) y 4,4 $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Calvario - exclusión) (figura 13). En el caso de la eficiencia en el uso del agua, valores extremos se presentaron en la situación natural (control abierto a herbivoría), con 0,8 $\mu\text{mol CO}_2/ \text{mmol agua}$ en la vega Potrerillos y 1,0 $\mu\text{mol CO}_2/ \text{mmol agua}$ en la vega Casa Blanca (figura 14).

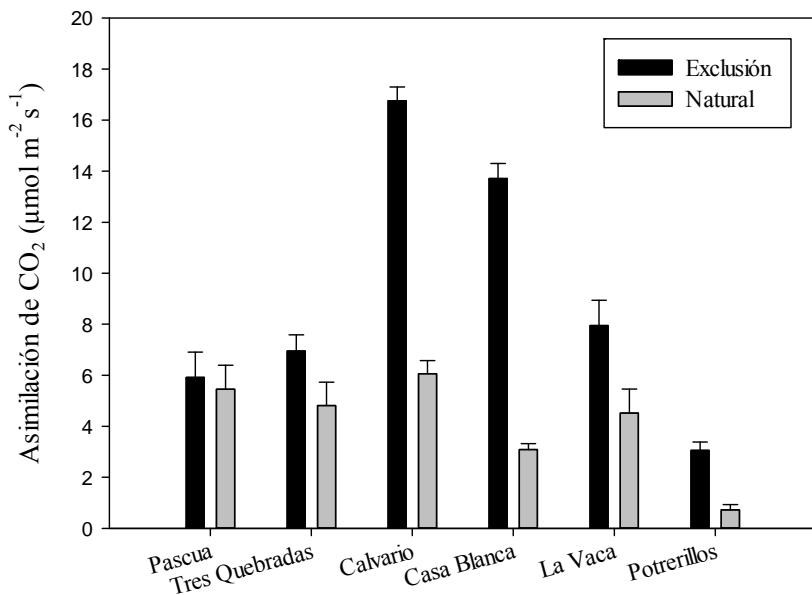


Figura 12. Asimilación neta de CO_2 máxima en las seis vegas estudiadas de la temporada 2013-2014. Las barras negras muestran la asimilación de CO_2 en sitios con exclusión y gris es la asimilación en sitios con herbivoría.

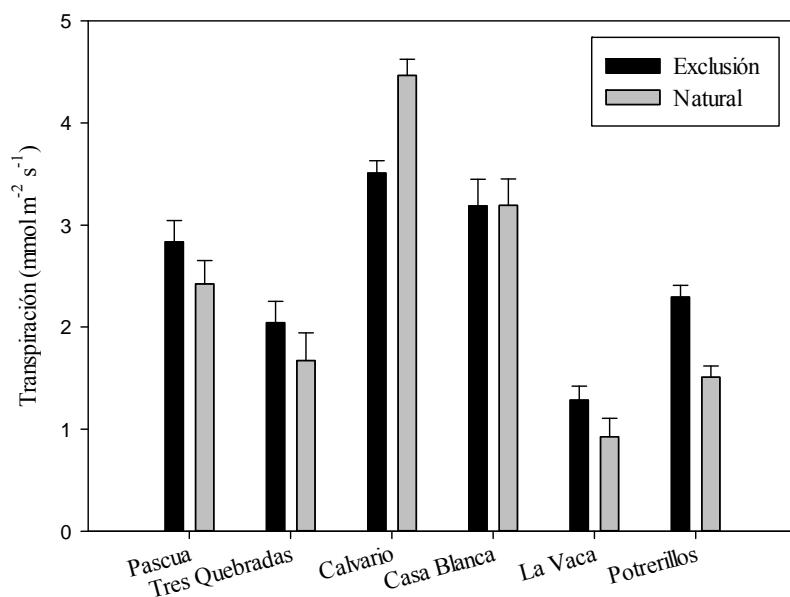


Figura 13. Transpiración máxima en las seis vegas estudiadas de la temporada 2013-2014.

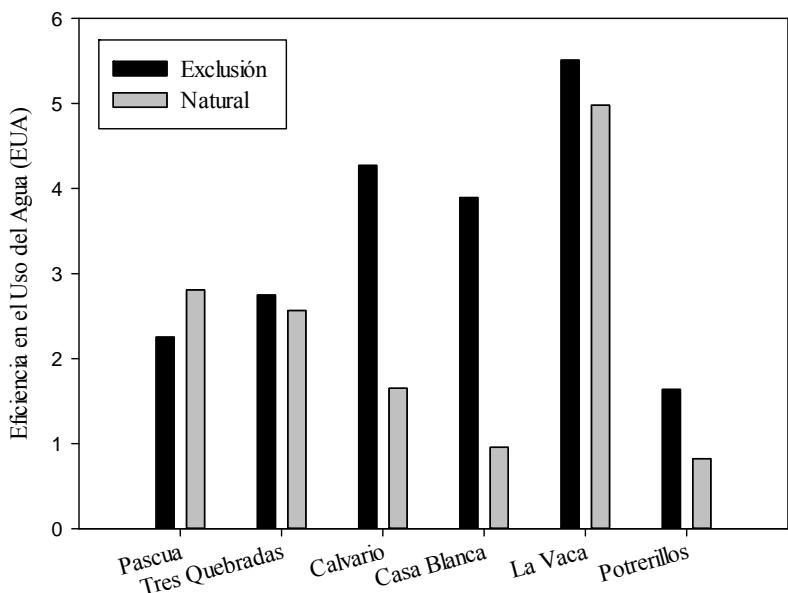


Figura 14. Eficiencia en el Uso del Agua (EUA) en las seis vegas estudiadas.

Nivel freático

En las figuras 15 y 16 se muestra las variaciones en el nivel freático de las dos vegas estudiadas (Vega Campamento Pascua y vega Tres Quebradas desde diciembre de 2006 a mayo 2014. Al considerar el nivel freático de verano (diciembre a marzo) se observa una profundización hacia la última temporada en ambas vegas (figuras 17 y 18), la que correspondería a una respuesta regional a las bajas precipitaciones observadas.

Al comparar los niveles freáticos con los valores de biomasa seca anual acumulada en el mismo periodo de tiempo (2006 a 2014), se observa una tendencia similar de disminución de ambos, nivel freático (figuras 15 y 17) y productividad vegetal (figura 5), en la vega Pascua. Sin embargo, a pesar que la vega de Tres Quebradas tiene mayor oscilación entre años y una fuerte caída en el verano del 2014 (figuras 16 y 18), su productividad vegetal parece más estable (figura 6).

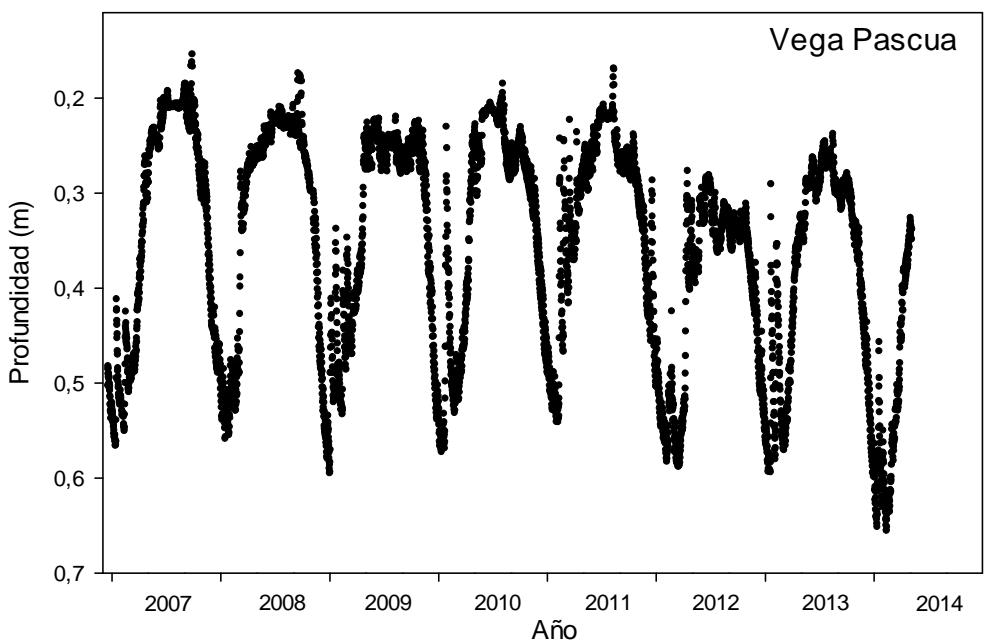


Figura 15. Profundidad del nivel freático en la vega Campamento Pascua. Datos desde el 19 de diciembre de 2006 al 9 de mayo de 2014.

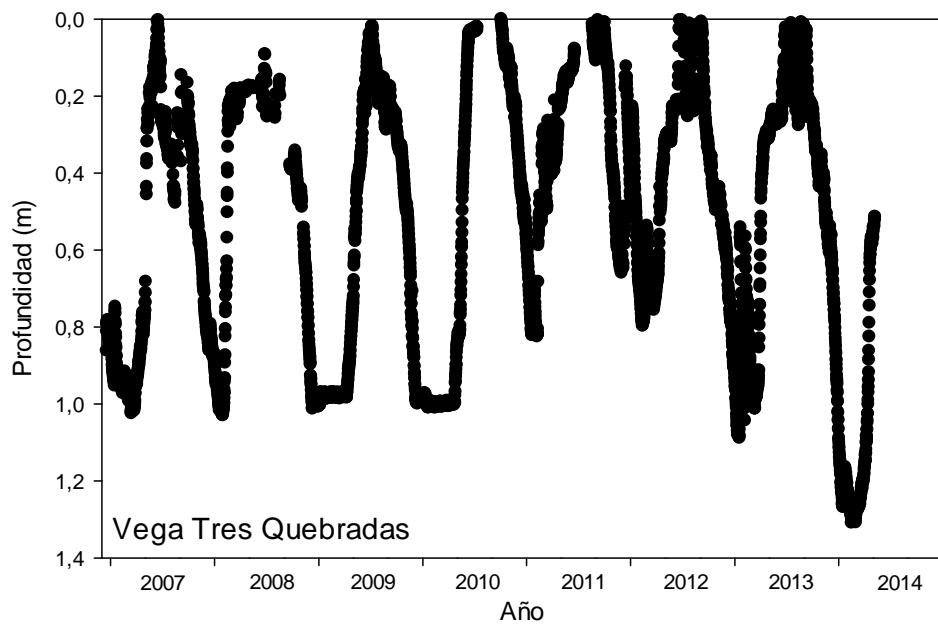


Figura 16. Profundidad del nivel freático en la vega Tres Quebradas. Datos desde el 19 de diciembre de 2006 al 9 de mayo de 2014.

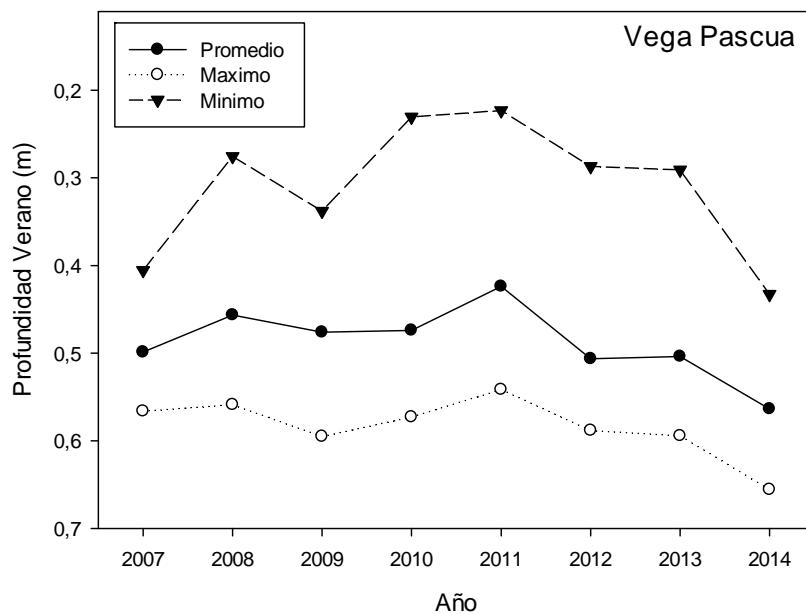


Figura 17. Profundidad promedio, mínima y máxima del nivel freático de verano (diciembre a marzo) en la vega Campamento Pascua.

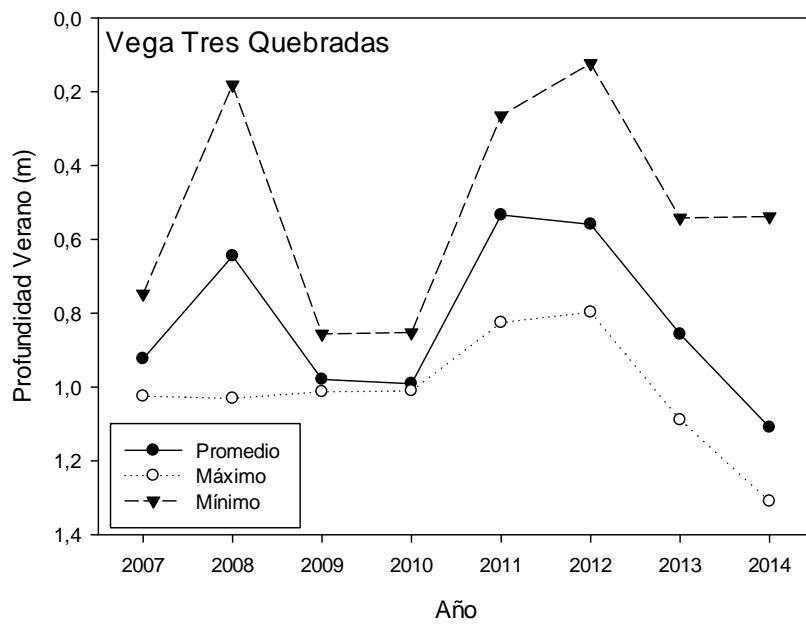


Figura 18. Profundidad promedio, mínima y máxima del nivel freático de verano (diciembre a marzo) en la vega Tres Quebradas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las vegas tipo turberas (o bofedales) tienen una acumulación de biomasa mayor a las vegas tipo mineral (que no acumulan turba). En las 4 vegas evaluadas durante los últimos 12 años, las vegas de Pascua y Tres Quebradas produjeron casi el doble de biomasa seca en comparación a la Vaca y Potrerillos (i.e., 1.185 ± 141 y 1.067 ± 95 versus 502 ± 69 y 880 ± 191 g m⁻², respectivamente). Al excluir el efecto de herbivoría, durante la temporada de crecimiento 2013-14, las dos vegas tipo bofedal también presentaron casi tres veces más biomasa aérea que las restantes cuatro vegas tipo mineral (i.e., 1.550 versus 519 g m⁻²). Esta diferencia puede ser explicada, al menos parcialmente, porque las principales especies de bofedales son parcialmente siempre verdes, y por lo tanto la medida de biomasa aérea puede incluir la productividad de más de un año.

En términos de balance de carbono (i.e., fotosíntesis neta en 24 horas) en la situación con exclusión de herbivoría, los dos bofedales estudiados presentaron poco más de la mitad de carbono acumulado en comparación a las cuatro vegas minerales (i.e., 34,5 versus 58,6 µmol m⁻² s⁻¹). Mayores tasas de fotosíntesis son esperables en comunidades vegetales de rápido crecimiento, en comparación a las siempre-verdes.

Sin embargo, en la situación sin exclusión de herbívoros, el balance de carbono se reduce casi a la mitad (de 34,5 a 18,7 µmol m⁻² s⁻¹), mientras que en las vegas minerales la caída es casi completa (de 58,6 a 1,1 µmol m⁻² s⁻¹). Esta caída en el balance neto de carbono observada en la temporada 2013-2014 por efecto de los herbívoros es diferente en ambos tipos de vegas, siendo mucho más fuerte en las vegas tipo mineral más expuestas a pastoreo por ganado doméstico.

La herbivoría es responsable del consumo de entre el 38 y 72% de la productividad primaria neta aérea, sin embargo solo retornar a las vegas hasta el equivalente al 17% de la biomasa consumida. El balance neto de estas entradas y salidas de carbono en las vegas es negativo, por lo que la herbivoría no sólo reduce la capacidad de ganancia de carbono (i.e., menor fotosíntesis neta), sino que además extrae más carbono del que deposita en forma de heces. En general los equinos representan un promedio de 84% de la biomasa depositada, seguida por el camélido nativo *Lama guanicoe* con 8,4%. El estiércol de los otros herbívoros representa el 3,3% de los caprinos, 3,0% para los bovinos y el 1,2% para los lepóridos.

En términos temporales, la productividad de la vega de Pascua (Barriales) parece estar estrechamente relacionada con el nivel freático. La reducción del nivel freático durante la estación de crecimiento en los últimos tres años parece explicar la reducción paralela de la biomasa aérea producida.

BIBLIOGRAFÍA

- Alzérreca, H., G. Prieto, J. Laura, D. Luna & S. Laguna. 2001. Informe final: Características y distribución de los bofedales en el ámbito boliviano (subcontrato 21,12). Asociación integral de ganaderos en camélidos de los andes altos (AIGACAA). Documento digital, formato pdf. La Paz, Bolivia. 176 pp.
- Bacon, P. 1996. Wetlands and biodiversity. Chapter 1, pp. 1-17. En: Hails, A.J. (ed.). 1996. Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention of Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland, 196 pp.
- Halls, A. J. 1997. Wetlands, Biodiversity and the Ramsar Convention: The Role of the Convention on Wetlands in the Conservation and Wise Use of Biodiversity. Ramsar Convention Bureau, Gland, Switzerland.
- Mitsch, W.J. & J.G. Gosselink. 2000. Wetlands (3rd ed.). John Wiley & Sons, Inc. New York, 920 pp.
- Niering W. 1985. *Wetlands*. New York: Knopf.
- Ramsar. 2013. The List of Wetlands of International Importance. Annotated Version, Update-July 22, 2013. Convention on Wetlands, 47 pp. Home page: <http://www.ramsar.org>
- Schnack, J.A. 2001. Valores, funciones y uso no sustentable de humedales. Estudio de casos en América del Sur. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras* (Supl. Especial, versión electrónica), abril. SIN CUB 0138-8452, 19 pp. <http://www.guyunusa.com>
- Shaw, S.P. & C.G. Fredine. 1956. Wetlands of the United States, their Extent, and their Value for Waterfowl and Other Wildlife. Circular 39, U.S. Fish and Wildlife Service, U.S. Department of Interior, Washington, D.C. 67 pp.
- Shine, C. & D. E. Klemm, C. 1999. Wetlands, Water and the Law: Using law to advance wetland conservation and wise use. IUCN, Gland, Switzerland, Cambridge, UK and Bonn, Germany. pp. xvi + 330
- Squeo F.A., E. Ibáñez, B.G. Warner, D. Espinoza, R. Aravena & J.R. Gutierrez. 2006b. Productividad y diversidad florística de la vega Tambo, Cordillera de Doña Ana. En: Cepeda PJ (ed) Geocología de los Andes desérticos. La alta montaña del Valle del Elqui: 325-351. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Squeo F.A., G.G. Warner, R. Aravena & D. Espinoza. 2006c. Bofedales: high altitude peatlands of the central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.
- Squeo F.A., J. Cepeda, N.C. Olivares & M.T.K. Arroyo. 2006a. Interacciones ecológicas en la alta montaña del Valle del Elqui. En: Cepeda PJ (ed) Geocología de los Andes desérticos. La alta montaña del Valle del Elqui: 69-103. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile.
- Squeo F.A., R. Osorio & G. Arancio. 1994. Flora de los Andes de Coquimbo: Cordillera de Doña Ana. Ediciones Universidad de La Serena. La Serena. Chile.

Warner B.G., Aravena, R., Squeo, F.A. (2008) Peatlands on the Altiplano Plateau of the Central Andes. *Peatlands International*: 36–38.

Anexo 1. Valores promedio de Biomasa seca (g m^{-2}), diversidad (H') y Número de especies en la condición natural y con exclusión de herbívoros mayores de las 6 vegas estudiadas en el verano de 2014.

Especies	CALVARIO					CASA BLANCA				
	Natural		Exclusión		Natural		Exclusión			
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
<i>Acaena magellanica</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000
<i>Adesmia sp</i>	0,000	\pm 0,000	0,131	\pm 0,003	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000
<i>Arenaria rivularis</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,000	\pm 0,000	2,319	\pm 0,024	3,009	\pm 0,031	0,448	\pm 0,002		
<i>Bromus setifolius</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	16,707	\pm 0,041	11,306	\pm 0,025		
<i>Carex atropicta</i>	2,913	\pm 0,034	0,000	\pm 0,000	17,820	\pm 0,031	17,841	\pm 0,024		
<i>Carex gayana</i>	1,344	\pm 0,018	2,797	\pm 0,028	1,646	\pm 0,029	48,548	\pm 0,041		
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	4,628	\pm 0,016	1,046	\pm 0,003		
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	3,280	\pm 0,008		
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	73,433	\pm 0,023		
<i>Eleocharis atacamensis</i>	5,267	\pm 0,036	2,311	\pm 0,015	12,980	\pm 0,025	117,330	\pm 0,034		
<i>Eleocharis albibracteata</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	0,000	\pm 0,000	0,847	\pm 0,022	1,950	\pm 0,035	32,330	\pm 0,029		
<i>Festuca werdermannii</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,385	\pm 0,011	21,685	\pm 0,030		
<i>Hordeum patagonicus</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Juncus arcticus</i>	43,933	\pm 0,013	103,450	\pm 0,039	23,331	\pm 0,040	71,869	\pm 0,036		
<i>Juncus stipulatus</i>	0,189	\pm 0,007	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	6,413	\pm 0,014		
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	2,007	\pm 0,019	1,058	\pm 0,009	0,013	\pm 0,001	0,000	\pm 0,000		
<i>Lobelia oligophylla</i>	4,953	\pm 0,037	15,708	\pm 0,046	15,739	\pm 0,029	14,580	\pm 0,024		
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	18,971	\pm 0,054	48,267	\pm 0,062	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	4,358	\pm 0,046	32,686	\pm 0,061	1,419	\pm 0,028	33,480	\pm 0,035		
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	13,616	\pm 0,049	0,119	\pm 0,002	52,230	\pm 0,038	59,313	\pm 0,041		
<i>Plantago barbata</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Puccinellia frigida</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
<i>Werneria pygmaea</i>	4,711	\pm 0,043	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,646	\pm 0,003		
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000	0,000	\pm 0,000		
Biomasa total	102,262	\pm 0,356	209,694	\pm 0,310	151,857	\pm 0,355	513,546	\pm 0,373		
Número de réplicas	5		4		6		6			
H'	0,499	\pm 0,184	0,443	\pm 0,190	0,377	\pm 0,118	0,489	\pm 0,195		

Continuación Anexo 1.

Especies	LA VACA				POTRERILLOS			
	Natural		Exclusión		Natural		Exclusión	
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
<i>Acaena magellanica</i>	11,146	± 0,286	98,056	± 0,425	1,831	± 0,486	0,000	± 0,000
<i>Arenaria rivularis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Azorella trifoliolata</i>	65,790	± 0,365	0,200	± 0,251	102,994	± 0,292	0,000	± 0,000
<i>Bromus setifolius</i>	0,739	± 0,249	0,000	± 0,000	2,574	± 0,169	1,742	± 0,145
<i>Carex atropicta</i>	0,360	± 0,288	4,269	± 0,266	1,931	± 0,756	0,000	± 0,000
<i>Carex gayana</i>	0,000	± 0,000	0,378	± 0,425	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	15,930	± 0,312	137,711	± 0,739
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Eleocharis atacamensis</i>	54,014	± 0,274	30,111	± 0,443	8,946	± 0,124	97,181	± 0,672
<i>Eleocharis albibracteata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Festuca werdermannii</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	26,819	± 0,316	51,822	± 0,660
<i>Graminea no peluda</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,000	± 0,000	1,542	± 0,528	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Juncus arcticus</i>	159,513	± 0,250	295,914	± 0,289	24,900	± 0,293	76,114	± 0,439
<i>Juncus stipulatus</i>	0,000	± 0,000	0,083	± 0,120	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,000	± 0,000	5,158	± 0,276	2,352	± 0,735	0,033	± 0,559
<i>Lobelia oligophylla</i>	2,937	± 0,673	8,603	± 0,229	5,354	± 0,129	8,606	± 0,114
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	13,462	± 0,333	7,839	± 0,297	0,207	± 0,817	0,000	± 0,000
<i>Oxychloe andina</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	57,257	± 0,247	26,894	± 0,274
<i>Patosia clandestina</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	34,206	± 0,336	300,100	± 0,577
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	98,760	± 0,263	24,928	± 0,659	43,228	± 0,374	10,058	± 0,132
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	9,126	± 0,225	12,303	± 0,495	101,667	± 0,249	121,636	± 0,717
<i>Plantago barbata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Puccinellia frigida</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	3,000	± 0,121	27,478	± 0,344
<i>Werneria pygmaea</i>	0,550	± 0,160	0,000	± 0,000	20,746	± 0,175	5,633	± 0,517
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Biomasa total	416,397	± 3,365	489,383	± 4,702	453,943	± 5,931	865,008	± 5,889
Número de réplicas	7		4		6		4	
H'	0,360	± 0,117	0,326	± 0,046	0,374	± 0,132	0,488	± 0,071

Continuación Anexo 1.

Especies	TRES QUEBRADAS					BARRIALES				
	Natural		Exclusión		Natural		Exclusión			
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
<i>Acaena magellanica</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Adesmia sp</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Arenaria rivularis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Bromus setifolius</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Carex atropicta</i>	9,536	± 0,397	48,133	± 0,443	1,736	± 0,361	14,726	± 5,338		
<i>Carex gayana</i>	0,620	± 0,189	23,789	± 0,133	8,024	± 0,114	22,647	± 9,976		
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	133,497	± 0,269	203,659	± 0,423	124,262	± 0,428	81,728	± 16,683		
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,128	± 0,000	0,000	± 0,000	13,038	± 0,212	10,317	± 3,850		
<i>Deyeuxia velutina</i>	2,997	± 0,549	39,065	± 0,168	99,077	± 0,440	466,821	± 196,562		
<i>Eleocharis atacamensis</i>	15,191	± 0,152	16,813	± 0,269	0,070	± 0,265	0,250	± 0,112		
<i>Eleocharis albibracteata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	0,000	± 0,000	5,184	± 0,148	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Festuca werdermannii</i>	0,000	± 0,000	0,118	± 0,758	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Juncus arcticus</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Juncus stipulatus</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	1,433	± 0,642
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Musgo sp.</i>	0,760	± 0,190	152,977	± 0,379	0,000	± 0,000	7,662	± 3,427		
<i>Oxychloe andina</i>	861,609	± 0,498	951,149	± 0,451	1561,237	± 0,382	647,825	± 143,242		
<i>Patosia clandestina</i>	0,000	± 0,000	0,289	± 0,386	117,007	± 0,471	95,840	± 42,870		
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,150	± 0,516	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Plantago barbata</i>	7,068	± 0,750	20,896	± 0,129	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Puccinellia frigida</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Werneria pygmaea</i>	1,685	± 0,228	0,382	± 0,453	21,607	± 0,239	10,853	± 3,859		
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Biomasa total	1033,091	± 3,221	1462,455	± 4,140	1946,207	± 3,428	1360,102	± 426,559		
Número de réplicas	5		5		5		5			
H'	0,259	± 0,124	0,314	± 0,073	0,258	± 0,195	0,335	± 0,255		



UNIVERSIDAD DE LA SERENA
Departamento de Biología

INFORME 2013

MONITOREO Y ACTUALIZACIÓN DE LÍNEA DE BASE DE RECURSOS BIÓTICOS PROYECTO PASCUA-LAMA: FLORA Y VEGETACIÓN DE VEGAS



Preparado por:

Dr. Francisco Squeo
Mag.(c) Mónica Rivera

Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad de La Serena e Instituto de Ecología y Biodiversidad (IEB), Casilla 599, La Serena, Chile.
www.biouls.cl - www.ieb-chile.cl FAX: 56 (51) 2204383; Fono: 56 (51) 2204369,
2204587. E-Mail: f_squeo@userena.cl

Julio 2013

RESUMEN

El presente informe contiene información acerca de la vegetación de las cuatro vegas que se han monitoreado desde el año 2002 (Pascua, Tres Quebradas, Potrerillo y La Vaca), y las dos vegas que se han muestreado desde el año 2012 en las quebradas del Calvario y Casa Blanca. Dicha información constituye parte de la actualización de la línea de base de recursos bióticos del Proyecto Pascua Lama: vegas andinas y, monitoreo de vegas andinas asociadas al proyectos Camino de Acceso y tendido eléctrico a Proyecto Pascua-Lama desde Punta Colorada. Además se agregan resultados de exclusión de ganado doméstico y herbívoros mayores de estas seis vegas andinas.

La productividad de las vegas estudiadas varió en un orden de magnitud, entre 115 g m^{-2} (Vega Calvario) y 1.054 g m^{-2} (Vega Barriales). En los experimentos de exclusión, la biomasa acumulada de cuatro de las seis vegas estudiadas (Calvario, Casa Blanca, La Vaca y Barriales) fue significativamente mayor en exclusiones respecto de las parcelas abiertas. El índice de diversidad (H') varió entre $0,85 \pm 0,09$ y $1,46 \pm 0,2$, y no hay diferencias estadísticas entre vegas ni entre tratamientos. Sin embargo hay cambios importantes en las especies que más contribuyen con biomasa en cuatro de las seis vegas (i.e., vegas de Calvario, Casa Blanca, La Vaca y Potrerillos).

Considerando las 4 vegas que se han monitoreado por 12 años (temporadas 2001-2002 al 2012-13) y solo en las situaciones abiertas a herbívoros mayores, tres de ellas muestran diferencias significativas entre años (vegas de Pascua, Potrerillos y La Vaca). En la última temporada de crecimiento las cuatro vegas muestran una tendencia a valores más bajos que en los 3 a 4 años previos. Esta tendencia estaría asociada a una menor disponibilidad de agua.

El curso diario de fotosíntesis neta de la vega Pascua muestra nuevamente un balance negativo ($-1,73 \mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), que implicaría una emisión neta de CO₂ a la atmósfera. Esta misma tendencia negativa se informó para la temporada 2007-2008, con un balance de $-0,35 \mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Este balance negativo podría ser explicado por un aumento en la temperatura producto del cambio climático global y sigue la misma tendencia que otras turberas de altas latitudes estudiadas en el hemisferio norte.

Los valores de fotosíntesis máxima, transpiración y eficiencia en el uso del agua se encuentran en valores normales para este tipo de formación vegetal.

INTRODUCCIÓN

Los bofedales o turberas de la alta montaña de la Cordillera de Los Andes, son formaciones vegetales azonales, asociadas a sectores de acumulación de agua, normalmente a causa de la baja pendiente y mal drenaje o en otros casos, debido a la existencia de puntos de surgencias de agua subterránea; que poseen una alta productividad relativa en comparación con la vegetación zonal a una misma altitud (Squeo et al. 2006a). Se encuentran en el piso andino inferior y en el piso subandino de los Andes centrales en rangos altitudinales que van entre los 3.200 m y los 5.000 m snm y están dominados por Cyperaceas con crecimiento en cojín (Squeo et al. 2006b). Otros humedales andinos no formadores de turba, dominados por Juncaceas, Cyperaceas y Poaceas, y en algunos casos por *Acaena magellanica* (Rosaceae), conforman vegas minerales (Squeo et al. 2006b). Todos estos humedales andinos, tanto turberas como vegas minerales, pueden ser alimentadas por el derretimiento de nieve, precipitaciones o bien, de flujos subterráneos de agua (Rydn & Jeglum 2006, Squeo et al. 2006a).

En efecto, a pesar del aspecto aparentemente homogéneo de la vegetación de las vegas, existen diferencias en la productividad y composición de especies que dependen de diversos gradientes ambientales como la disponibilidad de agua y la calidad química de ésta y también del gradiente altitudinal (Squeo et al. 2006a). En la alta cordillera la productividad anual también está relacionada con las tasas de asimilación de CO₂ y el período de crecimiento de las plantas, el cual se restringe a los meses más cálidos del año.

En general, la diversidad florística de las vegas andinas es baja si se le compara con la vegetación de ladera (Squeo et al. 1994). Además, las vegas andinas y sub-andinas representan poca superficie en comparación a la vegetación de laderas de los pisos andinos y subandino, sin embargo, ellas concentran una parte importante de la productividad vegetal, que sirve tanto de alimento como hábitat preferencial de varias especies animales (Squeo et al. 2006a).

El agua de las vegas y su vegetación constituyen importantes aspectos para la crianza de ganado doméstico en el caso de vegas de las Quebradas Calvario y Potrerillos. También la fauna silvestre se alimenta de la vegetación de vegas en estas quebradas así como de las dos vegas estudiadas dentro de la zona más cercana al campamento Barriales (Tres Quebradas y Pascua). Diversas investigaciones mostraron que el pastoreo es un importante factor que contribuye a moldear las comunidades vegetales (Milchunas, 2003; Anderson & Hoffmann, 2011; Cesa & Paruelo, 2011). Se ha visto en Milchunas & Lauenroth (1993) que las diferencias en la productividad primaria anual entre sitios pastoreados y no pastoreados decrecen a medida que el sitio tiene una historia más larga de pastoreo. Estas diferencias incrementan si el sitio es más productivo, según el nivel de consumo o los años de tratamiento. En este sentido, los resultados que puedan encontrarse producto de los efectos del pastoreo dependerán del lugar y de las condiciones de pastoreo y ambientales (Cesa & Paruelo, 2009). De esta manera, la evaluación del pastoreo en éstas vegas es importante para conocer su dinámica de productividad.

Objetivo General

Realizar un estudio de monitoreo y actualización de la línea de base de los recursos bióticos de la flora y vegetación del área de influencia del proyecto Pascua - Lama.

Objetivos Específicos del Estudio:

- 1.- Actualización de la línea de base de recursos bióticos del Proyecto Pascua Lama: vegas andinas.
- 2.- Monitoreo de vegas andinas asociadas al proyectos Camino de Acceso y tendido eléctrico a Proyecto Pascua-Lama desde Punta Colorada.

Objetivos del presente Informe:

1. Cuantificar y evaluar la productividad primaria de seis vegas para la temporada 2011-2012.
2. Cuantificar la diversidad y abundancia (en términos de biomasa) de las especies presentes en estas vegas.
3. Evaluar si existe efecto del forrajeo en la productividad y diversidad de la vegetación en tres vegas.
4. Estimar las tasas de fotosíntesis y transpiración en las vegas en las vegas estudiadas.

METODOLOGÍA

Área de Estudio

El área general de estudio se localiza en la alta cordillera de la comuna de Alto de Carmen, provincia de Huasco, en el extremo sur-este de la III Región de Atacama. El área de influencia del Proyecto Pascua-Lama en que se realizaron los estudios corresponden a la cuenca alta del Río del Estrecho, cuenca del Río Tres Quebradas (y El Toro) y cuenca alta del Río Potrerillos (aguas arriba de conjunción con Río Tres Quebradas), entre las UTM Norte 6.769.000 - 6.732.500 y Este 379.900 - 408.800 (o el límite con Argentina), que representan una superficie de 64.915 ha. Estas vegas forman parte del compromiso de monitoreo de vegas en la zona del proyecto Pascua-Lama (Fig. 1).

A las vegas anteriores, se agregan dos vegas asociadas al camino de acceso sur al área de estudio se localizan en las quebrada de Casa Blanca (comuna de Alto del Carmen) y de Calvario (comuna de la Vicuña, IV Región de Coquimbo). Se ubican entre las UTM Norte 6.753.002-6.761.464 y Este 352.712-361.333. Estas dos vegas, sumadas a las otras cuatro, forman parte del compromiso de monitoreo de vegas andinas asociadas al proyectos Camino de Acceso y tendido eléctrico a Proyecto Pascua-Lama desde Punta Colorada.

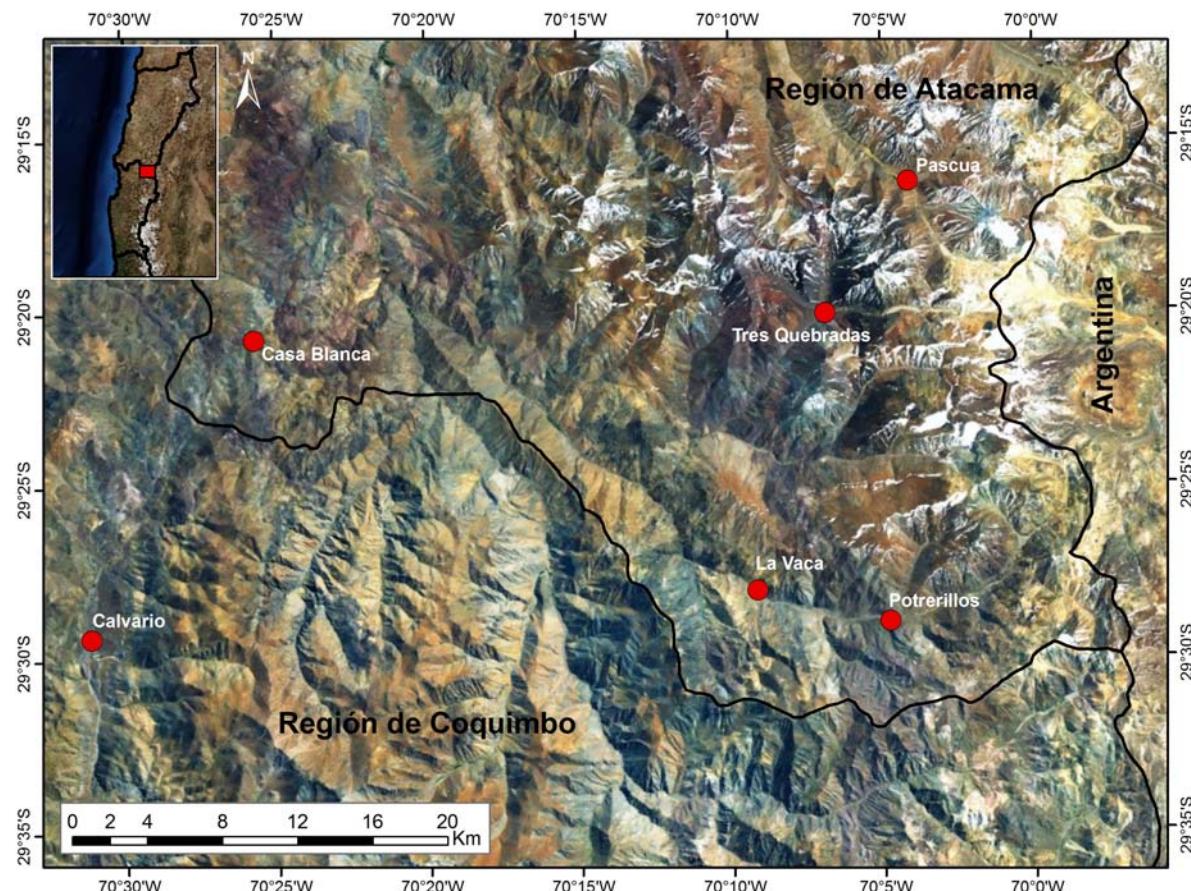


Figura 1. Localización de las seis vegas estudiadas.

MÉTODO EN TERRENO

Productividad y diversidad de vegas

En cada vega se definieron en años pasados 5 parcelas permanentes de 4 x 4 m, ubicadas para recoger la variación dentro de cada vega. Dentro de estas parcelas, se han realizado los muestreo de productividad y diversidad, en situación abierta a herbivoría.

En la temporada 2011-12, se inició un experimento de exclusión de herbívoros mayores en tres (i.e., vegas de Tres Quebradas, Potrerillos y La Vaca) de las seis vegas. En noviembre de 2011, al comienzo de la estación de crecimiento y antes de la llegada de los animales domésticos, se instaló dentro de cada parcela una exclusión de 1 m² (i.e., 3 vegas x 5 exclusiones = 15 unidades). Cada exclusión fue montada con cuatro palos de madera de 2 cm de diámetro y cubiertos por los cuatro costados y el techo con malla hexagonal de 2 cm de diámetro (tipo gallinero) (Fig. 2). Sin embargo la evaluación de estas exclusiones realizada en marzo de 2012, demostró que no eran completamente eficientes en soportar la acción del ganado vacuno o caballares.

En la temperada de crecimiento 2012-2013 se agregaron las tres vegas restantes a los experimentos de exclusión de herbívoros mayores (i.e., vegas de Calvario, Casa Blanca y Pascua). En noviembre de 2012, dentro de cada parcela permanente, se instaló una nueva exclusión, construida con malla Acma (Fig. 2). Estas exclusiones son requeridas para estimar la capacidad de carga y están diseñadas para no dejar pasar herbívoros grandes. El área de cada exclusión fue de 50 x 50 cm.



Figura 2. Vista de la instalación de una exclusión en la vega Tres Quebradas (noviembre de 2012).

A fines de esta última temporada de crecimiento (15 de marzo de 2013) se colectó material vegetal de las seis vegas estudiadas. El muestreo consistió en la extracción de la biomasa aérea en cuadrantes de 30 x 30 cm tanto dentro como fuera de cada exclusión (Fig. 3). En total se obtuvieron 60 muestras (i.e., 6 vegas x 5 parcelas x 2 tratamientos (abierto, exclusión). Sin embargo, durante el experimento se perdieron 4 exclusiones (2 de Casa Banca, 1 de Calvario y 1 de Potrerillos), por extracción de las exclusiones por terceros no identificados, por lo que el número de muestras finalmente analizado fue de 56.



Figura 3. Proceso de obtención de muestra desde el corte del cuadrante hasta el embolsado y etiquetado de las muestras. a) Cortado del cuadrante (arriba, izquierda), b) Obtención de la muestra (arriba, derecha), c) Muestra obtenida (abajo izquierda), d) Embolsado y etiquetado (abajo, derecha).

Posterior a la colecta, en laboratorio se procedió a la separación por especie de cada cuadrante de 30 x 30 cm. Una vez verificada su determinación taxonómica, cada especie se secó a 70°C por 48 hrs o hasta obtener peso estable. Las muestras secas fueron pesadas en una balanza analítica. En la taxonomía se siguió a Squeo et al. (2008a) y Zuloaga et al. (2008).

Intercambio de gases fotosintéticos

Se realizaron mediciones de intercambio de gases fotosintéticos (i.e., fotosíntesis y transpiración) a mitad de verano (entre fines de diciembre y principios de enero de 2013) utilizando un IRGA (CI 301,CID, Inc) conectado a una cámara de 64 litros (superficie = 0,16 m²), y utilizando la modalidad de flujo cerrado. En todas las vegas se obtuvo la fotosíntesis durante las horas de máxima radiación (12:00 y 15:00 hrs), y en vega Pascua se realizó, adicionalmente, un ciclo diario de 24 horas (cada 3 horas).

Análisis de resultados

La diversidad de especies se obtuvo al aplicar el índice de Shannon-Wiener (H'), que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. En este caso, vegas con H' mayor indican mayor abundancia relativa del valor de biomasa de cada especie que aquellas con H' menores.

Los datos fueron analizados con test de t para comparar entre los sitios abiertos y excluidos de cada vega. Las seis vegas fueron comparadas con Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía. Se utilizó un ANOVA de dos vías para comparar la situación natural (control) con la exclusión en las seis vegas.

Para comparar la biomasa entre años por cada vega se realizó ANOVA de una vía o Kruskal Wallis en el caso de que los datos no fuesen normales.

RESULTADOS

Productividad de vegas temporada 2012-2013 (Biomasa)

Para las seis vegas estudiadas, el ANOVA de dos vías mostró diferencias significativas entre vegas ($F_{5,44} = 15,14$, $P < 0,001$) y entre tratamientos ($F_{1,55} = 30,14$, $P < 0,001$), pero no para la interacción vegas x tratamiento ($F_{5,55} = 1,03$, $P = 0,41$). La biomasa en la situación excluida fue significativamente mayor a las no excluidas ($917,7 \pm 66,7 \text{ g m}^{-2}$ versus $421,4 \pm 61,0 \text{ g m}^{-2}$, respectivamente). El test a posteriori muestra diferencias significativas entre las vegas, donde la Vega Pascua ($1.469,4 \pm 105,7 \text{ g m}^{-2}$) es significativamente mayor a las otras 5 vegas (con valores entre $228,7 \pm 112,1 \text{ g m}^{-2}$ en vega Calvario y $653,0 \pm 105,7 \text{ g m}^{-2}$ en Tres quebradas).

En cuatro de las seis vegas, la biomasa seca acumulada exclusión resultó significativamente mayor en la situación excluida comparado con el control abierto a herbivoría: Vega Calvario ($342,31 \pm 36,79 \text{ g m}^{-2}$ versus $115,03 \pm 24,89 \text{ g m}^{-2}$; $t = -5,3$, $P = 0,001$), vega Casa Blanca ($840,96 \pm 84,44 \text{ g m}^{-2}$ versus $237,16 \pm 130,62 \text{ g m}^{-2}$; $t = -3,27$, $P = 0,017$), vega La Vaca ($771,01 \pm 92,49 \text{ g m}^{-2}$ versus $343,47 \pm 37,16 \text{ g m}^{-2}$; $t = -4,29$, $P = 0,003$) y vega Pascua ($1.884,38 \pm 94,14 \text{ g m}^{-2}$ versus $1.054,42 \pm 241,75 \text{ g m}^{-2}$; $t = -3,2$, $P = 0,013$) (Fig. 4).

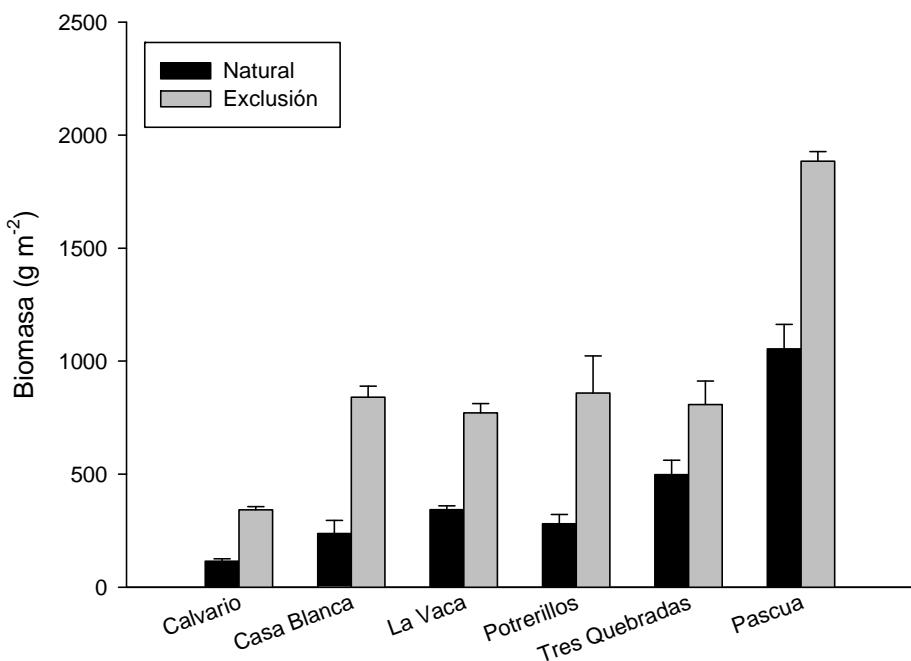


Figura 4. Biomasa seca promedio (± 1 EE) de la temporada 2012-13 en las seis vegas estudiadas. En negro se muestra la biomasa seca en condiciones naturales (sin exclusión) y en gris los promedios con exclusión.

Igual que en la temporada 2011-12, y a pesar en la clara tendencia de mayor biomasa seca acumulada promedio en la situación con exclusión, en las otras dos vegas no se encontraron diferencias producto de la exclusión (Potrerillos: $t = -1,88$, $P = 0,102$; Tres Quebradas: $t = -1,14$, $P = 0,29$). Este resultado en parte refleja una alta variabilidad de producción dentro de estas vegas que podría ser compensado con un mayor número de réplicas.

Productividad histórica de vegas (2002 al 2013)

Considerando las 4 vegas que se han monitoreado por 12 años (temporadas 2001-2002 al 2012-13) y solo en las situaciones abiertas a herbivoría mayor, tres de estas vegas muestran diferencias significativas entre años (Vega Pascua: $F_{11,48} = 2,74$, $P = 0,008$; Vega Potrerillos: $H_{11} = 37,37$, $P < 0,001$; y Vega La Vaca: $H_{11} = 37,63$, $P < 0,001$), mientras que Vega Tres Quebradas no muestra diferencias significativas entre años ($H_{11} = 14,29$, $P = 0,217$).

En la vega Pascua no hay diferencias significativas en la biomasa seca acumulada desde el verano de 2007 al del 2013, sin embargo se observa una tendencia a la disminución en más de la mitad en el promedio desde el año 2011 ($2.463,7 \pm 38,6 \text{ g m}^{-2}$) hasta el año 2013 ($1.054,4 \pm 108,1 \text{ g m}^{-2}$) (Fig. 5).

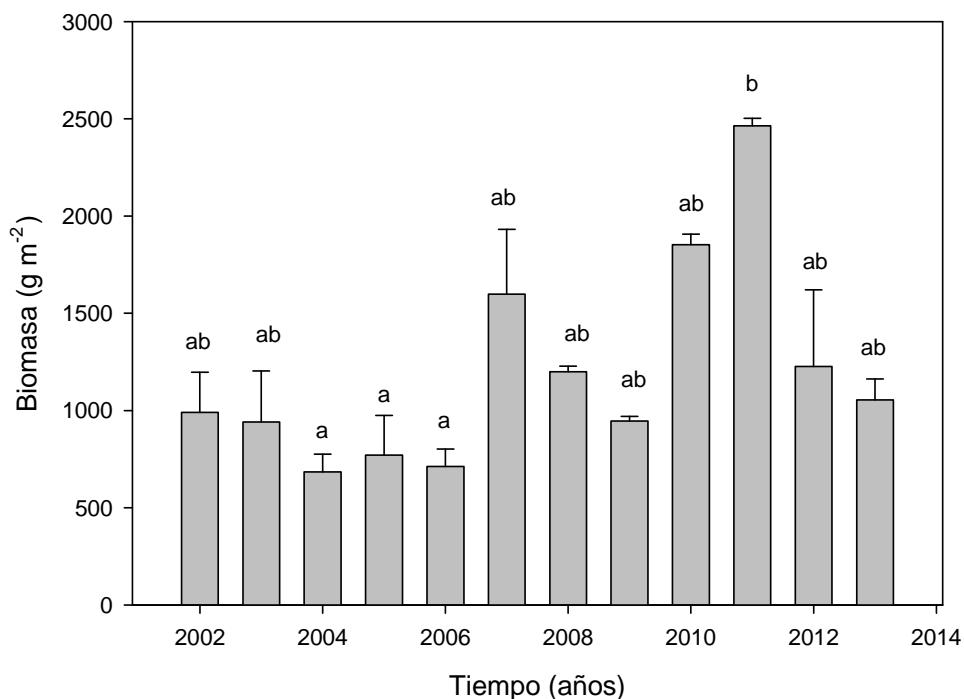


Figura 5. Productividad promedio (+ EE) en Vega Pascua entre el año 2002 y 2012. Letras distintas indican diferencias significativas entre años.

En la vega Tres Quebradas no existen diferencias estadísticamente significativas entre años, pero también se observa una tendencia a la disminución en los últimos cuatro años (Fig. 6). En la vega Potrerillos se observa una reducción significativa en las últimas 3 temporadas, desde valores de $2.584,1 \pm 61,7 \text{ g m}^{-2}$ en el año 2011 a $280,5 \pm 41,9 \text{ g m}^{-2}$ en la temporada 2012-13 (Fig. 7). La misma situación se produce en la vega La Vaca, donde la biomasa seca acumulada cae desde $1.060,9 \pm 21,5 \text{ g m}^{-2}$ en el 2011 a $343,5 \pm 16,6 \text{ g m}^{-2}$ en el 2013 (Fig. 8).

En los Anexo 2 al 5 se muestra la biomasa seca promedio por especie entre los años 2002 y 2013 para cada una de las 4 vegas estudiadas históricamente.

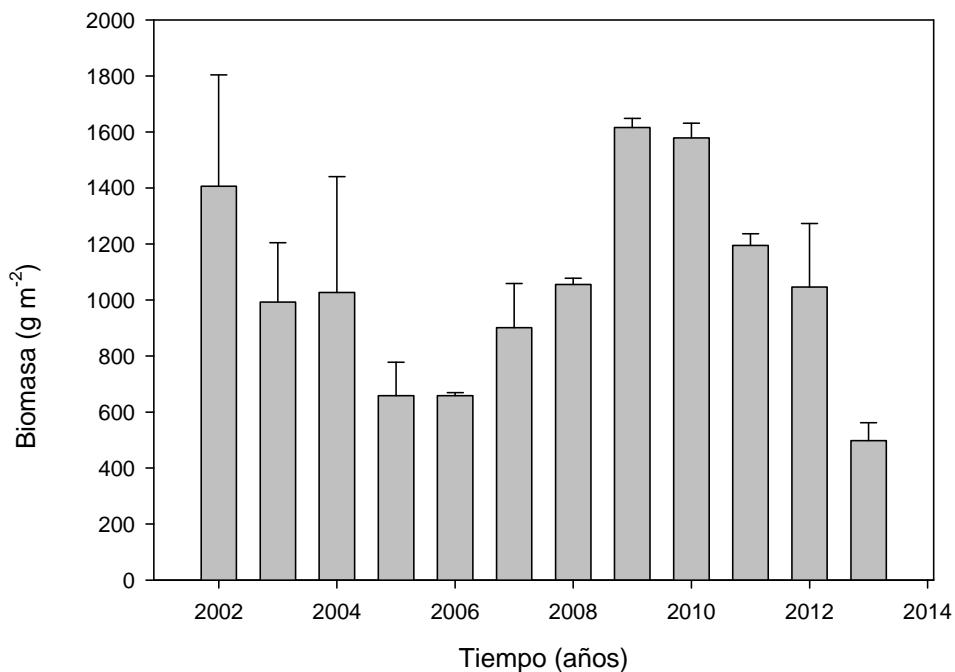


Figura 6. Productividad promedio (+ EE) en Vega Tres Quebradas entre el año 2002 y 2013. ANOVA no muestra diferencias significativas entre años.

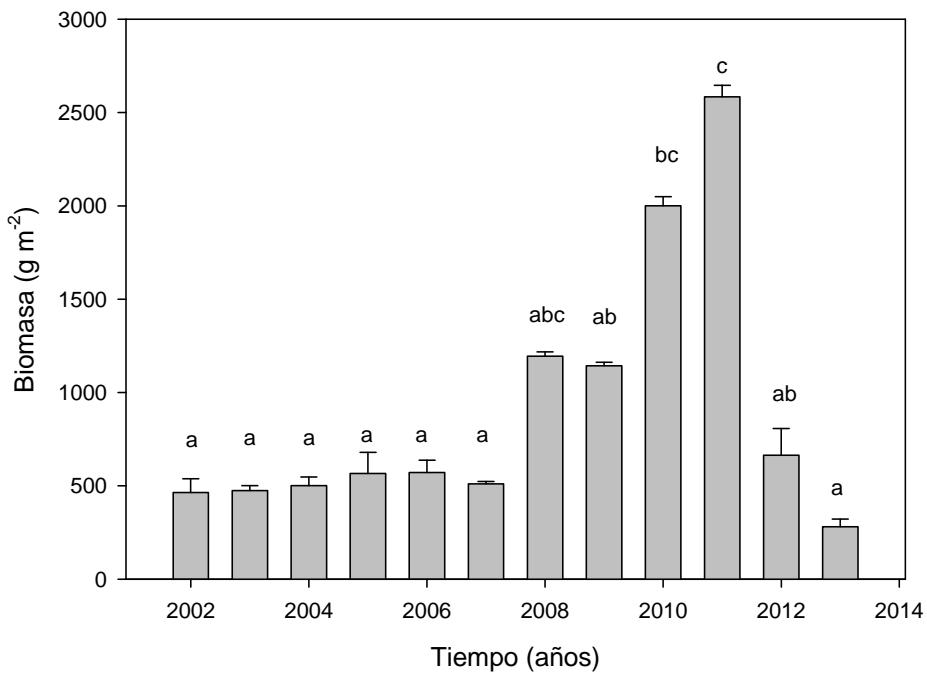


Figura 7. Productividad promedio (+ EE) en Vega Potrerillos entre el año 2002 y 2012. Letras distintas indican diferencias significativas entre años.

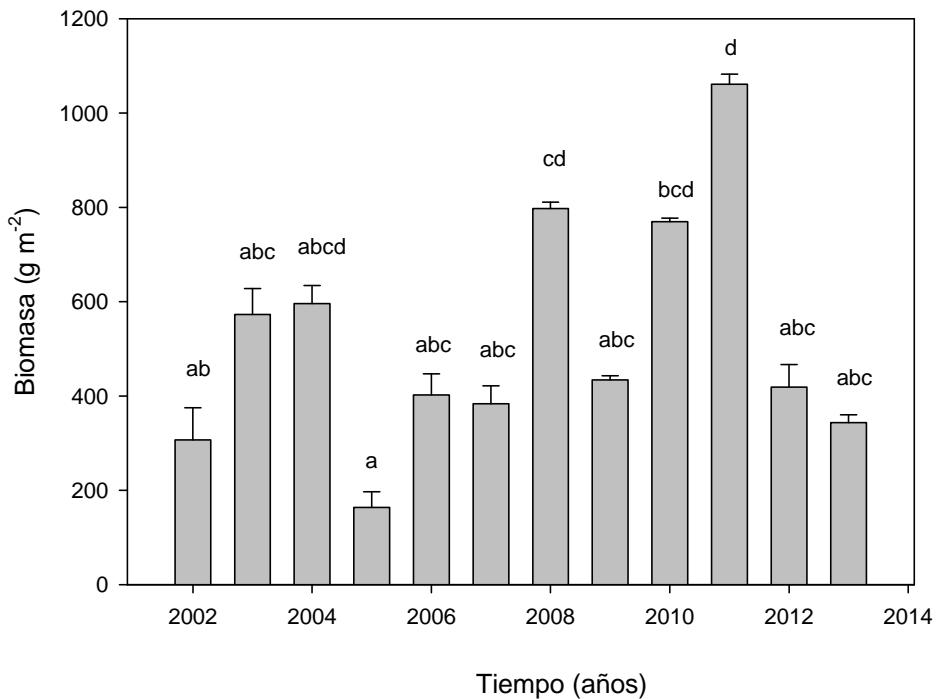


Figura 8. Productividad promedio (+ EE) en Vega La Vaca entre el año 2002 y 2013. Letras distintas indican diferencias significativas entre años.

Diversidad

En la temporada 2012-13, el ANOVA de los valores de diversidad de especies estimada con H' basado en las biomasa secas no muestra diferencias significativas entre vegas ($F_{5,44} = 1,66$, $P = 0,16$), entre tratamientos de exclusión ($F_{1,44} = 0,006$, $P = 0,94$) ni en la interacción vegas x tratamientos ($F_{5,55} = 0,23$, $P = 0,95$). Los valores de H' se encuentran entre $0,87 \pm 0,15$ (vega Pascua) y $1,41 \pm 0,17$ (Fig. 9); equivalentes a 2,4 y 4,1 especies co-dominante ($e^{H'}$).

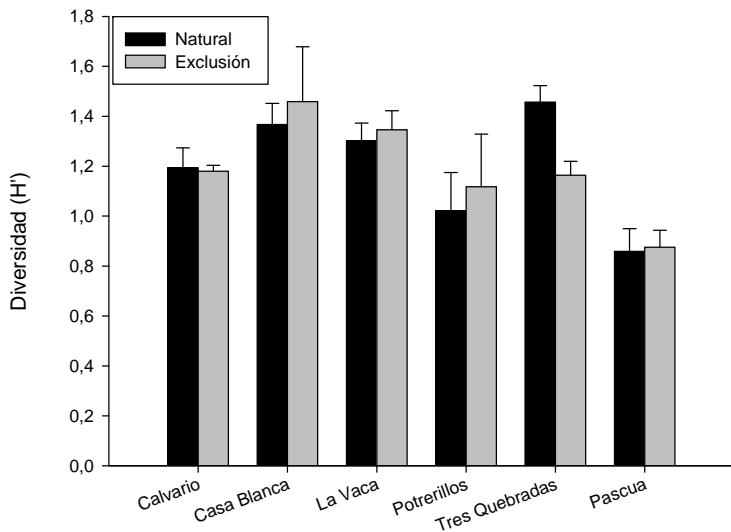


Figura 9. Diversidad (+ EE) en la temporada 2012-2013 en las seis vegas estudiadas. En negro se muestra la diversidad en condiciones naturales (sin exclusión) y en gris los promedios con exclusión.

Composición de Especies

En dos de las seis vegas estudiadas, la composición florística de los controles y las exclusiones a herbivoría mayor no presentan cambios es las especies dominantes (i.e., vegas de Pascua y Tres Quebradas) (ver anexo 1). En las restantes 4 vegas, más expuestas a consumo por ganado, se presentan interesantes cambios en las especies dominantes:

En vega Calvario con exclusión dominan con casi un 75% *Phylloscirpus acaulis* (Cyperaceae, 37%), *Juncus arcticus* (Juncaceae, 29%) y mientras que en el abierto se agrega *Lobelia oligophila* (Campanulaceae, 23%), aumenta *J. arcticus* (44%) y disminuye *P. acaulis* (%).

En vega Casa Blanca con exclusión dominan con cerca de un 66% *Deyeuxia velutina* (Poaceae, 32%) y *P. acaulis* (Cyperaceae, 18%), *Eleocharis albibracteata* (Cyperaceae, 16%), mientras que en el control desaparece *D. velutina* y aumentan en importancia *P. acaulis* (43%) y *E. albibracteata* (23%).

En vega La Vaca con exclusión dominan en un 72% las especies *J. arcticus* (50%) y *Acaena magellanica* (Rosaceae, 22%), mientras que en el control aparece en forma importante *Azorella trifoliolata* (Apiaceae, 38%), seguida de *J. stipulatus* (19%) y *J. arcticus* (15%).

Y finalmente, en la Vega Potrerillos con exclusión dominan en un 74% las especies *Patosia clandestina* (42%) y *Phylloscirpus acaulis* (32%), mientras que en el control abierto, disminuye *P. clandestina* a un 8% y aumenta *P. acaulis* (59%) y *Carex vallis-pulchrae* (8%).

De este análisis se puede inferir una mayor sensibilidad al pastoreo de *Deyeuxia velutina* (en vega Casa Blanca) y *Acaena magellanica* (en vega La Vaca). Este cambio en la biomasa seca acumulada de las especies dominantes ocurrió solo en 4 meses de exclusión (mediados de noviembre de 2012 a mediados de marzo 2013).

Intercambio de Gases Fotosintéticos

El curso diario de asimilación neta de CO₂ (A) realizado en la vega Pascua (una turbera andina) muestra valores máximos en las primeras horas de la tarde (2,86 µmoles m⁻² s⁻¹), mientras que los mínimos se observaron a comienzos de noche (-2,96 µmoles m⁻² s⁻¹) (Fig. 10). El valor integrado durante las 24 horas resultó negativo, con un balance desplazado hacia la respiración (-1,73 µmoles m⁻² s⁻¹), lo que significa que la vega está perdiendo carbono. Los valores de A registrado durante las horas nocturnas de noche a las 22 hrs es extremadamente alto y puede estar reflejando una alta respiración del suelo (i.e., descomposición de la turba, respiración de raíces, otras fuentes de CO₂). Este resultado implica que la vega de Pascua está perdiendo carbono. Durante las horas de luz, la radiación fotosintéticamente activa (PAR) estuvo entre 1400 y 2000 µmoles m⁻² s⁻¹, por sobre el punto de saturación lumínica, con un máximo de 2.068 µmoles m⁻² s⁻¹ a medio. A las 18:00 hrs, con cerca de 200 µmoles m⁻² s⁻¹, A todavía era positiva (0,63 µmoles m⁻² s⁻¹).

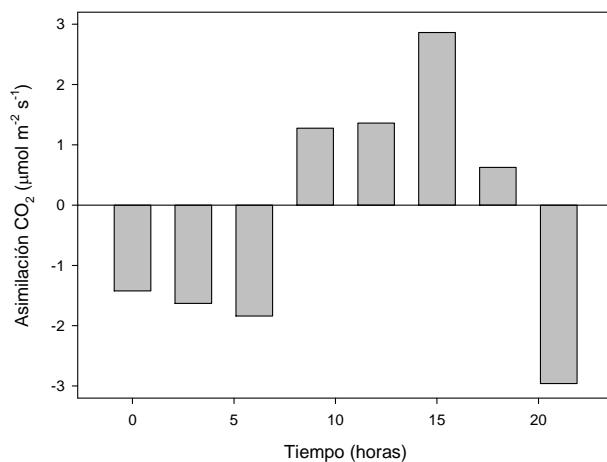


Figura 10. Curso diario de asimilación neta de CO₂ en la vega Pascua, a fines diciembre de 2012.

En cada una de las seis vegas estudiadas, se midió el intercambio de gases fotosintéticos entre las 11:00 y 15:00 hrs, en las condiciones con exclusión de herbívoros mayores y control abierto. Estos valores corresponden a las asimilaciones neta de CO₂ máxima (Amax) y la transpiración máxima (Emax) asociada. Las vegas de Calvario y Casa Blanca muestran valores Amax mayores en la situación con exclusión comparado con el control abierto, mostrando que el efecto de la herbivoría afecta la capacidad de ganancia de carbono de dichas vega (Fig. 11). Las menores tasas de fotosíntesis se registraron en la vega Pascua. En promedio, la fotosíntesis máxima en estas vegas varió entre 0,9 µmoles m⁻² s⁻¹ (vega Pascua - exclusión) y 8,9 µmoles m⁻² s⁻¹ (Vega Calvario - exclusión).

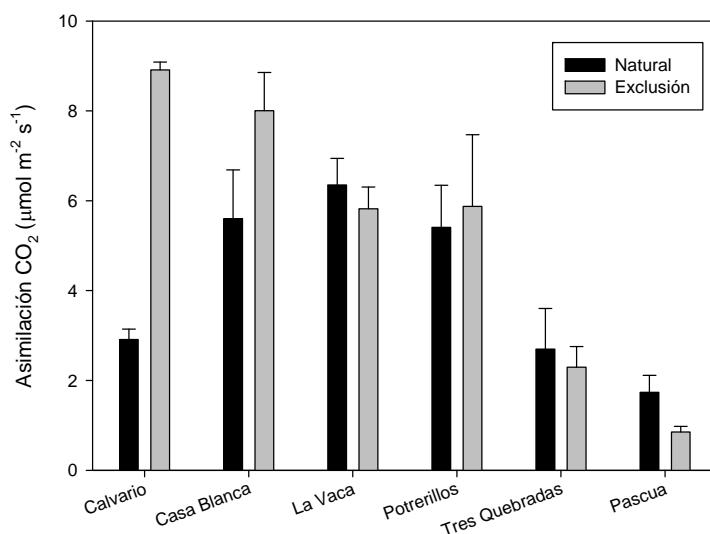


Figura 11. Asimilación neta de CO₂ máxima en las seis vegas estudiadas de la temporada 2012-13 en las seis vegas estudiadas. En negro se muestra la biomasa seca en condiciones naturales (sin exclusión) y en gris los promedios con exclusión.

Las tasas de transpiración máxima (Emax) estuvieron entre 0,6 mmoles m⁻² s⁻¹. (Pascua - exclusión) y 3,5 mmoles m⁻² s⁻¹ (Casa Blanca - exclusión) (Fig. 12). En el caso de la eficiencia en el uso del agua, evaluado por el cuociente Amax / Emax, los valores extremos se presentaron en la situación natural (control abierto a herbivoría), con 0,9 en vega Calvario y 3,6 en vega Casa Blanca (Fig. 13).

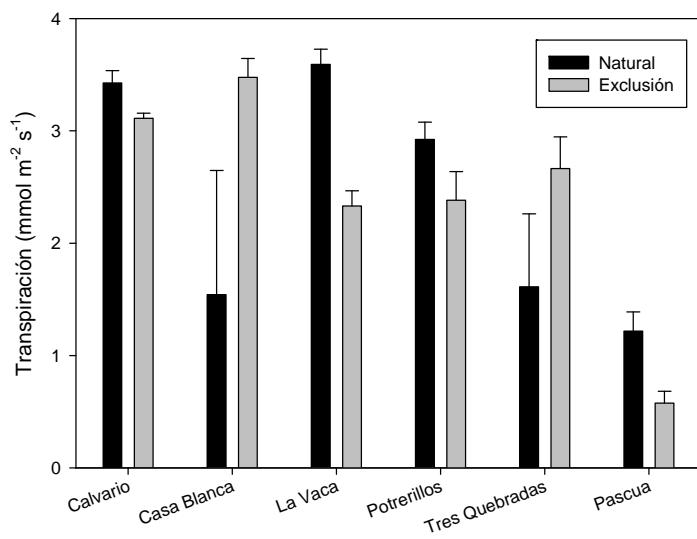


Figura 12. Transpiración máxima en las seis vegas estudiadas de la temporada 2012-13 en las seis vegas estudiadas. En negro se muestra la biomasa seca en condiciones naturales (sin exclusión) y en gris los promedios con exclusión.

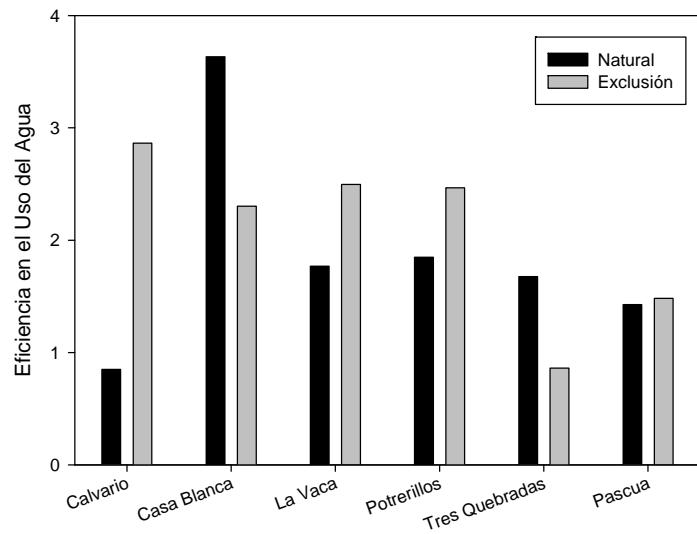


Figura 13. Eficiencia en el Uso del Agua ($A_{\text{max}} / E_{\text{max}}$) en las seis vegas estudiadas de la temporada 2012-13 en las seis vegas estudiadas. En negro se muestra la biomasa seca en condiciones naturales (sin exclusión) y en gris los promedios con exclusión.

Conclusiones

El tratamiento de exclusión resultó en una mayor acumulación de materia seca al final de la temporada de crecimiento en las seis vegas, aunque sólo en cuatro esta diferencia es significativa. La vega Pascua presentó una biomasa seca de $1.469,4 \pm 105,7 \text{ g m}^{-2}$, producción que es significativamente mayor a las otras 5 vegas (con valores entre $228,7 \pm 112,1 \text{ g m}^{-2}$ en vega Calvario y $653,0 \pm 105,7 \text{ g m}^{-2}$ en Tres quebradas). No hay una respuesta del efecto herbivoría sobre el índice de diversidad, aunque hay cambios importantes en las especies que más contribuyen con biomasa en cuatro de las seis vegas (i.e., vegas de Calvario, Casa Blanca, La Vaca y Potrerillos).

Considerando las 4 vegas que se han monitoreado por 12 años (temporadas 2001-2002 al 2012-13) y solo en las situaciones abiertas a herbívoros mayores, tres de ellas muestran diferencias significativas entre años (vegas de Pascua, Potrerillos y La Vaca). En la última temporada de crecimiento las cuatro vegas muestran una tendencia a valores más bajos que en los 3 a 4 años previos. Esta tendencia estaría asociada a una menor disponibilidad de agua.

El curso diario de fotosíntesis neta de la vega Pascua muestra nuevamente un balance negativo ($-1,73 \mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), que implicaría una emisión neta de CO₂ a la atmósfera. Esta misma tendencia negativa se informó para la temporada 2007-2008, con un balance de $-0,35 \mu\text{moles m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. Este balance negativo podría ser explicado por un aumento en la temperatura producto del cambio climático global y sigue la misma tendencia que otras turberas de altas latitudes estudiadas en el hemisferio norte.

Los valores de fotosíntesis máxima, transpiración y eficiencia en el uso del agua se encuentran en valores normales para este tipo de formación vegetal.

Bibliografía

- Comisión Nacional de Medio Ambiente-Gobierno de Chile. 2006. Protección y manejo sustentable de humedales integrados a la cuenca hidrográfica. Centro de Ecología Aplicada Ltda.
- Rydin H. & J. Jeglum. 2006. The Biology of Peatlands. Oxford University Press. United States of America.
- Squeo, F.A., G. Arancio & J.R. Gutiérrez. 2001. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Coquimbo. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena. 372 + xiv pp.
- Squeo F.A., E. Ibacache, B. Warner, D. Espinoza, R. Aravena y J.R. Gutiérrez. 2006a. Productividad y diversidad florística de la Vega Los Tambos, Cordillera de Doña Ana: variabilidad inter-anual, herbivoría y nivel freático. En: Cepeda J (ed) Geoecología de los Andes Desérticos: La Alta Montaña del Valle del Elqui: 333-362. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena.
- Squeo F.A., B.G. Warner, R. Aravena & D. Espinoza. 2006b. Bofedales: High Altitude Peatlands of the Central Andes. Revista Chilena de Historia Natural 79: 245-255.
- Squeo F.A., G. Arancio & J.R. Gutiérrez. 2008a. Libro Rojo de la Flora Nativa y de los Sitios Prioritarios para su Conservación: Región de Atacama. Ediciones de la Universidad de La Serena, La Serena. 456 + xvi pp.
- Squeo F.A., G. Arancio, J.R. Gutiérrez, L. Letelier, M.T.K. Arroyo, P. León-Lobos & L. Rentería-Arrieta. 2008b. Flora Amenazada de la Región de Atacama y Estrategias para su Conservación. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. viii + 72 pp.
- Squeo F.A., Y. Tracol, D. López, M. León & J.R. Gutiérrez. 2009. Vegetación nativa y variación temporal de la productividad en la Provincia del Elqui. En: (J. Cepeda, ed). Los Sistemas Naturales de la Cuenca del Río Elqui (Región de Coquimbo, Chile): Vulnerabilidad y Cambio del Clima: 162-185. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena.
- Zuloaga, F. O., O. Morrone & M. Belgrano (eds). 2008. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay). Missouri Botanical Garden Press, San Louis, MO.

Anexo 1. Valores promedio de Biomasa seca (g m^{-2}), diversidad (H') y Número de especies en la condición natural y con exclusión de herbívoros mayores de las 6 vegas estudiadas en el verano de 2013.

	CALVARIO					CASA BLANCA				
	Natural		Exclusión			Natural		Exclusión		
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
<i>Acaena magellanica</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Arenaria rivularis</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Azorella trifoliolata</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	10,293	± 4,603	18,545	± 10,707		
<i>Carex gayana</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	7,983	± 3,570	0,000	± 0,000		
<i>Carex sp.</i>	5,714	± 2,555	12,571	± 5,028	24,298	± 7,397	7,720	± 2,640		
<i>Carex vallis pulchrae</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Colobanthus quitense</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Deschampsia caespitosa</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Deyeuxia velutina</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	269,259	± 155,457		
<i>Eleocharis albibracteata</i>	5,236	± 1,319	21,673	± 5,174	54,930	± 10,684	135,255	± 38,040		
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Graminea no peluda</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	26,378	± 11,797	0,000	± 0,000		
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Indeterminado 1	0	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Juncus arcticus</i>	51,157	± 10,113	99,838	± 20,644	8,166	± 1,705	76,736	± 16,344		
<i>Juncus stipulatus</i>	0,000	± 0,000	0	± 0,000	1,517	± 0,607	0,710	± 0,113		
<i>Lilaeosis macloviana</i>	9,349	± 4,181	0,140	± 0,056	0,134	± 0,060	0,000	± 0,000		
<i>Lobelia oligophila</i>	26,281	± 4,814	25,188	± 4,858	0,015	± 0,007	1,838	± 1,061		
<i>Muehlenbergia asperifolia</i>	4,923	± 2,202	53,611	± 21,444	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Musgo</i>	0,000	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Oxychloe andina</i>	0,000	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Patosia clandestina</i>	0,000	± 0,000	0	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	12,373	± 5,378	126,389	± 29,582	102,674	± 42,221	149,537	± 85,774		
<i>Plantago barbata</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Poa sp1</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	72,617	± 41,925		
<i>Poa peluda sp1</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,774	± 0,346	5,646	± 3,260		
<i>Poa peluda sp2</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	101,111	± 58,377		

	CALVARIO						CASA BLANCA					
	Natural			Exclusión			Natural			Exclusión		
	PROM		EE	PROM		EE	PROM		EE	PROM		EE
Poa pubescente	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	1,989	±	1,148
Puccinellia frigida	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000
Werneria pygmaea	0,000	±	0,000	2,901	±	1,160	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000
Zameioscirpus atacamensis	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000
Biomasa total	115,034	±	11,131	342,311	±	14,715	237,162	±	58,416	840,963	±	48,754
H prima	1,194	±	0,079	1,180	±	0,024	1,367	±	0,085	1,458	±	0,220
Número de especies	7			8			11			12		

... Continuación Anexo 1.

	LA VACA					POTRERILLOS				
	Natural		Exclusión			Natural		Exclusión		
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
Acaena magellanica	29,210	± 12,025	170,194	± 34,797	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Arenaria rivularis	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	2,132	± 0,953	2,114	± 0,618		
Azorella trifoliolata	129,023	± 27,511	44,550	± 13,464	0,409	± 0,183	64,321	± 32,160		
Carex gayana	0,000	± 0,000	15,778	± 7,056	4,341	± 1,909	1,683	± 0,519		
Carex sp.	23,010	± 5,200	6,843	± 2,513	21,879	± 6,155	62,140	± 28,937		
Carex vallis pulchrae	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	24,224	± 10,234	0,000	± 0,000		
Colobanthus quitense	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Deschampsia caespitosa	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	8,569	± 2,645		
Deyeuxia velutina	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Eleocharis albibracteata	8,726	± 3,195	5,943	± 2,658	8,982	± 2,387	21,057	± 3,976		
Eleocharis pachycarpa	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	4,685	± 2,095	0,000	± 0,000		
Graminea no peluda	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Halerpestes cymbalaria	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	1,084	± 0,485	0,000	± 0,000		
Indeterminado 1	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Juncus arcticus	53,119	± 16,623	388,791	± 51,481	0,000	± 0,000	3,372	± 1,686		
Juncus stipulatus	66,212	± 17,994	0,000	± 0,000	0,689	± 0,225	4,217	± 1,324		
Lilaeosis macloviana	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	10,106	± 3,042	30,568	± 7,642		
Lobelia olygophila	4,669	± 1,322	6,753	± 3,020	14,828	± 4,026	24,301	± 9,420		
Muehlenbergia asperiifolia	23,042	± 10,305	106,859	± 40,169	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Musgo	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Oxychloe andina	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Patosia clandestina	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	22,684	± 8,159	357,723	± 173,569		
Phylloscirpus acaulis	0,802	± 0,314	22,400	± 10,018	164,481	± 33,146	274,653	± 75,503		
Plantago barbata	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	4,608	± 2,304		
Poa sp1	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Poa peluda sp1	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Poa peluda sp2	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		

	LA VACA					POTRERILLOS				
	Natural		Exclusión			Natural		Exclusión		
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE
Poa pubescente	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Puccinellia frigida	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Werneria pygmaea	5,656	± 2,529	2,902	± 1,298	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Zameioscirpus atacamensis	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
Biomasa total	343,468	± 16,619	771,013	± 41,361	280,524	± 41,920	859,325	± 164,218		
H prima	1,301	± 0,072	1,346	± 0,077	1,021	± 0,154	1,117	± 0,211		
Número de especies	10		10		13		13			

Continuación Anexo 1

	TRES QUEBRADAS					PASCUA				
	Natural		Exclusión		Natural		Exclusión			
	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE	PROM	EE		
<i>Acaena magellanica</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Arenaria rivularis</i>	2,322	± 1,039	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,000	± 0,000	0,053	± 0,024	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000
<i>Carex gayana</i>	0,000	± 0,000	22,422	± 10,028	0,000	± 0,000	16,945	± 6,944		
<i>Carex sp.</i>	14,108	± 6,126	35,335	± 13,850	0,138	± 0,062	0,000	± 0,000		
<i>Carex vallis pulchrae</i>	56,103	± 13,027	24,560	± 8,318	94,471	± 6,912	88,967	± 13,815		
<i>Colobanthus quitense</i>	0,446	± 0,199	0,136	± 0,061	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Deschampsia caespitosa</i>	7,987	± 3,572	8,669	± 2,963	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Deyeuxia velutina</i>	9,063	± 3,678	58,370	± 25,347	187,537	± 46,388	221,548	± 60,734		
<i>Eleocharis albibracteata</i>	32,268	± 14,281	42,326	± 15,322	0,000	± 0,000	0,684	± 0,306		
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Graminea no peluda</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Halerpestes cymbalaria</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
Indeterminado 1	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,016	± 0,007	0,000	± 0,000		
<i>Juncus arcticus</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Juncus stipulatus</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Lilaeosis macloviana</i>	0,414	± 0,185	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Lobelia oligophila</i>	0,030	± 0,014	0,000	± 0,000	0,029	± 0,013	0,000	± 0,000		
<i>Muehlenbergia asperifolia</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Musgo</i>	18,047	± 5,946	18,857	± 7,975	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Oxychloe andina</i>	232,022	± 48,340	538,858	± 88,942	758,299	± 137,765	1263,333	± 147,069		
<i>Patosia clandestina</i>	0,000	± 0,000	0,296	± 0,132	2,885	± 1,290	214,444	± 95,902		
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	2,534	± 1,133	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Plantago barbata</i>	0,581	± 0,184	0,309	± 0,138	0,000	± 0,000	10,785	± 4,823		
<i>Poa sp1</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Poa peluda sp1</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Poa peluda sp2</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		
<i>Poa pubescente</i>	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000	0,000	± 0,000		

	TRES QUEBRADAS						PASCUA					
	Natural			Exclusión			Natural			Exclusión		
	PROM		EE	PROM		EE	PROM		EE	PROM		EE
Puccinellia frigida	0,000	±	0,000	0,000	±	0,000	0,030	±	0,013	0,114	±	0,051
Werneria pygmaea	0,234	±	0,065	0,515	±	0,230	1,164	±	0,521	4,002	±	1,790
Zameioscirpus atacamensis	121,640	±	27,589	57,554	±	14,792	9,849	±	3,305	63,556	±	28,423
Biomasa total	497,799	±	64,091	808,259	±	103,807	1054,419	±	108,113	1884,378	±	42,099
H prima	1,457	±	0,065	1,164	±	0,056	0,859	±	0,091	0,876	±	0,068
Número de especies	15,000		0,329	14,000		0,555	10,000		0,482	10,000		0,141

Anexo 2. Biomasa seca promedio anual (\pm 1 EE) por especie para la Vega Pascua

Año	2002		2003		2004		2005	
	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Arenaria rularis</i>	0,10	\pm	0,10	0,00	\pm	0,00	0,02	\pm 0,02
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	3,16	\pm	2,83	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex atropicta</i>	30,96	\pm	25,97	5,97	\pm	4,72	28,16	\pm 11,59
<i>Carex gayana</i>	4,28	\pm	2,11	8,06	\pm	6,83	18,64	\pm 11,60
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex sp</i>	44,67	\pm	23,00	50,44	\pm	31,19	10,91	\pm 7,78
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	14,55	\pm	11,06	38,07	\pm	32,28	13,03	\pm 11,76
<i>Deyeuxia velutina</i>	273,96	\pm	112,60	22,06	\pm	11,15	45,31	\pm 16,57
<i>Eleocharis atacamensis</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	71,66	\pm	62,36	25,26	\pm	20,31	56,56	\pm 41,02
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,24
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	\pm	0,00	0,03	\pm	0,03	0,04	\pm 0,03
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	\pm	0,00	6,21	\pm	5,98	0,00	\pm 11,24
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
Indeterminado	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	13,33	\pm	11,92	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	1,47	\pm	1,31	3,62	\pm	3,62	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	4,38	\pm 2,82
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	1,64	\pm	1,13	0,01	\pm	0,01	0,51	\pm 0,37
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Musgo</i>	22,53	\pm	20,08	46,39	\pm	28,92	48,69	\pm 39,94
<i>Oxychloe andina</i>	290,06	\pm	147,51	369,23	\pm	186,87	249,86	\pm 128,66
								336,75 \pm 19,21

Año	2002		2003		2004		2005	
<i>Patosia clandestina</i>	182,63	±	100,61	308,33	±	244,76	199,33	± 142,60
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Plantago barbata</i>	0,58	±	0,52	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	6,51	±	4,93	0,12	±	0,10	0,57	± 0,25
<i>Ranunculus sp</i>	1,29	±	1,15	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	10,95	±	9,53	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	±	0,00	0,78	±	0,78	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	16,19	±	8,88	56,90	±	37,06	7,53	± 5,11
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
Total	990,5	±	206,1	941,5	±	261,9	683,5	± 91,4
							770,0	± 204,0

... continuación Anexo 2.

Año	2006		2007		2008		2009	
	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	±	0,00	0,00	0,00	±	0,00	0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,05	±	0,00	0,04	0,00	0,25	±	0,02
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	±	0,00	0,00	0,00	±	0,00	0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	±	0,00	0,00	0,00	±	0,00	0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	±	0,00	0,00	0,00	±	0,00	0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	±	0,00	0,00	0,00	±	0,00	0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	3,36	±	0,30	1,60	±	0,14	6,00	±
<i>Carex atropicta</i>	3,36	±	0,30	0,00	±	0,00	49,67	±
<i>Carex gayana</i>	3,16	±	0,16	23,13	±	1,24	1,26	±
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	±	0,00	45,81	±	3,01	106,91	±
<i>Carex sp</i>	93,83	±	4,49	7,11	±	0,64	0,00	±
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Deschampsia cespitosa</i>	18,72	±	1,68	0,52	±	0,05	25,75	±
<i>Deyeuxia velutina</i>	44,04	±	1,82	19,12	±	0,84	34,25	±
<i>Eleocharis atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Eleocharis albibracteata</i>	15,21	±	1,22	74,61	±	4,57	15,92	±
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	±	0,00	0,22	±	0,02	0,00	±
<i>Gentianella coquimbensis</i>	2,50	±	0,17	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Hordeum santacrucense</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
Indeterminado	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Juncus bufonius</i>	17,33	±	0,85	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Lobelia oligophylla</i>	18,27	±	0,09	0,97	±	0,07	3,28	±
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±
<i>Musgo</i>	77,92	±	4,24	19,67	±	1,76	28,29	±
<i>Oxychloe andina</i>	258,39	±	9,08	749,67	±	44,62	101,56	±
							9,14	±
							179,32	±
							8,26	

Año	2006		2007		2008		2009					
<i>Patosia clandestina</i>	161,65	±	8,94	479,50	±	26,75	748,44	±	30,02	341,31	±	22,09
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	±	0,00	139,31	±	6,28	16,37	±	1,23	0,00	±	0,00
<i>Plantago barbata</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	3,11	±	0,28
<i>Polypogon australis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,23	±	0,01	1,47	±	0,07	1,87	±	0,14	0,66	±	0,02
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	14,57	±	1,00	35,78	±	2,38	59,50	±	3,29	27,04	±	1,51
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
Total	711,9	±	89,4	1598,5	±	332,8	1199,3	±	29,0	945,5	±	24,9

... continuación Anexo 2.

Año Especies \ n	2010		2011		2012		2013		
	5		5		5		5		
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Carex atropicta</i>	163,84	±	8,22	67,20	±	3,62	23,76	±	16,22
<i>Carex gayana</i>	20,04	±	0,82	0,66	±	0,06	14,75	±	11,65
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	135,79	±	8,86	77,40	±	3,01	34,26	±	23,36
<i>Carex sp</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,14
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	3,33	±	3,33
<i>Deschampsia cespitosa</i>	54,87	±	3,78	0,00	±	0,00	19,27	±	16,27
<i>Deyeuxia velutina</i>	363,77	±	27,76	427,90	±	25,29	179,20	±	110,38
<i>Eleocharis atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	42,39	±	36,38
<i>Eleocharis pseudoalbibracteata</i>	2,09	±	0,13	2,52	±	0,14	0,00	±	0,00
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
Indeterminado	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,02
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	64,16	±	5,33	60,37	±	3,52	0,00	±	0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	3,59	±	0,19	27,55	±	2,21	0,09	±	0,09
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Musgo</i>	0,00	±	0,00	12,83	±	1,17	19,95	±	19,79
<i>Oxychloe andina</i>	451,88	±	27,05	691,78	±	35,37	119,55	±	98,66
									758,30
									± 137,76

Año	2010		2011		2012		2013					
<i>Patosia clandestina</i>	536,42	±	48,28	960,76	±	58,75	609,50	±	404,00	2,89	±	1,29
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	111,22	±	66,38	0,00	±	0,00
<i>Plantago barbata</i>	1,50	±	0,14	0,00	±	0,00	1,34	±	1,34	0,00	±	0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,07	±	0,01	0,18	±	0,02	0,00	±	0,00	0,03	±	0,01
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	54,13	±	3,11	134,60	±	7,45	45,27	±	30,89	1,16	±	0,52
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	9,85	±	3,30
Total	1852,2	±	54,2	2463,7	±	38,6	1223,9	±	838,7	1054,4	±	196,3

Anexo 3. Biomasa seca promedio anual (\pm 1 EE) por especie para la Vega Tres Quebradas.

Año	2002			2003			2004			2005	
Especies \ n	5			5			5			5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	\pm	0,00	0,12	\pm	0,12	0,07	\pm	0,05	0,00	\pm 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	18,49	\pm	16,80	15,51	\pm 0,87
<i>Carex gayana</i>	66,33	\pm	49,04	30,22	\pm	22,65	16,19	\pm	15,97	20,71	\pm 1,22
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex sp</i>	288,31	\pm	78,73	146,57	\pm	76,24	142,64	\pm	86,80	111,32	\pm 5,59
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	9,10	\pm	6,08	25,96	\pm	21,58	10,88	\pm	7,88	43,51	\pm 2,31
<i>Deyeuxia velutina</i>	23,77	\pm	15,78	1,06	\pm	0,94	210,84	\pm	204,82	0,03	\pm 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	17,54	\pm	14,10	0,13	\pm	0,13	20,26	\pm	19,66	9,19	\pm 0,81
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	\pm	0,00	0,51	\pm	0,51	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	14,18	\pm	12,69	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,82	\pm 0,07
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,60	\pm	0,49	0,14	\pm	0,12	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,44	\pm	0,37	0,00	\pm 0,00
<i>Hordeum santacrucense</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	34,15	\pm 2,22
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	8,14	\pm	6,18	0,00	\pm 0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	7,42	\pm	7,42	0,00	\pm 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Musgo</i>	61,08	\pm	45,78	16,66	\pm	11,22	12,06	\pm	8,27	66,38	\pm 3,05
<i>Oxychloe andina</i>	892,08	\pm	401,50	538,29	\pm	203,59	423,89	\pm	269,62	299,03	\pm 8,37
<i>Oxychloe castellanosii</i>	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm	0,00	0,00	\pm 0,00

Año	2002		2003		2004		2005	
<i>Oxychloe spp.</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	0,92	±	0,83	168,20	±	52,46	138,97	± 57,86 52,08 ± 3,80
<i>Plantago barbata</i>	8,62	±	6,33	3,72	±	3,72	3,60	± 2,89 0,71 ± 0,06
<i>Polypogon australis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	1,84	± 0,88 0,73 ± 0,04
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	±	0,00	15,85	±	15,85	0,00	± 0,00 0,00 ± 0,00
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin concinna</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	±	0,00	7,44	±	7,44	0,00	± 0,00 0,00 ± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	24,09	±	21,55	37,65	±	22,69	11,08	± 11,08 4,41 ± 0,33
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	± 0,00
Total	1406,6	±	397,4	992,5	±	211,8	1026,8	± 413,7 658,6 ± 119,0

... Continuación Anexo 3.

Año	2006		2007		2008		2009	
Species \ n	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,18	± 0,02	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	14,79	± 0,93	0,66	± 0,06
<i>Carex gayana</i>	56,73	± 3,30	56,69	± 3,17	8,64	± 0,62	15,75	± 0,62
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	± 0,00	75,25	± 3,60	78,92	± 4,44	332,00	± 9,43
<i>Carex sp</i>	94,57	± 3,53	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	16,40	± 0,91	26,90	± 2,13	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deyeuxia velutina</i>	16,13	± 0,86	9,83	± 0,48	3,78	± 0,18	7,69	± 0,43
<i>Eleocharis albibracteata</i>	7,60	± 0,68	54,44	± 4,90	0,73	± 0,05	1,23	± 0,11
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Genitiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Genitianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,02	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	10,98	± 0,79	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	1,28	± 0,11
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,02	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	10,98	± 0,79	0,00	± 0,00	0,81	± 0,05	0,00	± 0,00
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Musgo</i>	85,17	± 5,56	0,00	± 0,00	19,60	± 1,39	25,28	± 1,57
<i>Oxychloe andina</i>	336,72	± 8,27	497,56	± 18,65	560,72	± 25,72	1116,25	± 39,17
<i>Oxychloe castellanosii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Oxychloe spp.</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	1,34	± 0,12	0,00	± 0,00	312,00	± 11,49	0,00	± 0,00

Año	2006		2007		2008		2009	
<i>Plantago barbata</i>	0,00	± 0,00	13,97	± 1,11	1,84	± 0,11	0,00	± 0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,42	± 0,03	1,96	± 0,06	1,08	± 0,03	1,21	± 0,03
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	± 0,00	130,00	± 4,69	0,08	± 0,01	77,93	± 5,67
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin concinna</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	32,07	± 3,11	34,53	± 3,38	52,22	± 4,70	36,66	± 2,07
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
Total	658,3	± 10,7	901,1	± 157,7	1055,2	± 22,9	1615,9	± 32,5

... Continuación Anexo 3.

Año	2010		2011		2012		2013	
Especies \ n	5		5		5			
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	2,32	± 1,04
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,02	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	± 0,00	30,24	± 1,52	2,12	± 2,12	0,00	± 0,00
<i>Carex gayana</i>	30,31	± 1,43	2,27	± 0,16	5,10	± 3,65	0,00	± 0,00
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	134,65	± 4,70	173,97	± 3,01	128,26	± 52,88	56,10	± 13,03
<i>Carex sp</i>	20,00	± 1,80	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	14,11	± 6,13
<i>Colobanthus quitensis</i>	2,80	± 0,25	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,45	± 0,20
<i>Deschampsia cespitosa</i>	15,11	± 0,96	3,08	± 0,16	0,00	± 0,00	7,99	± 3,57
<i>Deyeuxia velutina</i>	11,09	± 0,72	15,96	± 0,65	18,67	± 6,63	9,06	± 3,68
<i>Eleocharis albibracteata</i>	6,60	± 0,47	0,06	± 0,01	68,69	± 65,89	32,27	± 14,28
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,02	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacruzensense</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	117,50	± 7,26	97,36	± 4,78	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	105,25	± 64,55	0,41	± 0,19
<i>Lobelia oligophylla</i>	2,99	± 0,24	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,03	± 0,01
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Musgo</i>	0,00	± 0,00	2,76	± 0,15	11,32	± 8,69	18,05	± 5,95
<i>Oxychloe andina</i>	1194,08	± 51,98	847,67	± 41,38	428,33	± 283,18	0,00	± 0,00
<i>Oxychloe castellanosii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	244,04	± 195,34	0,00	± 0,00

Año	2010		2011		2012		2013	
<i>Oxychloe spp.</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	232,02	± 48,34
<i>Patosia clandestina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Plantago barbata</i>	29,51	± 2,43	0,00	± 0,00	3,71	± 2,01	0,58	± 0,18
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,68	± 0,03	0,66	± 0,04	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	10,27	± 10,27	2,53	± 1,13
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	± 0,00	2,06	± 0,19	16,10	± 16,10	0,00	± 0,00
<i>Schoenoplectus pungens</i>	13,53	± 1,22	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin concinna</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,51	± 0,51	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00	± 0,00	18,84	± 1,70	0,61	± 0,61	0,23	± 0,06
<i>Zameioscirpus atacamensis</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	± 0,00	121,64	± 27,59
Total	1578,8	± 52,5	1195,0	± 41,4	3060,0	± 712,4	2510,8	± 125,4

Anexo 4. Biomasa seca promedio anual (\pm 1 EE) por especie para la Vega Potrerillos.

Año	2002		2003		2004		2005	
	5		5		5		5	
Especies \ n								
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,10	\pm 0,10	0,00	\pm 0,00	0,07	\pm 0,05	0,00	\pm 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	6,03	\pm 2,90	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	\pm 0,00	7,99	\pm 5,03	24,14	\pm 6,30	22,28	\pm 0,35
<i>Carex gayana</i>	0,00	\pm 0,00	8,26	\pm 8,26	10,05	\pm 4,03	0,46	\pm 0,03
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex sp</i>	0,22	\pm 0,19	0,00	\pm 0,00	0,10	\pm 0,07	0,13	\pm 0,01
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,28	\pm 0,03
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,36	\pm 0,36	0,64	\pm 0,03
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,08	\pm 0,01
<i>Eleocharis albibracteata</i>	85,49	\pm 47,06	73,88	\pm 52,55	20,74	\pm 3,85	12,05	\pm 0,94
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,05	\pm 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,36	\pm 0,03
<i>Juncus bufonius</i>	80,83	\pm 19,45	45,86	\pm 42,49	12,09	\pm 7,80	0,17	\pm 0,02
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	\pm 0,00	35,05	\pm 31,81	2,27	\pm 1,78	5,45	\pm 0,49
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,44	\pm 0,33	6,74	\pm 3,39	7,05	\pm 1,33	11,33	\pm 0,33
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	\pm 0,00	0,47	\pm 0,47	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Musgo</i>	12,50	\pm 11,18	2,65	\pm 2,65	48,45	\pm 17,34	0,00	\pm 0,00

Año	2002		2003			2004			2005			
<i>Oxychloe andina</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Patosia clandestina</i>	276,69	±	51,14	290,28	±	39,99	369,14	±	57,26	503,55	±	8,69
<i>Plantago barbata</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,65	±	0,58	0,00	±	0,00	0,03	±	0,03	0,00	±	0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	±	0,00	1,01	±	1,01	6,44	±	3,54	9,36	±	0,60
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,01	±	0,01	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	±	0,00	2,15	±	2,15	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	1,05	±	0,94	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00	0,00	±	0,00
Total	464,0	±	73,7	474,4	±	26,3	500,9	±	46,2	566,2	±	113,2

... Continuación Anexo 4.

Año	2006		2007		2008		2009	
Species \ n	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	± 0,00	0,03	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	1,86	± 0,17	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	3,30	± 0,20	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	3,30	± 0,20	0,00	± 0,00	61,33	± 1,47	4,57	± 0,33
<i>Carex gayana</i>	37,55	± 1,11	40,39	± 0,27	0,00	± 0,00	22,19	± 0,83
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	± 0,00	0,01	± 0,00	0,00	± 0,00	5,21	± 0,47
<i>Carex sp</i>	1,77	± 0,16	0,19	± 0,02	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	2,05	± 0,14	6,27	± 0,35	4,37	± 0,39	1,69	± 0,14
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,21	± 0,02	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	33,20	± 0,68	17,77	± 1,05	37,73	± 0,91	16,97	± 0,72
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,56	± 0,04	0,00	± 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	2,42	± 0,16	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	53,20	± 4,54
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	2,42	± 0,16	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,63	± 0,04
<i>Lobelia oligophylla</i>	13,47	± 0,28	4,10	± 0,21	12,25	± 0,41	8,18	± 0,30
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Musgo</i>	70,07	± 4,14	33,24	± 2,22	6,29	± 0,38	17,58	± 0,82
<i>Oxychloe andina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	381,65	± 8,01	365,13	± 8,68	1000,29	± 22,96	975,50	± 18,14

Año	2006		2007		2008		2009	
<i>Plantago barbata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,00	± 0,00	0,16	± 0,01	0,00	± 0,00	0,03	± 0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	25,43	± 1,35	22,06	± 1,16	69,64	± 3,12	36,77	± 3,00
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	± 0,00	12,66	± 0,60	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00	± 0,00	8,41	± 0,76	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
Total	571,1	± 66,1	510,4	± 12,7	1194,3	± 22,9	1142,5	± 19,5

... Continuación Anexo 4.

Año	2010		2011		2012		2013	
Especies \ n	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	2,13	± 0,95
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	16,24	± 16,24	0,41	± 0,18
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	± 0,00	45,42	± 3,22	51,14	± 37,94	0,00	± 0,00
<i>Carex gayana</i>	31,11	± 1,26	52,75	± 2,93	2,97	± 2,71	4,34	± 1,91
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	42,72	± 3,07	17,68	± 1,00	0,88	± 0,64	24,22	± 10,23
<i>Carex sp</i>	0,57	± 0,03	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	21,88	± 6,15
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,30	± 0,03	0,00	± 0,00	2,38	± 2,38	0,00	± 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,31	± 0,02	1,65	± 0,11	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	1,18	± 1,18	0,00	± 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	83,38	± 3,27	30,97	± 2,40	25,04	± 7,50	8,98	± 2,39
<i>Eleocharis pachycarpa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	4,69	± 2,10
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	14,00	± 13,10	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	8,36	± 0,47	0,00	± 0,00	1,17	± 1,17	0,00	± 0,00
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	14,69	± 0,90	0,00	± 0,00	10,87	± 5,09	0,69	± 0,23
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,16	± 0,01	0,78	± 0,07	10,97	± 4,91	10,11	± 3,04
<i>Lobelia oligophylla</i>	16,95	± 0,13	15,04	± 0,97	18,00	± 9,52	14,83	± 4,03
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Musgo</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00

Año	2010		2011		2012		2013	
<i>Oxychloe andina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	1757,00	± 49,22	2343,36	± 59,07	109,41	± 67,72	22,68	± 8,16
<i>Plantago barbata</i>	2,38	± 0,21	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,36	± 0,03	0,02	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	1,08	± 0,48
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	164,48	± 33,15
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00	± 0,00	76,43	± 5,11	201,45	± 201,45	0,00	± 0,00
<i>Schoenoplectus pungens</i>	42,13	± 3,53	0,00	± 0,00	168,05	± 69,75	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	26,30	± 26,30	0,00	± 0,00
Total	2000,4	± 47,9	2584,1	± 61,7	663,7	± 143,3	280,5	± 41,9

Anexo 5. Biomasa seca promedio anual (\pm 1 EE) por especie para la Vega La Vaca.

Año	2002		2003		2004		2005	
	5		5		6		5	
<i>Acaena magellanica</i>	23,78	\pm 6,13	144,74	\pm 75,10	147,22	\pm 47,59	38,17	\pm 2,05
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	\pm 0,00	21,58	\pm 21,58	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	4,05	\pm 0,36
<i>Carex gayana</i>	40,28	\pm 36,03	55,83	\pm 35,81	14,03	\pm 8,89	8,42	\pm 0,76
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Carex sp</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	96,72	\pm 75,94	2,58	\pm 0,23
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,00	\pm 0,00	4,78	\pm 4,78	0,00	\pm 0,00	0,06	\pm 0,00
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	34,26	\pm 30,65	25,69	\pm 25,69	0,00	\pm 0,00	5,19	\pm 0,47
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Hordeum santacruense</i>	1,24	\pm 1,11	1,55	\pm 1,55	51,88	\pm 46,93	24,58	\pm 2,00
<i>Jarava tortuosa</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	164,82	\pm 15,15	274,56	\pm 39,88	189,75	\pm 89,79	55,72	\pm 2,04
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	34,71	\pm 34,71	0,00	\pm 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	39,10	\pm 23,02	6,44	\pm 6,44	39,22	\pm 39,22	19,21	\pm 1,13
<i>Musgo</i>	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00	0,00	\pm 0,00

Año	2002	2003	2004	2005
<i>Oxychloe andina</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Plantago barbata</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Polypogon australis</i>	3,33 ± 2,98	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,00 ± 0,00	21,57 ± 21,57	21,60 ± 13,97	0,00 ± 0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	0,00 ± 0,00	13,11 ± 13,11	0,74 ± 0,74	5,88 ± 0,53
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00 ± 0,00	2,97 ± 2,97	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00
Total	306,8 ± 68,3	572,8 ± 55,1	595,9 ± 38,4	163,9 ± 33,0

... Continuación Anexo 5.

Año	2006		2007		2008		2009	
Species \ n	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	100,09	± 3,93	163,74	± 5,16	267,50	± 11,29	21,82	± 1,25
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	104,70	± 9,42	116,99	± 8,28
<i>Bromus catharticus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex gayana</i>	7,72	± 0,70	17,30	± 1,56	13,26	± 1,19	40,62	± 3,05
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	± 0,00	19,78	± 1,78	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,04	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	2,73	± 0,25	7,43	± 0,67	28,84	± 2,60	31,33	± 1,84
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Genitiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Genitianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	0,84	± 0,06	8,34	± 0,70	6,99	± 0,63	1,86	± 0,17
<i>Jarava tortuosa</i>	15,35	± 1,38	26,72	± 1,62	23,65	± 1,11	19,07	± 1,72
<i>Juncus arcticus</i>	229,41	± 3,83	135,82	± 5,31	352,65	± 11,75	186,57	± 4,29
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	15,35	± 1,38	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	0,08	± 0,01	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	40,57	± 1,86	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	6,20	± 0,56
<i>Musgo</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Oxychloe andina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Plantago barbata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00

Año	2006		2007		2008		2009	
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	5,35	± 0,48	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	9,56	± 0,86
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	4,45	± 0,40	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
Total	402,2	± 44,6	383,6	± 38,1	797,6	± 13,3	434,0	± 8,7

... Continuación Anexo 5.

Año	2010		2011		2012		2013	
Especies \ n	5		5		5		5	
<i>Acaena magellanica</i>	305,63	± 11,49	206,09	± 9,26	163,225	± 64,592	29,21	± 12,025
<i>Arenaria rivularis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Anagallis alternifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Azorella trifoliolata</i>	47,31	± 4,26	234,07	± 16,41	0,00	± 0,00	129	± 27,511
<i>Bromus catharticus</i>	1,99	± 0,18	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calandrinia compacta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Calamagrostis velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex atropicta</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	3,928	± 3,928	0,00	± 0,00
<i>Carex gayana</i>	1,39	± 0,12	0,00	± 0,00	6,468	± 6,468	0,00	± 0,00
<i>Carex vallis-pulchrae</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Carex sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	23,01	± 5,1995
<i>Colobanthus quitensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,00	± 0,00	11,57	± 1,04	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Deyeuxia velutina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Eleocharis albibracteata</i>	36,51	± 3,29	23,95	± 2,16	18,369	± 11,673	8,726	± 3,1947
<i>Erigeron leptopetalus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Festuca werdermannii</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentiana sedifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Gentianella coquimbensis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Hordeum patagonicum</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	1,441	± 1,441	0,00	± 0,00
<i>Hordeum santacrusense</i>	37,39	± 2,92	36,35	± 2,92	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Jarava tortuosa</i>	62,46	± 4,91	84,32	± 4,65	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus arcticus</i>	206,07	± 1,46	368,28	± 15,34	162,329	± 50,914	53,12	± 16,623
<i>Juncus bufonius</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Juncus stipulatus</i>	0,00	± 0,00	91,84	± 8,27	0,00	± 0,00	66,21	± 17,994
<i>Lilaeopsis macloviana</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	11,483	± 11,483	0,00	± 0,00
<i>Lobelia oligophylla</i>	18,38	± 1,65	0,00	± 0,00	1,913	± 1,913	4,669	± 1,3225
<i>Mimulus depressus</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Muhlenbergia asperifolia</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	29,190	± 28,521	23,04	± 10,305
<i>Musgo</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Oxychloe andina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Patosia clandestina</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00
<i>Plantago barbata</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00

Año	2010		2011		2012		2013	
<i>Polypogon australis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Puccinellia frigida</i>	0,00	± 0,00	2,72	± 0,24	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Ranunculus sp</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Phylloscirpus acaulis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,802	± 0,3136
<i>Phylloscirpus deserticola</i>	52,56	± 4,73	1,75	± 0,16	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Schoenoplectus pungens</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	17,549	± 0,00	17,549	0,00
<i>Stipa tortuosa</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Stellaria debilis</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Triglochin palustris</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	0,00
<i>Werneria pygmaea</i>	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	0,00	± 0,00	5,656	± 2,5293
Total	769,7	± 7,6	1060,9	± 21,5	418,9	± 47,7	343,47	± 16,62



COMPROBANTE DE REMISIÓN DE ANTECEDENTES RESPECTO DE LAS CONDICIONES, COMPROMISOS Y MEDIDAS ESTABLECIDAS EN LAS RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

La División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente informa a Ud. que se ha recibido mediante el Sistema de Seguimiento Ambiental la siguiente información:

Proyecto:	Modificaciones Proyecto Pascua Lama		
Titular:	COMPAÑIA MINERA NEVADA SPA		
Resolución Exenta N °:	24	Organismo:	Comisión Regional del Medio Ambiente
Año:	2006	Región:	
Considerando:	7.1.e)	Condiciones, compromisos o medidas de la RCA:	Considerando 3.4.2 Las medidas comprometidas sobre los humedales corresponde a: 1.- Construir respetando los humedales, minimizando su alteración. 2.- Monitoreo y protección efectiva del total de vegas andinas existentes en el área del proyecto, incluyendo las vegas de las cuencas de río Tres Quebradas y Potrerillos. 3.-Un área de protección ambiental en la cuenca del estero Barriales. 4.-Realizar estudios para la recuperación de la superficie de vegas o traslados de la superficie a afectar, dentro de los cuales se cuenta el proyecto denominado "Dinámica de corte y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua – Lama: Implicaciones para su manejo". Para

mayor detalle de la operatoria del Plan de Monitoreo de Humedales ver punto 7, letra e) de la presente RCA. 7.1.e) Monitoreo de Flora y Vegetación. Considerando 12: " Los informes y monitoreos del Plan de Seguimiento del proyecto deberán hacerse llegar con copia a esta Comisión y en medio magnético"

Nombre del informe:	Informe anual Vega, Flora y Vegetación
Los documentos recibidos:	- Informe Vegas Flora y Vegetacion Pascua-Lama 2013.pdf

Frecuencia	Anual
Componente Ambiental	- Flora y vegetación



Cod: 16559

Fecha: 03-02-2014



El presente certificado únicamente da cuenta de la recepción de la información reportada en el Sistema de Seguimiento Ambiental, cuya integridad y veracidad es de exclusiva responsabilidad del titular del proyecto.

Sistema de Seguimiento Ambiental RCA

iHola, barrick_727464!

[Inicio](#)[Menú](#)[Cerrar sesión](#)
[Inicio](#) » [Expediente](#) » [Informe](#)


Superintendencia
del Medio Ambiente
Gobierno de Chile

COMPROBANTE DE REMISIÓN DE ANTECEDENTES RESPECTO DE LAS CONDICIONES, COMPROMISOS Y MEDIDAS ESTABLECIDAS EN LAS RESOLUCIONES DE CALIFICACIÓN AMBIENTAL

La División de Fiscalización de la Superintendencia del Medio Ambiente informa a Ud. que se ha recibido mediante el Sistema de Seguimiento Ambiental la siguiente información:

Proyecto:	Modificaciones Proyecto Pascua Lama		
Titular:	COMPAÑIA MINERA NEVADA SPA		
Resolución Exenta N°:	24	Organismo:	Comisión Regional del Medio Ambiente
Año:	2006	Región:	
Considerando:	3.42 y Adenda 3 S9-15; 7.1 e)	Condiciones, compromisos o medidas de la RCA:	Considerando 3.42 Las medidas comprometidas sobre los humedales corresponde a: 1.-Construir respetando los humedales, minimizando su alteración. 2.-Monitoreo y protección efectiva del total de vegas andinas existentes en el área del proyecto, incluyendo vegas de las cuencas de río Tr Quebradas y Potrerillos. 3.-Una área de protección ambiental en la cuenca del estero Barrales. 4.-Realizar estudios para la recuperación de la superficie c vegas o traslados de la superficie a afectar, dentro de los cuales figura el proyecto denominado "Dinámica de corte y largo plazo de los bofedales del proyecto Pascua - Lama: Implicaciones para su manejo". Para mayor detalle de la operatoria del Plz Monitoreo de Humedales ver punto 7, letra e) de la presente RCA. 7.1.e) Monitoreo de Flora Vegetación. Considerando 12: Los informes y monitoreos del Plan de Seguimiento del proyecto deberán hacerse llegar con certificación magnética"

Tipo de informe:	Seguimiento Ambiental
Nombre del informe:	Informe de Monitoreo: Flora y Vegetación de Vegas
Los documentos recibidos:	- Informe vegas 2013-2014 Agosto.pdf

Frecuencia	Anual
Componente Ambiental	Flora y vegetación • Flora y vegetación terrestre



Cod: 25775

Fecha: 29-08-2014 12:38:04



El presente certificado únicamente da cuenta de la recepción de la información reportada en el Sistema de Seguimiento Ambiental, integridad y veracidad es de exclusiva responsabilidad del titular del proyecto.

[Imprimir](#)

Superintendencia del Medio Ambiente - Gobierno de Chile
Miraflores 178, piso 3 y 7 | Santiago | Chile
tel: 56 2 2617 1800



INFORME FINAL

**“MONITOREO HIDROBIOLOGICO DEL PROYECTO PASCUA-LAMA
DESARROLLO DE UN SISTEMA BASADO EN LOS
MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO COMPLEMENTO A LAS
MEDICIONES FÍSICA-QUÍMICAS”.**



Contrato NEVA-0606C

MARZO 2010

EQUIPO DE TRABAJO

Elaborado por

Ing. Agrónomo Evelyn Alvarez Olivares, Profesional área de hidrobiología CEAZA. mail de contacto: evelyn.alvarez@ceaza.cl.

Con la colaboración: Dra. Angéline Bertin, Investigadora Institucional de la ULS.

Técnicos

Barbará Duran Petit, Egresada de Ingeniería agronómica de la ULS.

Patricio García Guzmán, Biólogo

Supervisor del proyecto

Dr. Francisco Squeo Porcile, Profesor Titular de Biología en la ULS e Investigador del CEAZA.

Mg. Karine Orth, Investigador del área de hidrobiología CEAZA durante los años 2006-2008

INDICE

<i>INDICE</i>	2
<i>RESUMEN</i>	3
1. <i>INTRODUCCION</i>	4
2. <i>OBJETIVOS</i>	5
2.1 OBJETIVO GENERAL	5
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO	5
3. <i>METODOLOGIA</i>	6
3.1 AREA DE ESTUDIO	6
3.2 TRABAJO DE TERRENO	8
3.2.1 Caracterización de las estaciones de monitoreo	8
3.2.2 Parámetros físico-químicos	8
3.2.3 Colecta de los macroinvertebrados	9
3.3 TRABAJO DE LABORATORIO	10
3.3.1 Separación de los macroinvertebrados	10
3.3.2 Cuantificación e Identificación de los macroinvertebrados	11
3.4 ANALISIS ESTADISTICO	12
4. <i>RESULTADOS</i>	13
4.1 CARCATERIZACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO Y EVALUACION DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICO REGISTRADOS.	13
4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA EL AÑO 2009.	16
4.3 VARIABILIDAD DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS ENTRE LOS AÑOS DE MUESTREO.	19
4.2.1 Comparación de los parámetros de abundancia total, riqueza y diversidad (H') de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.	22
5. <i>CONCLUSIONES</i>	26
6. <i>ANEXOS</i>	28

RESUMEN

El siguiente informe presenta los resultados obtenidos en la tercera campaña de muestreo del proyecto “Monitoreo hidrobiológico del proyecto Pascua-Lama”, realizada en Abril del 2009. Cuyos resultados fueron comparados con las dos sesiones de muestreo anteriores (Marzo 2007 y 2008). El objetivo del proyecto fue estudiar las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, a lo largo de un gradiente altitudinal y describir los patrones de variación en la distribución espacial y temporal de la composición de estas comunidades.

La zona de estudio está ubicada en la parte alta de la cuenca del Huasco, Región de Atacama, en las subcuenca de los ríos del Carmen y Chollay. Se establecieron 13 estaciones de monitoreo entre los 1651 a 3831 m.s.n.m., en diferentes sectores de los ríos Estrecho, Chollay, Del Toro, El Toro, Tres Quebradas, Potrerillos y Del Carmen. La colecta de macroinvertebrados se realizó con una red tipo surber de malla de apertura de 500 µm, se tomaron 10 muestras por estación en distintas clases de hábitats (diferentes sustratos y rangos de velocidades de corriente). Conjuntamente se registraron algunos parámetros físico-químicos como: pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez.

Los parámetros comunitarios analizados presentaron variaciones entre las dos subcuenca y entre los años de muestreo. Las estaciones de la subcuenca del Chollay mostraron una menor abundancia y riqueza taxonómica que las estaciones de la subcuenca Del Carmen, a excepción de Detor donde los valores son bastante más altos respecto al resto de las estaciones. Durante el año 2008 se observó una baja considerable en la abundancia y riqueza taxonómica de la mayoría de las estaciones, ocurriendo con mayor intensidad en la subcuenca del Chollay. Situación que fue revertida en la última sesión de muestreo (Abril 2009) donde se presentó una tendencia al aumento de los parámetros analizados, exceptuando en las estaciones ubicadas sobre los 3000 m.s.n.m. En la subcuenca Del Carmen este aumento significó una recuperación total de las comunidades iniciales (año 2007), no así en la subcuenca del Chollay donde los incrementos experimentados no resultaron suficientes para recuperar los niveles iniciales. Los resultados sugieren que la subcuenca del Chollay se encuentra naturalmente en peor condiciones que la del Carmen y eso la hace más sensible a cualquier estrés medioambiental.

1. INTRODUCCION

Los ecosistemas acuáticos son generalmente vulnerados por acciones antropogénicas (Domínguez & Fernández, 2009). Las actividades mineras, numerosas en el norte de Chile son conocidas como fuente de contaminación potencial del agua, así como también lo es la agricultura y los desechos orgánicos de centros poblados (Sánchez & Henríquez, 1996; Roldan, 2003). Estas acciones alteran la ecología y el normal funcionamiento de los ríos (Domínguez & Fernández, 2009). Es por ello la importancia de establecer un sistema de monitoreo eficiente que permita el desarrollo sustentable de las actividades económicas.

La estructura y función de las comunidades ecológicas, específicamente de los macroinvertebrados bentónicos, resultan de gran importancia para evaluar la ecología y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales, debido a que estos organismos además de formar parte de la biodiversidad, tienen un rol importante como bioindicadores de calidad de agua (Roldan, 2003). Los macroinvertebrados bentónicos permiten evidenciar sucesos de contaminación en el tiempo por su gran diversidad, reducida movilidad, ciclos de vida largo y a las exigencias ecológicas y sensibilidades distintas según las especies. Estos patrones se pueden caracterizar observando las variaciones que ocurren en la abundancia, riqueza y diversidad taxonómica en comparación a una situación de referencia.

El proyecto “Monitoreo hidrobiológico del proyecto Pascua–Lama”, con una duración de tres años abarcando los períodos del 2007-2009, contempla el estudio de las principales características taxonómicas y ecológicas de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ríos cordilleranos de la cuenca del Huasco. La zona de estudio abarca los ríos de las subcuencas del río Chollay y del río Del Carmen, con estaciones ubicadas aguas abajo del área de influencia de las futuras faenas productivas de la minera de Pascua-Lama y antes de la zona de desarrollo mayor de la agricultura, lo que nos permitió obtener muestras referenciales. El siguiente informe detalla los resultados obtenidos en la tercera campaña de monitoreo realizada en Abril del 2009, y la comparación con los resultados de las dos sesiones de muestreo anteriores (Marzo 2007 y Marzo 2008). Se describen los patrones de variación en la distribución espacial y temporal en la composición de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, resultados que permitirán realizar una gestión ambiental responsable y de manera sustentable.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estudiar las comunidades de macroinvertebrados de ríos cordilleranos de las subcuencas del río del Carmen y Chollay, a lo largo de un gradiente altitudinal, y determinar sus principales características taxonómicas y ecológicas, con el fin de establecer una línea base para estudios posteriores de biomonitoreos de ríos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICO

- Describir las características generales de los sitios de estudios.
- Identificar y determinar los macroinvertebrados a nivel de orden y familia
- Evaluar el patrón de distribución de macroinvertebrados a lo largo de los ríos, y determinar si existen diferencias taxonómicas, de abundancia y de diversidad entre las estaciones según su distribución espacial y temporal.

3. METODOLOGIA

3.1 AREA DE ESTUDIO

La zona de estudio se sitúa en la parte alta de la cuenca del Huasco, en la Región de Atacama, abarcando las subcuenca del río Del Carmen y del río Chollay. Se establecieron 13 estaciones de monitoreo (Tabla 3.1) ubicadas entre los 1651 a 3831 m.s.n.m. en diferentes sectores de los ríos Estrecho, Chollay, Del Toro, El Toro, Tres Quebradas, Potrerillos y Del Carmen (Figura 3.1). La estación Est1 fue desplazada en la campaña 2008, debido a dificultades en el acceso, registrándose con el código Est1₀₈, siendo retomada nuevamente en el monitoreo de Abril del 2009. La totalidad de las estaciones se encuentran alejadas de la zona de desarrollo mayor de la agricultura, permitiendo así obtener muestras de referencias. Solamente la estación Car2 está ubicada debajo del estero de la plata cerca de donde se desarrollan actividades agrícolas y de pajonales.

Tabla 3.1 Código y ubicación de las 13 estaciones de muestreo, sistemas de coordenada UTM.

Subcuenca	Código del sitio de muestreo	Curso de agua	Lat. S	Long. O	Altitud (msnm)
Subcuenca del río Chollay	Est1	Río del Estrecho	396792	6760053	3831
	Est1 ₀₈	Río del Estrecho	397860	6758917	3944
	Est2	Río del Estrecho	389850	6768347	2994
	Est3	Río del Estrecho	388435	6775558	2450
	Cho1	Río Chollay	391001	6780515	2055
	Cho2	Río Chollay	388458	6787453	1651
	DeTor	Río del Toro	387651	6772502	2686
Subcuenca del río Del Carmen	Tor1	Río El Toro	393211	6754584	3795
	Que1	Río Tres quebradas	389899	6752587	3442
	Que2	Río Tres quebradas	382362	6744962	2657
	Pot1	Río Potrerillos	382596	6744428	2677
	Pot2	Río Potrerillos	372519	6753113	2308
	Car1	Río Del Carmen	367857	6766058	2041
	Car2	Río Del Carmen	365711	6776117	1767

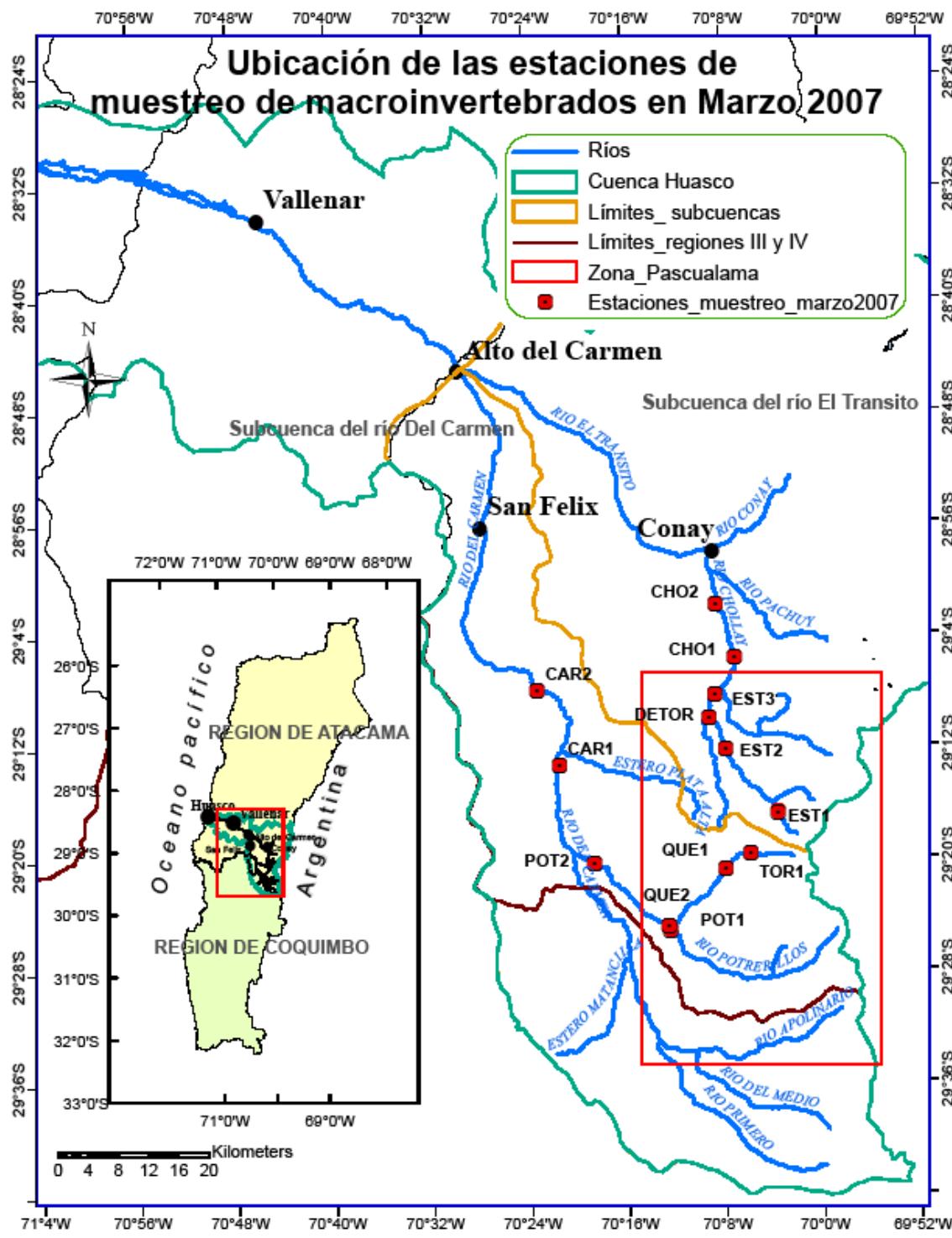


Figura 3.1 Ubicación espacial (UTM) de las 13 estaciones de monitoreo del proyecto.

3.2 TRABAJO DE TERRENO

Para cada sesión de muestreo el procedimiento es el mismo con el fin de obtener mediciones reproducibles y de calidad. El trabajo de muestreo se divide en dos fases: la caracterización general de las estaciones y la colecta de los macroinvertebrados bentónicos.

3.2.1 Caracterización de las estaciones de monitoreo

Cada estación es descrita brevemente al momento del muestreo, con el fin de obtener algunas características generales que pueden ayudar en la interpretación de los resultados. Para cada estación, durante las 3 campañas de muestreo, se describieron algunas características relevantes como: actividades del entorno (ej. Pastoreo, agricultura), características generales del curso de agua (datos estimados como: ancho promedio, velocidad general y tipo de sustratos presentes) y descripción de la ribera (estructura natural o artificial y tipo de vegetación). Además se registraron las coordenadas geográficas (Tabla 3.1) con un GPS Garmin 60, en el sistema geodésico WGS84, estas coordenadas fueron transformadas en UTM PSAD56 con el software Mapsource.

3.2.2 Parámetros físico-químicos

Para tener referencia de la calidad del agua al momento del muestreo, se tomaron mediciones básicas de parámetros físicos-químicos como: pH, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y turbidez. Durante la primera sesión de muestreo las mediciones se registraron con un medidor portátil marca HORIBA, perteneciente a la oficina de medioambiente de la CMN. En los monitoreos posteriores se utilizó un medidor portátil de marca OAKLON para registrar parámetros como temperatura, pH, conductividad y turbidez; y un oxigenómetro de marca YSY para medir oxígeno disuelto. Estas mediciones, aunque si bien resultan puntuales, permiten tener un punto más de comparación entre las estaciones.

3.2.3 Colecta de los macroinvertebrados

Las campañas de muestreo se realizaron durante la época de verano en Marzo del 2007, Marzo del 2008 y Abril del 2009. Durante estos meses la mayor parte de las larvas se encuentran en estado de madurez, facilitando así su identificación, además de que existen mejores condiciones de establecimiento del bentos, evitando ser arrastrado o lavado por las fuertes corrientes como sucede durante la época de lluvias donde ocurre una dilución de la fauna por el aumento del tamaño del cauce.

Para la colecta de los Macroinvertebrados bentónicos se utilizó una red tipo surber de 500 µm de apertura de malla, con un cuadrante metálico de 729 cm² de área de colecta. El método consistió en introducir la red en el fondo del río en sentido contrario de la corriente y limpiar en el caso de las piedras o remover al interior de la malla el sustrato. En cada estación se tomaron 10 muestras dentro de los diferentes sustratos representativos de cada estación. Para la toma de las muestras se siguió un mismo protocolo, basado en el protocolo de IBGN (Afnor, 1992) con ciertas adaptaciones como el número de muestras y las clases de sustratos. Este protocolo considera la diversidad de hábitats para la obtención de muestras representativas de la estación. Se considera como hábitat, la presencia de diferentes sustratos (vegetación acuática, piedras, gravas, arena, ramillas) en distintas clases de velocidades superficial de corriente. La velocidad de la corriente sólo fue estimada, ya que lo importante era considerar rangos de velocidades de corrientes (lenta, media y rápida.) que pudieran influenciar en la abundancia y composición de los individuos encontrados.

En cada clase de sustrato presente, se procedió a muestrea en el rango de velocidad de corriente donde el sustrato se encontraba en mayor abundancia. Una vez prospectados la totalidad de los sustratos, se vuelve a muestrear los sustratos más representativos pero en otros rangos de velocidad hasta completar el total de 10 muestras por estación. Dentro de las 10 muestras tomadas por cada estación, a lo menos 3 de ellas correspondieron a piedras, por ser el sustrato más abundante en el total de las estaciones.

Una vez recolectadas las muestras se guardaron en frascos plásticos de 700cc debidamente rotulados (código de la estación, fecha de muestreo, velocidad estimada y tipo de sustrato) y se conservaron en formalina al 4%. Posteriormente estas muestras fueron llevadas al laboratorio de hidrobiología del CEAZA, donde se realizó la separación, cuantificación e identificación de los macroinvertebrados colectados (procedimiento que se describe a continuación).



Figura 3.3. Metodología utilizada en el muestreo de macroinvertebrados. a) Toma de la muestra, b) Muestreador (Red Surber).

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

El procesamiento de las muestras corresponde a un trabajo bastante largo y minucioso que se divide en dos actividades: la separación de los macroinvertebrados del sustrato y posteriormente su cuantificación e identificación taxonómica.

3.3.1 Separación de los macroinvertebrados

Consiste en separar a simple vista, los macroinvertebrados del sustrato en el cual fueron colectados. Para ello, en primer lugar, se lava la muestra dentro de un tamiz de espesor de malla de 250 µm, hasta eliminar el exceso de formalina y de sedimentos finos que perturben la visualización. Luego la parte tamizada es recuperada en una bandeja de color blanco, para facilitar la búsqueda, y se procede a separa uno a uno, todos los individuos encontrados.

3.3.2 Cuantificación e Identificación de los macroinvertebrados

La identificación de las taxa se realizó para la mayoría de los grupos taxonómicos hasta el nivel de familia, a excepción de la clase oligochaeta y el phillum nematoda, donde no fue posible profundizar más allá. Para ello se utilizaron las claves taxonómicas generales de Henri Tachet (2003), Fernández y Domínguez (2001), además de un gran número de claves específicas para cada grupo taxonómico, así como también la experiencia de la experta en macroinvertebrados bentónicos Karine Orth.

Posteriormente se contabilizaron los individuos presentes en cada muestra y por cada grupo taxonómico determinado. Tanto para la contabilización como la identificación se empleó un microscopio estereoscópico trilocular Carl Zeiss modelo 2000C. Finalmente todos los individuos fueron guardados en frascos debidamente rotulados con alcohol a 70% para su conservación, constituyendo así una colección de referencia.



Figura 3.4. Metodología utilizada en la separación e identificación de macroinvertebrados. a) Separación de los macroinvertebrados del sustrato, b) Agrupación de los individuos separados, c) Identificación de los macroinvertebrados, d) Colección de los grupos taxonómicos colectados.

3.4 ANALISIS ESTADISTICO

Los parámetros evaluados fueron abundancia total (N° total de individuos), riqueza taxonómica (N° de taxa) y la diversidad específica. Esta última se calculó a partir del índice de Shannon-Wiener, que varía de 0 a ln del número de taxa colectadas, valor determinado por el número de taxa presentes en cada estación.

$$H' = - \sum (p_i * \ln p_i), \text{ donde:}$$

- ln: logaritmo neperiano
- $p_i = n_i / N$, donde n_i es el número de individuos por taxa y N es el número total de individuos.

En un primer lugar los parámetros abundancia, riqueza y diversidad (H') se analizaron sólo para el último año de muestreo (Abril 2009), ya que para los años 2007 y 2008 estos parámetros fueron descritos en los informes precedentes. Se compararon estadística ambas subcuenca mediante la prueba no paramétrica de rangos de Mann-Whitney. También se analizó la distribución de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos entre ambas subcuenca mediante el test del chi-cuadrado. Ambas evaluaciones se realizaron con el software R 2.10.1.

Posteriormente se evaluaron las variaciones en la distribución espacial y temporal de abundancia, Riqueza y Diversidad (H') de las comunidades de macroinvertebrados utilizando modelos de efectos mixtos incluyendo año, subcuenca y la interacción entre las dos variables como los efectos principales. Las estaciones se incluyeron como efecto aleatorio. La significancia de los efectos fijos se evaluó a través de la prueba de razón de verosimilitud ($LR = \text{likelihood ratio}$) (Edwards, 1992), mediciones realizadas con el software R 2.10.1. Del mismo modo se analizaron los parámetros físico-químicos. Además se analizaron las relación entre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de las trece estaciones, las cuales fueron comparadas a partir de los datos de abundancia total (N° de individuos por taxa colectada). Estos datos fueron en primer lugar transformados logarítmicamente [$\log_{10}(x+1)$] para compensar el efecto de las taxa dominantes y raras. La matriz transformada fue sometida a un análisis de clasificación UPGMA, usando el índice de disimilitud de Bray-Curtis como medida de distancia (Field et al., 1982) análisis realizado con el software Statistica 7.0.

4. RESULTADOS

4.1 CARACTERIZACION DE LAS ESTACIONES DE MONITOREO Y EVALUACION DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICO REGISTRADOS.

Durante las tres sesiones de muestreo no se observaron variaciones en las características generales de los cursos de aguas, ni tampoco intervenciones o cambios en la estructura de ninguna de las estaciones. La Tabla 4.1, muestra que los tramos de los sitios de muestreo en general son angostos entre 2 y 4m, sobresaliendo con una mayor anchura los tramos de las estaciones Car1 con 8m y DeTor con 6m.

Tabla 4.1 Características generales de los cursos de agua de las 13 estaciones de monitoreo (información estimada). Rango de velocidad ($v=cm/s$): ML=muy lento ($5>v$); L=lento ($5>v>25$); M=medio ($25>v>75$); R=rápido ($75>v>150$); MR=muy rápido ($v>150$). Proporción de los sustratos: +=escasa; ++=baja; +++=abundante; ++++=muy abundante.

	Est1	Est2	Est3	Cho1	Cho2	DeTor	Tor1	Que1	Que2	Pot1	Pot2	Car1	Car2
Ancho promedio (m)	2	4,5	4	4	5	6	1	2	2	4	2	8	4
Rango de velocidad general (cm/s)	R	R	MR	R	R	M	M	R	R	R	R	R	M
Vegetación acuática	+	+	+	+	+	+	+	+	+	++	++	++	++
Elemento orgánico	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sustrato	Piedra	++++	+++	+++	+++	+++	++++	+++	+++	++	++	++	++
	Grava	+	++	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	Arena	+	+	+	+	+		+	+	++	+	+	+

La composición de hábitat resultó similar en las 13 estaciones de muestreo (Tabla 4.1), siendo la piedra el sustrato con mayor abundancia en la totalidad de los sitios. Se destacan las estaciones de los ríos Potrerillos y Del Carmen por presentar en iguales proporciones los sustratos vegetación acuática y piedra. El resto de los sustratos como: elemento orgánico (conformado por ramillas y raíces de la vegetación de la ribera), arena y grava estuvieron presentes de manera escasa en todas las estaciones. El rango de velocidad general para la mayoría de las estaciones fue de $75>v>150$ cm/s correspondiente a velocidad rápida, a excepción de las estaciones DeTor, Tor1 y Car2 donde se observó una velocidad moderada ($25>v>75$ cm/s) y en Et3 una velocidad muy rápida ($v>150$ cm/s).

Los parámetros físico-químicos registrados en los cursos de agua de cada una de las estaciones de muestreo, fueron analizados mediante modelos mixtos (Tabla 4.2). Tanto los valores de temperatura, turbidez y oxígeno disuelto, presentaron diferencias significativas ($P<0,05$ para temperatura y $P<0,001$ para turbidez y Oxígeno disuelto) entre los años de muestreo. En todos los parámetros señalados estos valores resultaron homogéneos para ambas subcuenca. Por el contrario los valores de pH, si bien no muestran diferencias entre los años, existen diferencias significativas entre ambas subcuenca ($P<0,05$), registrándose en la subcuenca del río Chollay valores promedio de pH entre 6 y 7 (Figura 4.1c) lo que indica aguas ligeramente acidas a neutras. Por el contrario en la subcuenca del río Del Carmen se presentó aguas de tipo básicas de pH 8 (Figura 4.1c). Para la conductividad no se presentaron ningún tipo de variaciones tanto entre años como entre subcuenca.

Tabla 4.2 Resultados de los modelos mixtos, evaluando el impacto de los años, las subcuenca e interacción entre ambos, sobre los parámetros físico-químicos registrados en los cursos de aguas de los sitios de muestreo. Las estaciones se incluyeron como factor aleatorio, se evaluó la significancia de los efectos fijos mediante la prueba de razón de verosimilitud (LR = likelihood ratio).

	Temperatura	Turbidez	pH	Conductividad	Oxígeno disuelto
Interacción años x subcuenca					
LR	1,557	0,517	0,242	0,041	0,003
P	0,212	0,472	0,623	0,839	0,954
Subcuenca					
LR	0,136	0,626	5,933	0,668	0,218
P	0,712	0,429	0,015	0,414	0,641
Años					
LR	4,748	25,097	0,0002	0,099	27,334
P	0,029	5,453e ⁻⁷	0,988	0,753	1,711e ⁻⁷

Con respecto a las variaciones en la temperatura promedio (Figura 4.1b), esta pueden atribuirse a la toma de las mediciones en diferentes horas del día durante los tres años, además este valor varía con respecto al día. En el caso de la turbidez (Figura 4.1a) las diferencias de los valores promedio presentadas entre el primer año de muestreo y los dos posteriores, se deben a la utilización de diferentes instrumentos de medición, lo que provocó la obteniéndose de valores con unidades de medición distintas (NTU para el año 2007 y ppm para los años posteriores) (Anexo 6.2), alterando de esta manera los análisis estadísticos.

Para el oxígeno disuelto, las mediciones del año 2007 indican para todas las estaciones valores de saturación, situación que se debe a las altas corrientes que presentan los cursos de agua.

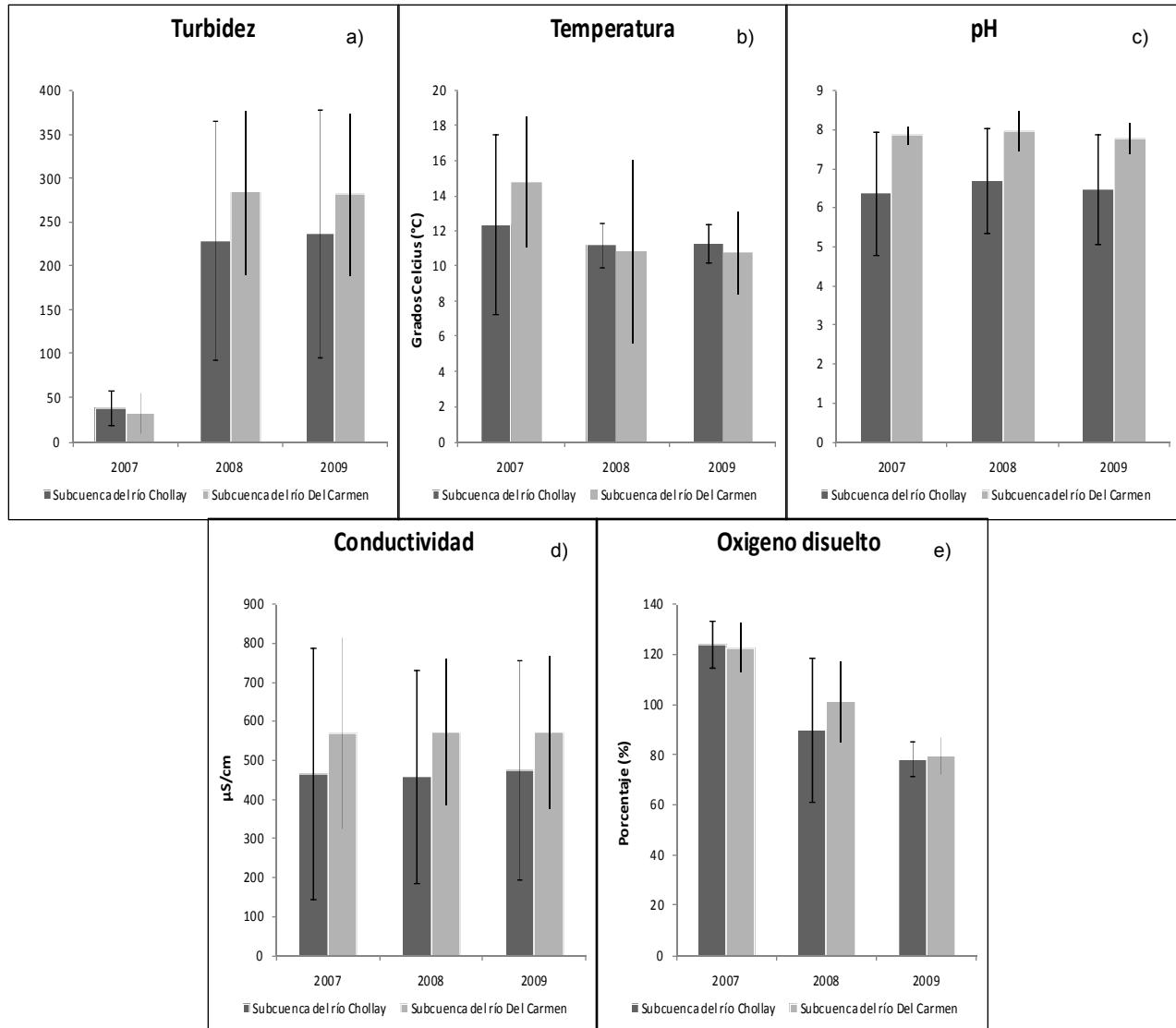


Figura 4.1 Parámetros físico-químicos promedio de los cursos de agua registrados durante las tres sesiones de colecta: a) Turbidez (NTU para el 2007 y ppm para el 2008 y 2009), b) Temperatura (°C), c) pH, d) Conductividad ($\mu\text{s}/\text{cm}$) y e) Oxígeno disuelto (%). promedio del agua en cada una de las estaciones de muestreo, durante las tres sesiones de colecta.

4.2 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA EL AÑO 2009.

En la sesión de muestreo de Abril del 2009, se identificaron un total de 33 taxa en las 13 estaciones de monitoreo, de las cuales 23 estaban presentes en las subcuenca del río Chollay y 32 en las subcuenca del río Del Carmen (Anexo 6.1). La mayor parte de las taxa correspondieron a estados inmaduros de insectos representados con una abundancia relativa de 62,40% (Figura 4.2). Dentro de los cuales los principales órdenes registrados fueron Ephemeroptera (27,41%), Díptera (13,88%) y Coleóptera (12,10%), contribuyendo en un 53,39% al total de macroinvertebrados bentónicos capturados (Figura 4.2). La clase Oligochaeta también registró una alta representatividad con una abundancia relativa de 28,24% (Figura 4.2).

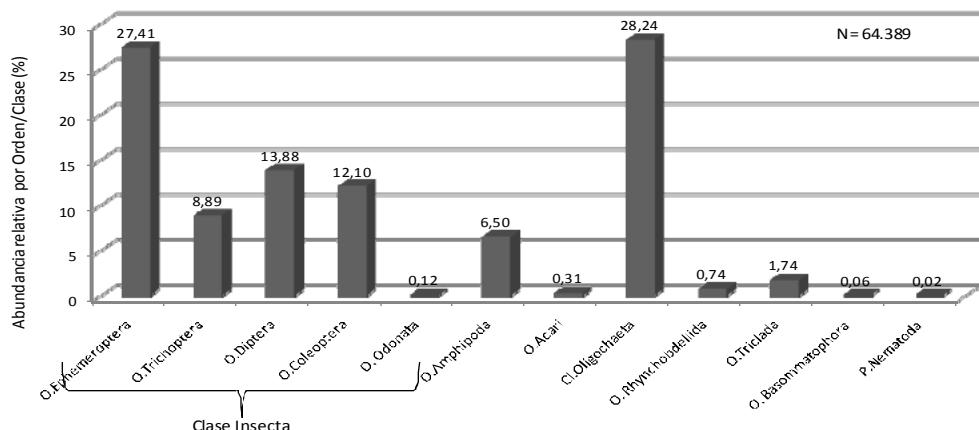


Figura 4.2 Abundancia relativa total (%) de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos, colectados durante la tercera sesión de monitoreo de Abril del 2009 (N= número total de individuos capturados).

Con respecto a la frecuencia de aparición de las taxa, la familia Chironomidae (O.Díptera) estuvo presente en la totalidad de las estaciones (Anexo 6.1); y las familias Empididae y simuliidae del orden Díptera, Baetidae y Leptophlebiidae del orden Ephemeroptera, Hydrobiosidae (O. Trichoptera), y la clase Oligochaeta, todas ellas se encontraron en el 85% de las estaciones (Anexo 6.1).

La Figura 4.3 muestra la distribución general de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos para ambas subcuenca, la mayoría está representado a nivel de orden a excepción de la clase Oligochaeta y el phylum Nematoda, la agrupación denominada “otros” alberga a todos los grupos presente con una abundancia menor al 1%. Al comparar la distribución de los órdenes y clases entre ambas subcuenca se observaron diferencias significativas (Test de Chi-cuadrado, χ^2 : 9345,06; gl:11, $P<0,001$). Predominando en la subcuenca del río Chollay el orden Trichoptera, seguido por los órdenes Ephemeroptera y Diptera; mientras que en la subcuenca del río Del Carmen dominaron la clase Oligochaeta y el orden Ephemeroptera.

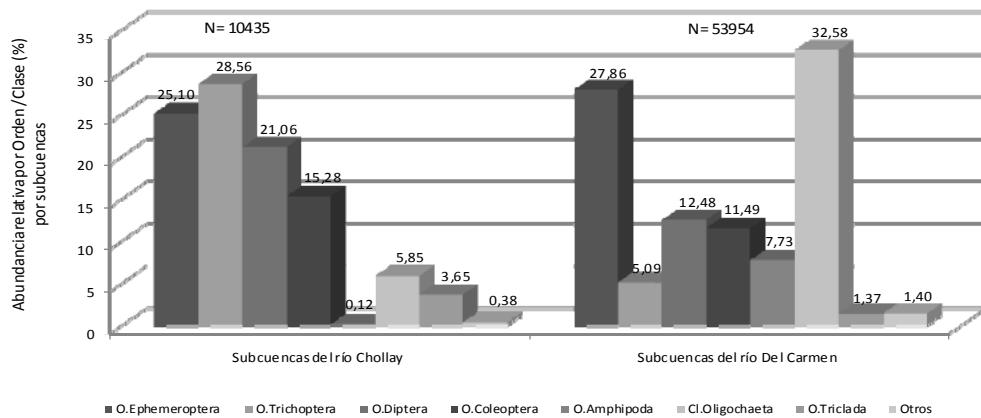


Figura 4.3 Distribución de los grupos taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos para cada subcuenca (porcentaje de orden o clase), colectados durante la tercera sesión de monitoreo de Abril del 2009 (N= número total de individuos capturados).

Las estaciones de mayor altura geográfica de la subcuenca del río Del Carmen Que1 y Tor1 presentaron los valores más altos de abundancia total con 14956 y 11495 individuos (Tabla 4.4), y las que mostraron valores más bajos fueron las estaciones Est1 y Est2 con 22 y 27 individuos, ambas pertenecientes a la subcuenca del río Chollay y ubicadas a mayor altura geográfica. En términos de riqueza taxonómica, las estaciones Que2 y Pot2 resultaron las más diversificadas con 25 y 21 taxa (Tabla 4.4), y por el contrario las estaciones menos diversificadas fueron Est1, Est2 y Cho1, con 5, 7 y 7 taxa respectivamente.

Los resultados señalados en la Figura 4.4, indican en rangos generales que la subcuenca del río Del Carmen presentan valores medios de abundancia y de riqueza taxonómica mucho mayor que la subcuenca del río Chollay, dentro de esta última la estación Detor sería la excepción, ya que alberga una abundancia de individuos y una diversidad de grupos taxonómicos bastante altos en comparación al resto de las estaciones (Tabla 4.4). Para la diversidad (H'), no se observan grandes diferencias en los valores medios entre ambas subcuenca (Figura 4.4). En la Tabla 4.4 se puede ver que el valor máximo de diversidad (H') se presentó en la estación Que2 de la subcuenca del río Del Carmen, y el valor mínimo en la estación Est1 de la subcuenca del río Chollay, esta última coincide con el menor número de abundancia y de riqueza taxonómica encontrada.

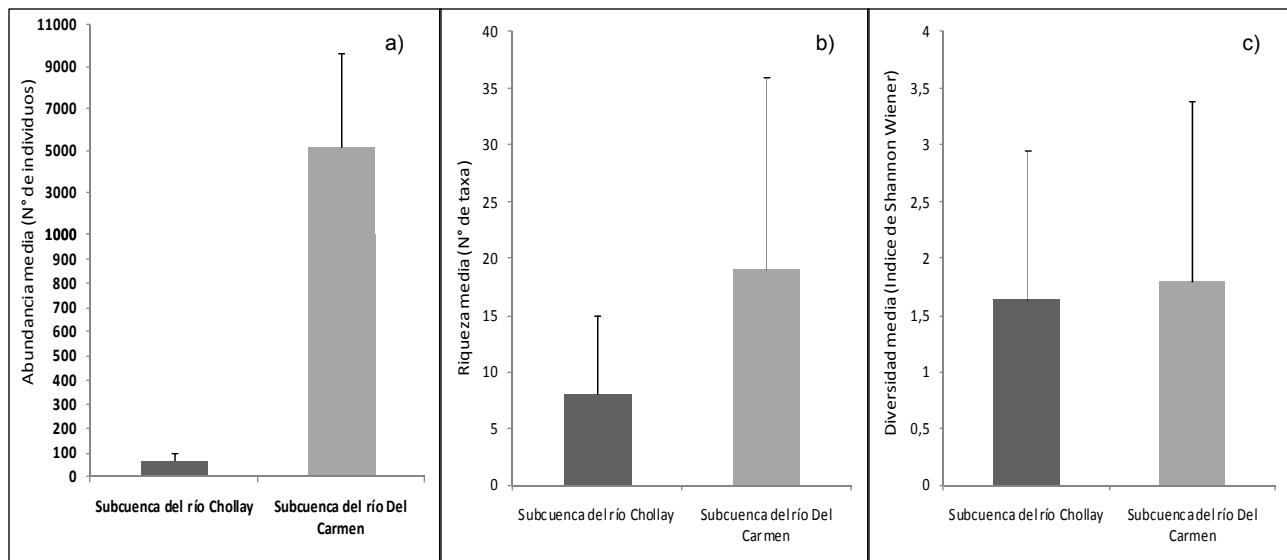


Figura 4.4 Distribución de los valores medios de: a) Abundancia, b) Riqueza y c) diversidad (H'), para ambas subcuenca, durante la sesión de colecta de Abril del 2009.

Los cambios en la estructura numérica de las comunidades de macroinvertebrados resultaron evidentes, tanto para los valores del parámetro abundancia como de riqueza taxonómica (Anexo 6.3) resultando significativamente más altos en la subcuenca del río Del Carmen que en la subcuenca del río Chollay (Mann-Whitney: $U_{obs}=4$, $P<0,05$). Para el parámetro diversidad, calculado a partir del índice de Shannon-Wiener (Anexo 6.3), que a pesar de observarse la misma tendencia que en los 2 parámetros anteriores, estas diferencias no resultaron significativas (Mann-Whitney: $U_{obs}= 16$, $P>0,05$).

4.3 VARIABILIDAD DE LAS COMUNIDADES DE MACROINVERTEBRADOS BENTONICOS ENTRE LOS AÑOS DE MUESTREO.

En los tres años de estudio se identificaron un total de 42 familias o taxa de rango superior de macroinvertebrados bentónicos, de las cuales 29 estuvieron presentes en las tres colectas, aunque con valores de abundancia muy diferentes (Tabla 4.3). Las taxa dominantes de macroinvertebrados, que presentaron los mayores valores de abundancia (Tabla 4.3), coinciden para los tres años de muestreo, siendo estas las familias Baetidae y Leptophlebidae del orden Ephemeroptera, Chironomidae (O. Diptera), Elmidae (O. Coleoptera) y la Clase Oligochaeta, esta última presentó los mayores números de individuos durante los años 2007 y 2008.

En la primera y última campaña de muestreo, la abundancia total de individuos fue bastante alta (Tabla 4.3) en comparación a la sesión de muestreo del año 2008. Esto indicaría que durante la colecta del 2008 ocurrió una fuerte baja en la abundancia de las comunidades de macroinvertebrados, la cual fue recuperada posteriormente en la sesión de muestreo del 2009, variación que es evaluada estadísticamente más adelante. La riqueza, evaluada como el número de taxa por año, oscila entre 40 y 36, observándose un patrón de variación similar al de la abundancia, parámetro que también se analiza más adelante.

Con respecto a la distribución de las comunidades de macroinvertebrados en los sitios de muestreo, se puede ver (Tabla 4.4) que es altamente variable. Generalmente durante las tres colectas, las estaciones de la subcuenca del río Chollay presentaron una abundancia y riqueza taxonómica bastante baja en comparación a las estaciones de la subcuenca del río Del Carmen (Tabla 4.4), a excepción de Detor que muestra una abundancia y riqueza bastante alta sobre todo durante el año 2007 donde sobre pasa en gran medida al resto de las estaciones. Las estaciones de la subcuenca del río Del Carmen y la estación Detor, además de ser las que presentan mayor abundancia de individuos, también son las más diversificadas en cuanto al número de taxa (Tabla 4.4).

Tabla 4.3 Abundancia total (Nº de individuos) de las taxa de Macroinvertebrados bentónicos colectadas en cada año de muestreo.

Taxa recolectadas	Abundancia (Nº de individuos)		
	2007	2008	2009
Baetidae	5012	5835	7249
Leptophlebiidae	5186	3523	10402
Hidroptilidae	252	115	83
Hydrobiosidae	265	148	352
Hydropsychidae	1491	2901	2529
Leptoceridae	148	22	8
Limnephilidae	2	3	19
Sericostomatidae	1778	931	2733
Athericidae	28	13	15
Blephariceridae	4	9	18
Ceratopogonidae	696	19	231
Chironomidae	13400	3357	7213
Dolichopodidae	7	8	2
Empididae	183	145	118
Ephydriidae	9	97	163
Limoniidae	210	12	39
Muscidae	124	---	---
Pelecorhynchidae	4	---	---
Psychodidae	4	---	---
Simuliidae	517	346	1066
Tabanidae	88	26	63
Tipulidae	1	---	5
Dixidae	---	---	1
Elmidae	7876	4336	7762
Dystisidae	8	46	6
Gyrinidae	5	1	1
Helodidae	1	---	24
Hydrophilidae	---	---	1
Belostomatidae	1	---	---
Pyralidae	2	---	---
Aeshnidae	35	10	76
Coenagrionidae	2	2	---
Libellulidae	1	---	---
Hyalellidae	2068	2415	4183
Ostracodos	1	---	---
Acari	270	216	199
Oligochaeta	16922	3484	18186
Glosiphoniidae	158	216	477
Dugesidae	884	242	1119
Physidae	300	95	36
Sphaeridae	3	---	---
Nematoda	7	1	10
Abundancia	57953	28574	64389
Nº de taxa	40	34	36

Tabla 4.4 Abundancia total y riqueza taxonómica de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos para las 13 estaciones de monitoreo, durante los tres años de muestreo.

Estaciones	Abundancia total (N° de individuos)										Subcuenca del río Del Carmen		
	Subcuenca del río Chollay					Subcuenca del río Del Carmen							
	Detor	Est1	Est2	Est3	Cho1	Cho2	Tor1	Que1	Que2	Pot1	Pot2	Car1	Car2
Abundancia 2007	19612	17	61	103	227	620	4545	4002	8600	2981	3025	4545	9615
Abundancia 2008	4999	32	26	73	7	58	4077	4791	2371	186	2088	4584	5282
Abundancia 2009	10066	22	27	188	49	83	11495	14956	10272	3048	5130	5057	3997

Estaciones	Riqueza taxonómica (N° taxa)										Subcuenca del río Del Carmen		
	Subcuenca del río Chollay					Subcuenca del río Del Carmen							
	Detor	Est1	Est2	Est3	Cho1	Cho2	Tor1	Que1	Que2	Pot1	Pot2	Car1	Car2
Riqueza 2007	25	6	15	10	10	13	17	19	23	17	17	15	23
Riqueza 2008	16	3	4	8	4	7	15	16	17	11	15	15	17
Riqueza 2009	19	5	7	9	7	11	19	19	25	16	21	18	16

El nivel de relación entre las estaciones se evaluó mediante la abundancia de cada una de las taxa colectadas en las 13 estaciones de muestreo, para los tres años de estudio. Esta información fue generada mediante índices de disimilitud de Bray-Curtis y representada en dendrogramas para cada año de colecta (Figura 4.5). El análisis de disimilitud de las comunidades de macroinvertebrados muestra la misma tendencia para los tres años de colecta. En la Figura 4.5 se puede ver claramente la formación de dos grupos totalmente diferentes entre sí, uno de ellos agrupa las estaciones de la subcuenca del río Chollay contemplando aquellas que presentan una abundancia total menor a los 700 individuos (Tabla 4.4), y el otro grupo abarca las estaciones de la subcuenca del río Del Carmen, las cuales presentan una abundancia mayor a los 2000 individuos (Tabla 4.4). Caracterizándose la estación Detor por presentar una gran abundancia de individuos sobre pasando en gran medida (año 2007) al resto de las estaciones, la cual resultó tener mayor similitud con las estaciones de la subcuenca del río Del Carmen. Por otra parte Pot1 que es la estación que presentó los menores valores de abundancia de la subcuenca del río Del Carmen, sobre todo en la campaña del 2008, con llevando durante los dos primeros años a agruparse con las estaciones de la subcuenca del río Chollay.

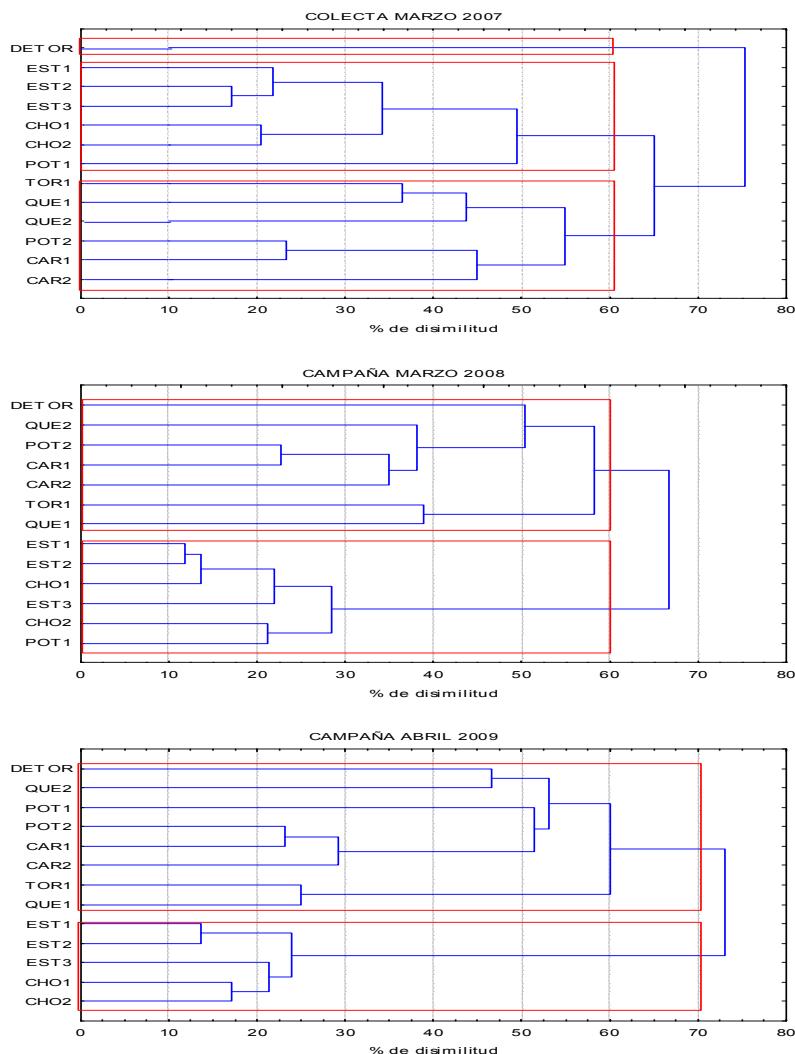


Figura 4.5 Análisis de disimilitud de Bray-Curtis entre las estaciones de muestreo para los tres años de colecta.

4.3.1 Comparación de los parámetros de abundancia total, riqueza y diversidad (H') de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.

El análisis de modelos mixtos representados en la Tabla 4.5, confirma la existencia de diferencias en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos entre los años y las dos subcuenca. Al respecto se encontró un efecto significativo de la subcuenca en la abundancia y riqueza, al igual que una variación entre los años (Tabla 4.5). Para la diversidad (H') se observa la misma tendencia, pero con variaciones no significativas entre años y entre subcuenca (Figura 4.6).

Tabla 4.5 Resultados de los modelos mixtos, evaluando el impacto de los años, las subcuenas e interacción entre ambos, sobre la abundancia, riqueza y diversidad (H') de las comunidades de macroinvertebrados. Las estaciones se incluyeron como factor aleatorio, se evaluó la significancia de los efectos fijos mediante la prueba de razón de verosimilitud ($LR = likelihood ratio$).

	2007/2008			2008/2009			2007/2009		
	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Abundancia	Riqueza	Diversidad	Abundancia	Riqueza	Diversidad
Interacción años x subcuenas									
LR	0,067	2,693	4,019	3,501	1,330	1,040	2,608	4,418	2,288
P	0,796	0,101	0,045	0,061	0,249	0,308	0,106	0,036	0,130
Subcuenas									
LR	1,306	7,807	1,276	6,032	12,819	3,200	2,647	8,472	0,151
P	0,253	0,005	0,259	0,014	3,432e-4	0,074	0,104	0,004	0,698
Años									
LR	3,504	16,442	1,287	6,347	16,363	0,986	0,139	1,749	0,200
P	0,061	5,016e ⁻⁵	0,257	0,012	5,229e-5	0,321	0,709	0,186	0,655

Tanto los valores de abundancia como de riqueza presentaron una disminución ($P=0,061$ y $P<0,001$ respectivamente) durante el año 2008 (Tabla 4.4). En la Figura 4.6a se observa que existe una tendencia a la baja en el número de individuos en 10 de las 13 estaciones de muestreo. Esta disminución ocurrió de manera homogénea en las dos subcuenas (Figura 4.7.a), exceptuando en las estaciones de mayor altura Est1 y Que1, donde al contrario del resto ocurrió un aumento de la abundancia, y en Car2 donde los valores prácticamente se mantuvieron. Por otra parte la baja experimentada en la riqueza taxonómica durante el 2008 (Figura 4.6b) afectó 12 de las 13 estaciones de muestreo, exceptuando Car1 que mantuvo el valor registrado en el año 2007. Esta baja en la riqueza se presentó de forma diferente entre las subcuenas (Figura 4.7b), ocurriendo una disminución mucho mayor en la subcuenca del río Chollay que en la subcuenca del río Del Carmen ($P\leq0,05$). La diversidad (H') a diferencia de los dos parámetros anteriormente, no presentó ningún patrón de variación general para las estaciones de muestreo. Sin embargo, los modelos mixtos revelan una diferencia significativa ($P<0,05$) de la interacción años x subcuenas sobre la diversidad. Esto sugiere que tendencias opuestas ocurrían en las dos subcuenas. En efecto en la subcuenca del río Chollay se observó una tendencia a la disminución de la diversidad (H') en 4 de las 6 estaciones (Figura 4.6c), por el contrario en la subcuenca del río Del Carmen, la tendencia es opuesta (Figura 4.7c), donde 5 de las 7 estaciones se mantuvieron o aumentaron su diversidad (Figura 4.6c), lo cual explicaría las diferencias ($P\leq0,05$) obtenidas en la interacción años-subcuenas.

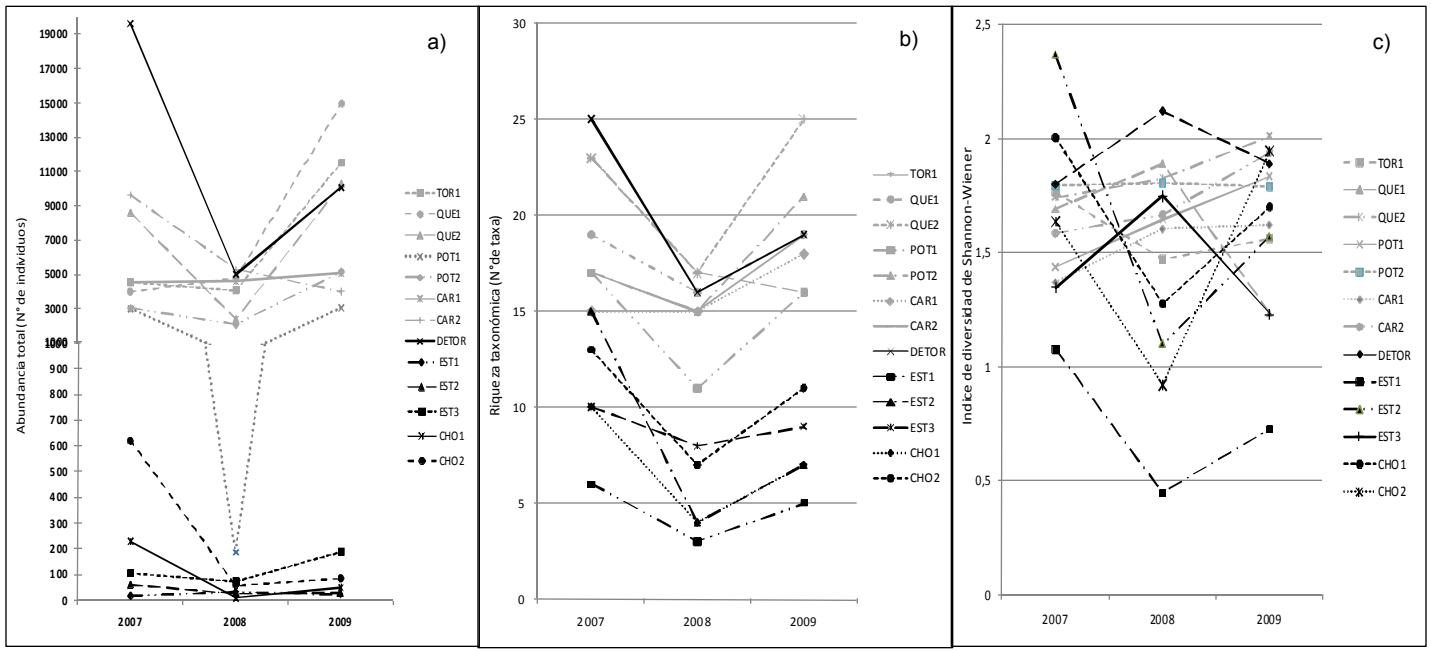


Figura 4.6 Valores para cada una de las estaciones, durante las tres sesiones de muestreo de: a) Abundancia total; b) Riqueza taxonómica y c) Diversidad (H'). Líneas negras representan las estaciones de la subcuenca del río Chollay y las grises las estaciones de las subcuenca del río Del Carmen.

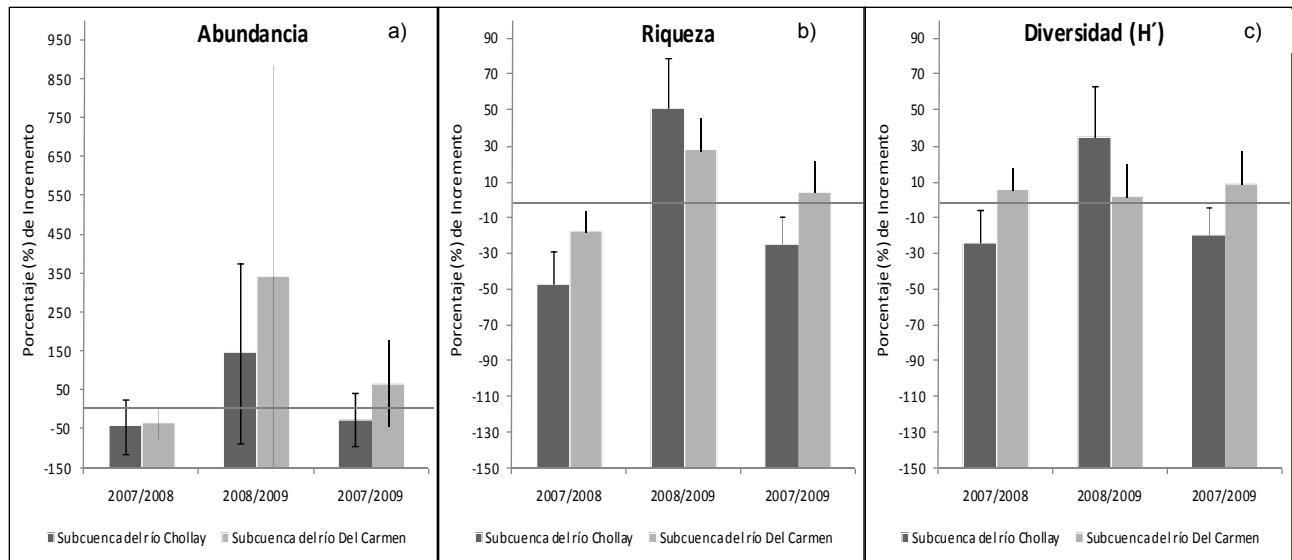


Figura 4.7 Incremento promedio de: a) Abundancia, b) riqueza y c) diversidad (H') de macroinvertebrados bentónicos colectados en ambas subcuenca, comparando las tres sesiones de muestreo.

Entre los años 2008 y 2009 existe una fluctuación de manera significativa para los valores de abundancia y riqueza ($P<0,05$ y $P<0,001$ respectivamente) (Tabla 4.5). Durante la última sesión de muestreo ambos parámetros aumentaron en 11 de las 13 estaciones (Figura 4.6a y 4.6b), la excepción se presentó en Car2 y Est1 donde se observó una disminución en el número de individuos, y en las estaciones Pot1 y Car2 donde ocurrió una disminución en el número de taxa. El análisis realizado sugiere que para la abundancia, el patrón de variación resultó diferente entre las dos subcuenas, mostrando un mayor incremento promedio (Figura 4.7a) en la subcuenca del río Del Carmen que en la subcuenca del río Chollay ($P=0,06$, interacción). Con respecto a la diversidad, no se observaron fluctuaciones entre las sesiones del 2007 y el 2008, sólo se puede ver en la Figura 4.6c una tendencia al aumento de este parámetro en 9 de las 13 estaciones.

Al comparar los valores obtenidos en la última sesión de muestreo con los valores iniciales del año 2007, se observa que no existe un efecto del año en ninguno de los parámetros analizados. Generalmente los valores del año 2009 igualan a los iniciales. Sin embargo aparecen tendencias ligeramente diferentes entre las dos subcuenas. En promedio la abundancia, riqueza y diversidad recuperaron los niveles iniciales o más altos que los reportados en el 2007 para la subcuenca del Carmen (Figura 4.7). Por el contrario en la subcuenca del río Chollay ninguno de los tres parámetros analizados recuperaron su valor promedio inicial.

5. CONCLUSIONES

Los parámetros comunitarios analizados indican que existen diferencias significativas entre las dos subcuenca. Las estaciones de la subcuenca del río Chollay, presentaron una menor abundancia y riqueza taxonómica, exceptuando la estación Detor que no pertenece al cauce principal si no al río tributario Del Toro. Esta menor biodiversidad observada en la subcuenca del río Chollay puede explicarse por la presencia de condiciones de calidad de agua naturalmente más adversa al establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Los análisis realizado a los parámetros físico-químicos indican que sólo el pH tuvo variaciones entre ambas subcuenca, al respecto se señala que una disminución en el pH y los cambios asociados en la química del agua, producen modificaciones en las comunidades acuáticas incluyendo reducción de abundancia, riqueza taxonómica y diversidad específica (Tripole et. al., 2000). En efecto la subcuenca del río Chollay presenta estaciones con pH ácidos a neutros, destacándose la estación Est1 (ubicada en la cabecera) con pH de 4,2, donde se obtuvieron los menores valores de abundancia, riqueza y diversidad (H'). A diferencia de la subcuenca del río Del Carmen donde en general se registraron pH de tipo básicos.

En la colecta del año 2008 se presentó una baja significativa en la abundancia y riqueza taxonómica de la mayoría de las estaciones, exceptuando las ubicadas a una altura geográfica mayor a los 3000 m como lo son Est1, Que1 y Tor1 donde por el contrario ocurrió un aumento en el N° de individuos colectados. Esta disminución resultó de mayor intensidad en la subcuenca del río Chollay, lo que sugiere que las adversidades naturales propias de esta subcuenca, agravan aun más cualquier condición desfavorable que se presente para el establecimiento de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos. Aunque se observaron variaciones significativas en los parámetros medidos en los cursos de agua, estas se relacionan a la metodología utilizada (uso de diferentes equipos de medición), no se presentaron intervenciones o cambios en la estructura de ninguna de las estaciones. Es por ello que se sugiere que la disminución en los parámetros de abundancia y riqueza ocurridos en el año 2008 puede deberse a variación en los caudales. Se debe considerar que en el año 2007 se presentó el fenómeno del niño, pero de carácter moderado (Website NOAA), este fenómenos genera un efecto importante sobre la hidrología de las cuencas y las características fisicoquímicas y biológicas de los cuerpos de agua (Blanco et. al., 2003).

En la última sesión de muestreo (Abril 2009) esta situación se vio revertida, ya que se observó una tendencia general al aumento de la abundancia y de la riqueza, exceptuando en las estaciones Est1, la cual puede presentar las condiciones naturales más adversas por su mayor altura geográfica, y Car2 donde existe intervención humana (atraviesa un camino de vehículos). Para las estaciones de la subcuenca del río Del Carmen este aumento significó una recuperación total de las comunidades encontradas inicialmente (año 2007), no así para la subcuenca del río Chollay donde los incrementos experimentados no resultaron suficientes para recuperar los niveles iniciales. Esto nos sugiere que frente a condiciones de cambio o perturbaciones tanto ambientales como antropogénicas, la subcuenca del río Chollay tendría una recuperación de las comunidades de macroinvertebrados de forma más lenta que las que podrían ocurrir en la subcuenca del río Del Carmen.

ANEXOS

Anexo 6.1 Abundancia total y relativa de macroinvertebrados bentónicos recolectados en las trece estaciones de muestreo de ambas subcuencas, durante la sesión de colecta de Abril del 2009.

Subcuenca			Río Chollay										Río Del Carmen																
Río			Del Toro		Del Estrecho				Chollay				El Toro		Tres Quebradas			Proterrillos			Del Carmen								
Estaciones de muestreo			Detor		Est1		Est2		Est3		Cho1		Cho2		Tor1		Que1		Que2		Pot1		Pot2		Car1		Car2		
CLASE	ORDEN	FAMILIA	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%			
Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	115	1,14			1	3,70			2	4,08	3	3,61	1352	11,76	2405	16,08	1420	13,82	521	17,10	331	6,45	592	11,71	507	12,68	
		Leptophlebiidae	2479	24,63			7	25,93	9	4,79			3	3,61	1397	12,15	1893	12,66	2574	25,06	337	11,06	1307	25,48	280	5,54	116	2,90	
		Hidroptilidae	38	0,38											1	0,01	5	0,03	11	0,11					6	0,12	22	0,55	
		Hydrobiosidae	77	0,76					4	2,13	2	4,08	1	1,20	90	0,78	84	0,56	65	0,63	10	0,33	7	0,14	4	0,08	8	0,20	
		Hydropsychidae	126	1,25			1	3,70					4	4,82	1	0,01	2	0,01	137	1,33	36	1,18	1043	20,33	920	18,19	259	6,48	
		Leptoceridae																							1	0,02		7	0,18
	Tricoptera	Limnephiliidae																	19	0,18									
		Sericostomatidae	2727	27,09															5	0,05									
		Athericidae	2	0,02															2	0,02	4	0,13	4	0,08	1	0,02	2	0,05	
		Blephariceridae																	6	0,06	4	0,13	4	0,08					
		Ceratopogonidae	10	0,10					15	7,98	14	28,57	27	32,53	2	0,02	4	0,03	1	0,01	156	5,12	2	0,04					
		Chironomidae	1551	15,41	18	81,82	11	40,74	118	62,77	14	28,57	11	13,25	3619	31,48	276	1,85	641	6,24	75	2,46	98	1,91	38	0,75	743	18,59	
	Diptera	Dolichopodidae														1	0,01		1	0,01									
		Empididae	10	0,10	1	4,55			3	1,60			1	1,20	11	0,10	17	0,11	40	0,39	24	0,79	7	0,14	1	0,02	3	0,08	
		Ephydriidae	1	0,01	1	4,55										12	0,10	96	0,64	46	0,45	7	0,23						
		Limoniiidae							6	12,24					3	0,03	4	0,03	0	0	26	0,85							
		Simuliidae	328	3,26					33	17,55	8	16,33	11	13,25	23	0,20	13	0,09	409	3,98	141	4,63	21	0,41	33	0,65	46	1,15	
		Tabanidae													31	0,27	27	0,18	1	0,01	3	0,10					1	0,02	
	Coleoptera	Tipulidae													1	0,01									4	0,08			
		Dixidae																							1	0,02			
		Elmidae	1570	15,60			3	11,11			3	6,12	16	19,28			18	0,12	1500	14,60	789	25,89	1263	24,62	1775	35,10	825	20,64	
		Dystisidae					1	3,70										1	0,01	3	0,10				1	0,02			
		Gyrinidae																							1	0,02			
	Odonata	Helolidae																15	0,15						9	0,18			
		Hydrophilidae						1	0,53																				
	Crustacia	Aeshnidae																						21	0,41	35	0,69	20	0,50
		Amphipoda	9	0,09	1	4,55	3	11,11							342	2,98	199	1,33	491	4,78			802	15,63	1310	25,90	1026	25,67	
	Arachnida	Hidracarina	1	0,01						2,13					33	0,29	159	1,06	6	0,06									
		Oligochaeta	603	5,99	1	4,55			4	0,53			2	2,41	4272	37,16	9366	62,62	2411	23,47	911	29,90	199	3,88	47	0,93	370	9,26	
	Hirudinea	Rhynchobdellida	37	0,37				1							94	0,82	342	2,29						1	0,02	2	0,04		0,00
		Tubellaria	381	3,79											210	1,83	42	0,28	466	4,54					3	0,06	10	0,20	7
	Gastropoda	Triclada	Dugesiidae																										
		Basommatophora	Physidae																								36	0,90	
P.Nematoda	P.Nematoda	P.Nematoda	1	0,01													4	0,03	4	0,04				1	0,02				

Anexo 6.2 Temperatura y conductividad promedio del agua en cada una de las estaciones de muestreo, durante las tres sesiones de colecta.

Estación/ Campaña (año)	Temperatura (°C)			Turbidez			pH			Conductividad (µS/cm)			Oxígeno disuelto (%)			
	07	08	09	07 (NTU)	08 (ppm)	09 (ppm)	07	08	09	07	08	09	07	08	09	
Subcuenca del río Chollay	Est1	8,5	10,8	9,9	17	477	503	4,2	4,2	4,2	1090	954	1005	122,3	86,7	68,4
	Est2	5,3	13,6	13,0	52	179	203	4,6	6,4	5,2	448	359	407	141,6	97,0	72,8
	Est3	13,4	10,4	11,8	62	161	171	7,1	7,5	7,3	310	324	344	121,6	80,7	79,1
	Cho1	13,3	10,4	11,0	50	247	232	7,2	6,8	7,2	386	495	466	125,4	116,2	84,5
	Cho2	20,3	10,5	10,4	30	232	228	7,4	7,2	7,1	395	463	456	116,8	117,8	86,9
	DeTor	13,6	11,8	11,7	16	75,1	85	7,9	8,1	7,8	164	150	169	115,5	40,8	78,0
Subcuenca del río Del Carmen	Tor1	8,2	6,3	6,1	10	219	220	7,9	7,8	8,0	385	436	441	127	73,0	68,7
	Que1	11,9	1,0	10,0	14	202	183	7,9	7,6	8,2	356	402	366	115,5	98,7	72,3
	Que2	14,2	14,8	13,5	33	163	173	8,0	8,3	7,4	334	329	348	120,4	100,5	77,8
	Pot1	14,9	14,2	12,3	80	421	416	7,6	7,1	7,9	1030	847	877	118,5	90,3	79,7
	Pot2	18,2	14,0	10,7	42	303	297	7,9	8,1	7,4	559	604	595	111,3	107	81,0
	Car1	18,1	13,5	11,8	33	337	344	8,2	8,5	8,3	660	694	686	123,8	116,8	88,9
	Car2	17,9	12,3	11,2	18	348	344	8,2	8,5	7,4	663	696	689	141,7	121,0	87,3

Anexo 6.3 Parámetros de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos colectadas en las trece estaciones muestreo de ambas subcuenca, durante la tercera sesión de monitoreo de Abril del 2009

Subcuenca	Estaciones	Abundancia Total (Nº de individuos)	Riqueza Taxonómica	Diversidad (H') (Indice de Shannon-Wiener)
Subcuenca del río Chollay	Detor	10066	19	1,89
	Est1	22	5	0,73
	Est2	27	7	1,57
	Est3	188	9	1,23
	Cho1	49	7	1,70
	Cho2	83	11	1,95
Subcuenca del río Del Carmen	Tor1	11495	19	1,56
	Que1	14956	19	1,24
	Que2	10272	25	2,01
	Pot1	3047	16	1,84
	Pot2	5130	21	1,79
	Car1	5057	18	1,62
	Car2	3997	16	1,94

Anexo 6.4 Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos colectados durante tres sesiones de muestreo.

Orden Diptera



F. Athericidae



F. Ceratopogonidae



F. Chironomidae



F. Empididae



F. Limoniidae



F. Tabanidae



F. Psychodidae



F. Ephidridae



F. Tipulidae



F. Dixidae



F. Dolichopodidae



F. Muscidae



F. Simuliidae



F. Blephariceridae

Orden Coleoptera



F. Elmidae



F. Gyrinidae



F. Dysticidae



F. Hidrophilidae

Orden Trichoptera



F. Hydrobiosidae



F. Hydropsychidae



F. Hidroptilidae



F. Sericostomatidae



F. Limnephilidae



F. Leptoceridae

Orden Ephemeroptera



F. Hidroptilidae



F. Hidroptilidae

Orden Odonata



F. Aeshnidae



F. Coenagrionidae



F. Libellulidae

Orden Heteroptera



F. Hidroptilidae

Orden Amphipoda



F. Hidroptilidae

Orden Basommatophora



F. Physidae

Orden Rhynchobdellida



F. Glosiphoniidae

Orden Hidracarina



Clase Oligochaeta



Phylum Nematoda



Anexo 5

Reserva en virtud del artículo 21, numeral 2º

Ley N° 20.285



PRE-PROPUESTA TÉCNICA
EXTENSIÓN VIDA ÚTIL RELLENO SANITARIO BARRIALES
V20150217-BIO



BIOSEPTIC LTDA.

PROPUESTA TÉCNICA
“LIMPIEZA PLATAFORMA SAN FÉLIX”

13 de Mayo 2015

1. INTRODUCCIÓN

La presente propuesta considera una limpieza general de la plataforma ubicada en la localidad de San Félix, comuna de Alto del Carmen, III región de Atacama.

2. ALCANCE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

La maquinaria a utilizar es

- 1.- Camión ampliroll con tolva de 20 m³
- 2.- Palas mango fibra
- 3.- Carretilla
- 4.- Rastrillo metalico
- 5.- Picota
- 6.- Chuzo
- 7.- Baño Químico

3. PLAN DE OPERACIÓN

La operación a relizar consiste en la limpieza total de la Plataforma indicada en la siguiente imagen:





Las operaciones que allí se efectuarán se basan en el control sobre las siguientes materias:

- a) Medidas de control de riesgos asociados a la tarea.
- b) Método de remoción, carga y acopio de residuos sólidos de la plataforma.

*Entiéndase como residuos sólidos a todo material que se encuentre en la plataforma y deba ser removido.

3.1 Medidas de Control de Riesgos Asociados a la Tarea

A objeto de reducir las posibilidades de contingencias y de incidentes que pudieran ocasionar daños humanos y materiales, se implementarán las siguientes medidas:

RIESGOS POTENCIALES : GOLPEADO POR HERRAMIENTAS

METODO DE CONTROL : SUPERVISION, AST, CHARLAS DIARIAS, COORDINACION DE LOS TRABAJOS, MANTENER DISTANCIAS SEGURAS ENTRE LOS MISCELANEOS, HERRAMIENTAS EN BUEN ESTADO, EPP ACORDE A LOS RIESGOS ASOCIADOS

EPP adecuados a la tarea:

- Casco
- Guantes Cabritilla
- Protección Auditiva
- Lentes de Seguridad
- Chaleco de Geólogo
- Zapatos de Seguridad
- Protector Solar
- Cubre nuca.

3.1.1 Condiciones de Seguridad

Se velará que durante la operación del proyecto, se cumpla con aquellos aspectos referidos a las condiciones de seguridad del personal que se encuentre en el interior del recinto:

- Instalaciones adecuadas para los trabajadores. (Baño Químico – Agua potable - Sombra)
- Ingreso restringido de personal al recinto. (señalética personal autorizado y 4 conos reflectante medianos)
- Control y coordinación de todos los equipos que operaran en el recinto
- Prohibición de recuperación de cualquier tipo de elementos resultante de escombros



3.2 Método de remoción, carga y acopio de residuos sólidos de la plataforma

- a) Remoción de Residuos Sólidos: Ésta se realizará de manera manual (jornales con palas y carretillas).
- b) El acopio de residuos sólidos se realizará en los sitios estipulados por el cliente CMN Barrick, dentro del sitio delimitado.
- c) El transporte de residuos sólidos se realizará en un camión ampli roll hasta un depósito final autorizado por la autoridad. Se consideran 2 viajes.

4. PERSONAL

Para la ejecución de esta tarea necesitamos el siguiente personal:

Personal turno:

Personal	Cantidad
Operador Ampli Roll- Volante- No considerado en el turno	1
Supervisor	1
Jornales	6
Total turno	7

5. PLAZO DE TRABAJO

Se estima que el trabajo se realizará en 5 días a partir del momento en que se cuente con todo el equipamiento requerido en la presente propuesta técnica.

6. VALOR TOTAL OBRA SOLICITADA

\$ 6.166.500 neto + IVA

Anexo 7

Reserva en virtud del artículo 21, numeral 2º

Ley N° 20.285

Anexo 8

Reserva en virtud del artículo 21, numeral 2º

Ley N° 20.285

Anexo 9

Reserva en virtud del artículo 21, numeral 2º

Ley N° 20.285



Copiapó, 13 de Mayo de 2015
PL-0083/2015

Señora
Ingrid Aguad Manríquez
Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente
Región de Atacama

Presente

MAT.: Solicita citar a sesión de reanudación de Comité de Seguimiento Ambiental.

ANT.: Acta N° 3 del 2013, del Comité de Seguimiento Ambiental del Proyecto Pascua Lama y RCA N° 24/2006.

Eduardo Kelleher, en representación de Compañía Minera Nevada SpA (en adelante e indistintamente, “CMN” o la “Compañía”), Titular del Proyecto Pascua Lama (en adelante, “El Proyecto”), ambos domiciliados en Avenida Ricardo Lyon N° 222, piso 8, Comuna de Providencia, Santiago, en el marco del cumplimiento del compromiso contenido en los Considerandos 6.3 y 7 literal i) de la RCA N° 24/2006, vengo en solicitar a Ud., en su calidad de presidente del Comité de Seguimiento Ambiental del proyecto, que cite a los representantes de las distintas organizaciones comunitarias que forman parte del Comité, para efectos de reiniciar las sesiones periódicas comprometidas.

Se hace presente que el funcionamiento del Comité de Seguimiento Ambiental fue suspendido en la sesión del 14 de mayo de 2013, en consideración a la medida de paralización del proyecto decretada por la Superintendencia del Medio Ambiente mediante Resolución Exenta N° 477 de 2013.

En consideración al Resuelvo Segundo de la misma resolución anterior, la Compañía considera necesario continuar con las actividades del Comité.

Esperando una favorable acogida a este requerimiento, le saluda atentamente,

Eduardo Kelleher
Representante Legal
Compañía Minera Nevada SpA

CC: Archivo.

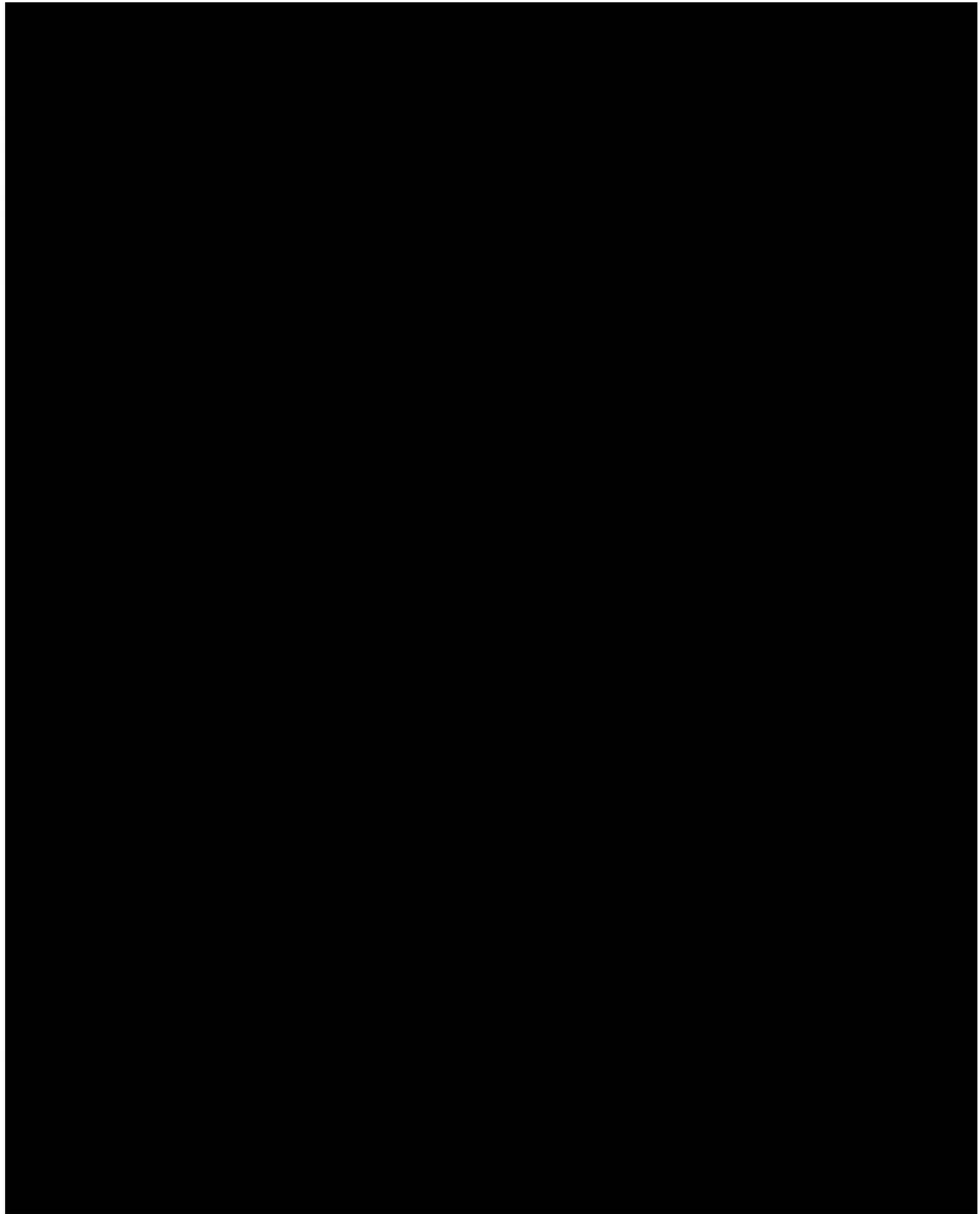


Página 1, Anexo 11

Reserva en virtud del artículo 21, numeral 2°

Ley N° 20.285

CONFIDENCIAL



Centro UC

Políticas Públicas

PROPUESTA TÉCNICA Y ECONÓMICA

Plan de Educación Comunitaria: Medio Ambiente y Minería

Centro de Políticas Públicas UC

Octubre 2014

1. Introducción

A continuación se especifica la propuesta técnica y económica del Centro de Políticas Públicas de la Pontificia Universidad Católica de Chile en el marco del desarrollo del “Plan de Educación Comunitaria: Medio Ambiente y Minería” de la Compañía Minera Barrick. La propuesta ha sido elaborada en base a los términos de referencia expuestos por la empresa.

Esta propuesta se enmarca dentro de la misión del Centro de Políticas Públicas UC que es contribuir a vincular el quehacer académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile con los principales desafíos del país en el ámbito de las políticas públicas, ofreciendo una plataforma de gestión multidisciplinaria para potenciar el rol de la universidad en el análisis, investigación, docencia y proposición de políticas públicas desde nuestra identidad UC.

Además, el Centro de Políticas Públicas UC busca vincular las múltiples capacidades existentes al interior de la universidad para generar equipos multidisciplinarios que, a través de un trabajo en conjunto con contrapartes del sector público y privado, desarrollen proyectos de investigación, consultorías, estudios, cursos y seminarios de discusión en las diversas temáticas que convocan a las políticas públicas; educación, salud, vivienda, medio ambiente, políticas de suelo, ciudad, comunidad, urbanismo, justicia, pobreza, políticas sociales, empleo, emprendimiento, desarrollo económico, minería infraestructura y transporte, tecnologías de la información, evaluación social de proyectos e institucionalidad y modernización del Estado, principalmente.

En el caso de esta propuesta, el Centro de Políticas Públicas UC (CPPUC) coloca a disposición del equipo de Relaciones Comunitarias (RRCC) de Minera Barrick todas las capacidades y experticia en medio ambiente y minería existente al interior de la universidad, la experiencia del CPPUC en el desarrollo de un diplomado en Relaciones Comunitarias para la Industria Extractiva, y el desarrollo de cursos a nivel municipal en temáticas relativas a la gestión ambiental local. Con estos elementos se pretende desarrollar un Programa de Educación Comunitaria que sea coherente con las necesidades y problemáticas de la comunidad, y a su vez sea acorde a los requerimientos y expectativas del equipo de RRCC de Minera Barrick.

2. Objetivos

Objetivo General

Generar capacidades en los grupos de interés, de la zona de influencia directa del proyecto Pascua-Lama, en específico en la comunidad de Alto del Carmen, para la comprensión de conceptos asociados a medio ambiente y la industria minera, de manera de propiciar la generación de un “monitoreo social” a las variables ambientales.

Objetivos Específicos

1. Identificar los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen y los tipos de brechas de conocimientos¹ asociadas a medio ambiente y la industria minera.
2. Diseñar y ejecutar un programa educación comunitaria sobre medio ambiente y minería acorde a las brechas de conocimientos y expectativas de los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen.
3. Generar capacidades en los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen sobre conceptos asociados a medio ambiente y la industria minera.

3. Metodología de Trabajo

La propuesta del CPPUC para el desarrollo del “Plan de Educación Comunitaria: Medio Ambiente y Minería” de la Compañía Minera Barrick, consta de cinco etapas.

Metodología de Trabajo		
Etapas	Metodología	Productos
1ºEtapa (1 mes)	Diagnóstico	<ul style="list-style-type: none"> - Revisión de fuentes secundarias. - Análisis de prensa. - Sistematización de experiencias de capacitación. - Entrevistas semi-estructuradas.
2ºEtapa (1/2 mes)	Diseño de capacitación	<ul style="list-style-type: none"> - Mesas de diálogo entre CPPUC-Barrick - Reuniones de trabajo (expertos-empresa)
3ºEtapa (2 ½ meses)	Implementación de Programa de Actividades de Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> - Instancias de capacitación diferenciadas: buscando trabajar paralelamente la entrega de información en las brechas existentes, con una metodología de participación de los actores en el desarrollo de su aprendizaje.
4ºEtapa (4 meses²)	Seguimiento	<ul style="list-style-type: none"> Acompañamiento a: - Planes de trabajo - Planes correctivos
5ºEtapa (1 Mes)	Evaluación y cierre	<ul style="list-style-type: none"> - Evaluación final del programa. - Presentación de cierre del programa.

¹Brecha de conocimiento se entiende como la diferencia entre las capacidades y conocimiento técnico de la comunidad y el conocimiento de la compañía.

² Se contemplan 4 meses de seguimiento de los 5 estipulados para el desarrollo del proyecto.

1° Etapa – Diagnóstico (1 Mes).

En la primera etapa del proyecto se busca obtener información sobre la situación de la comunidad Alto del Carmen, de manera que sirva de insumo para la planificación del trabajo conjunto durante el proceso de capacitación de los grupos de interés. El diálogo informado y el auto-reconocimiento de las comunidades es esencial para generar espacios de vinculación que contribuyan a la mejorar la relación entre la comunidad y la empresa. En otras palabras, se busca que la planificación del programa de capacitación sea lo más riguroso y certero, y – efectivamente – se constituya de manera coherente con las necesidades y problemáticas asociadas la brecha de información que existe entre la comunidad y la empresa.

Para generar un diagnóstico integral, se propone la utilización de las siguientes técnicas de recolección de información.

En primer lugar, se propone realizar un análisis de fuentes secundarias, en la cual se revisará la información que tiene a disposición la empresa minera Barrick, bases de datos públicas con representatividad comunal y distintos tipo de documentos, tales como informes oficiales, evaluaciones y estudios académicos. Con esto se busca conocer y posicionarse en la problemática planteada por la empresa.

En segundo lugar, se hará un análisis de prensa local para analizar la configuración de la arena pública, sus actores y debates. Se revisarán distintos medios de comunicación de la zona lo que asegurará la presencia en la capacitación de heterogeneidad de grupos de interés. Se construirá un mapa de actores para identificar las posiciones de los distintos actores de la comunidad Alto del Carmen.

En tercer lugar, se realizará una búsqueda sistemática de experiencias nacionales e internacionales en Educación Comunitaria, Medio Ambiente y Minería que permitan recoger buenas prácticas.

Por último, para lograr profundizar en temáticas sensibles y a las cuales no se puede acceder vía el análisis de fuentes secundarias y de prensa, se propone realizar entrevistas semi-estructuradas. El tipo de entrevistados y la cantidad serán definidos a partir de la información obtenida en el análisis de fuentes secundarias y de prensa (en la propuesta económica se presupuestaron 20 entrevistas). A partir de la información analizada, se pretende conocer las temáticas relevantes, el nivel de conocimiento de los grupos de interés y expectativas asociadas a la capacitación.

Al final de la primera etapa se pretende conocer el contexto general donde se realizan las capacitaciones. Esta información estará a disposición de las personas involucradas en la confección del Programa de Educación Comunitaria en Medio Ambiente y Minería. Es importante destacar que la entrega de contenidos se desarrollará de manera segmentada, es decir, se capacitará a los grupos de interés considerando su experticia, intereses y brechas de conocimientos sobre la temática específica.

La etapa de diagnóstico tiene una duración de un mes.

2° Etapa – Diseño de Capacitación (1/2 mes).

En la segunda etapa del Programa, se pretende configurar los tipos y la cantidad de capacitaciones que se desarrollarán a los grupos de interés en la comuna de Alto del Carmen. Para lograr este objetivo, se utilizará la información analizada en la primera etapa y se realizarán instancias de reunión y diálogo entre en los profesionales del Centro de Políticas Públicas UC, académicos UC y el área de Relaciones Comunitarias (RRCC) de minera Barrick. A continuación se presenta las actividades asociadas a esta etapa del proyecto.

En primer lugar, se realizarán instancias de trabajo en base a un equipo multidisciplinario formado por académicos y profesionales de alto prestigio de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Los expertos realizarán una serie de recomendaciones sobre los focos que se deberían considerar en un Programa de Educación Comunitaria en Medio Ambiente y Minería. A partir del equipo, se formará un Consejo Técnico Asesor (CTA) que, mediante reuniones periódicas, analizará y discutirá los avances de las capacitaciones. Este consejo estará formado por académicos de la universidad y profesionales del Centro de Políticas Públicas UC.

De esta primera instancia de trabajo, se debería tener una propuesta preliminar de contenidos, actores asociados y tiempos del Programa de Educación Comunitaria. Además se establecerán los objetivos asociados a cada una las temáticas propuestas, metodología de enseñanza, aprendizajes esperados, estrategias pedagógicas, herramientas del curso, interactividad, actividades colaborativas, material, evaluación e instrumentos de apoyo para el curso. A su vez, se configurarán los procedimientos de implementación, asociados a la convocatoria, seguimiento y finalización del programa.

En segundo lugar, se presentará la propuesta al área de Relaciones Comunitarias de minera Barrick y se planificará en conjunto la realización de las capacitaciones en la comuna de Alto del Carmen. En esta instancia se desarrollará el plan de acción con la contraparte técnica. Este espacio de coordinación tendrá como resultado la planificación semanal definitiva del Programa Comunitario. El proceso de diseño de las capacitaciones tiene una duración de ½ mes.

3° Etapa -Implementación de Programa de Actividades de Capacitación (2 Meses).

El Programa Comunitario en Medio Ambiente y Minería propuesto por el Centro de Políticas Públicas UC se estructura 2 grandes apartados que están estrechamente vinculados. En el primer apartado se presentan los tipos de actividades generales y focalizadas que se pretenden desarrollar en el Programa Comunitario en la comuna de Alto del Carmen. En el segundo apartado, se definen los contenidos y la población objetivo de cada una de las capacitaciones. En este último apartado, es clave el desarrollo del diagnóstico inicial para posicionar la capacitación en función de las necesidades y problemáticas de los grupos de interés de la comunidad.

Las capacitaciones se desarrollarán de manera presencial y grupal, donde el proceso de enseñanza-aprendizaje lo realiza un instructor a un grupo de participantes que deben estar presentes durante el desarrollo de la actividad, buscando que los grupos participantes formen parte desde sus propias experiencias del proceso de construcción del aprendizaje. Para cada actividad se considera la realización de una convocatoria a cargo del equipo de RRCC de minera Barrick entregando información que guie a los participantes de las capacitaciones respecto al lugar, horarios, duración, exigencias y metodología del espacio.

A continuación, se presentan los tipos de actividades de capacitación que se desarrollaran durante el Programa de Educación Comunitaria:

1. Curso de capacitación

Se pretende desarrollar cuatro (4) actividades de capacitación que apuntan a la adquisición conocimientos, habilidades y/o destrezas sobre una temática en particular. Estos cursos se desarrollaran durante los dos meses destinados para la implementación de las actividades de capacitación.

Los cursos serán actividades focalizadas y los participantes deberán desempeñar funciones o intereses afines a la capacitación, para asegurar el logro de objetivos de la actividad. Los cursos propuestos estarán liderados por expertos en la temática específica a desarrollar en la instancia, y tendrán una duración 12 horas cronológicas, con un número máximo de 15 participantes³. La definición de temáticas de los cursos va a depender del diagnóstico inicial del programa y de los temas propuestos por el equipo de RRCC de Barrick.

Además, se propone el desarrollo de actividades en terreno busca generar un acercamiento práctico como parte integral de una metodología educativa efectiva. Estas actividades se coordinarán con el equipo de RRCC de minera Barrick y contarán con la presencia de expertos en la temática.

Se propone la certificación por asistencia de la Pontifica Universidad Católica de Chile para los participantes.

2. Charlas temáticas

Se desarrollaran dos (2) charlas temáticas que consisten en actividades de capacitación de carácter informativa, donde no existirán requisitos de ingreso. Las charlas temáticas propuestas estarán lideradas por expertos en la temática específica a desarrollar en la instancia, tendrán una duración 2 horas cronológicas, y la cantidad de participantes dependerá de la infraestructura que se utilice. La definición de temáticas de las charlas va a depender del diagnóstico inicial del programa, en el cual se identificarán los aspectos que generan inquietud a una mayor cantidad de habitantes.

³ Se establece un máximo de 15 participantes para que la actividad de capacitación sea focalizada y efectiva considerando las características de los habitantes de la comuna de Alto del Carmen: bajos niveles de escolaridad; baja comprensión de conceptos y temáticas medioambientales y mineras; alta dispersión geográfica; y grupos étnicos con alta sensibilidad con los temas a tratar.

Este esquema de capacitación, compuesto por cursos y charlas temáticas, permite aproximarse a los grupos de interés de la comuna de Alto del Carmen complementando una mirada más focalizada y acorde a las necesidades de cada uno de los actores, con un enfoque más global que busca posicionar estos temas en el espacio público. Es decir, estas actividades de capacitación permiten el logro de los objetivos propuestos considerando que se desarrollaran actividades de carácter informativo y acciones más focalizadas, que permiten la participación activa de un determinado grupo de interés.

La etapa de implementación del programa tiene una duración de dos y medio meses.

Más allá de la propuesta concreta que se realiza, el Centro de Políticas Públicas UC está dispuesto a adaptar la oferta de cursos (número y temáticas) a las necesidades de Barrick y de la comunidad de Alto del Carmen.

4º Etapa – Seguimiento (4 meses).

Para identificar si las actividades del programa están cumpliendo con los objetivos planteados en su inicio, es necesario generar un seguimiento constante a nivel comunitario.

El objetivo de esta fase es velar por el cumplimiento de cada una de las etapas del proceso y definir acciones correctivas de ser necesario. En otras palabras, el seguimiento es un examen continuo que se efectuará para conocer la manera en que se está ejecutando cada una de las actividades. Es decir, es una evaluación constante de las actividades realizadas que permitirá ajustar el programa para el logro de los objetivos.

El seguimiento se desarrollará de tres maneras. En primer lugar, se aplicará al final de cada capacitación un instrumento de satisfacción del participante con el curso, seminario o actividad en terreno. A través de esta herramienta se busca evaluar al expositor, contenido, estructura de la capacitación y material entregado durante la actividad. En segundo lugar, el equipo en terreno tendrá todas las semanas, un espacio de evaluación general del programa de Educación Comunitaria. Se especificará la información en un informe de avance. Por último, el CTA evaluará el contenido y la metodología a partir de la evaluación que vayan haciendo los participantes y el equipo en terreno.

Esta etapa tendrá una duración de cuatro meses (desde el diseño del programa hasta la evaluación y cierre).

5º Etapa – Evaluación y Cierre (1 mes).

Para finalizar el programa de Educación Comunitaria se pretende realizar una evaluación del programa a través de diversas actividades. En primer lugar, se hará una presentación final con la comunidad de Alto del Carmen donde se expondrá proceso de capacitación, desde el proceso de diagnóstico hasta la última capacitación. Se invitará a los participantes a presentar sus inquietudes, observaciones y/o recomendaciones a partir de la experiencia de este programa. En segundo lugar, se propone aplicar entrevistas en profundidad semi-estructuradas a un grupo de participantes de las capacitaciones para conocer la percepción

que tienen del proceso a nivel general (contenido, estructura, expositores, expectativas luego de la participación, etc.). En la propuesta económica se presupuestaron 20 entrevistas.

Por otro lado, la etapa final incluye la elaboración de propuestas en relación al objetivo del programa: reducir brechas de capacitación y conocimiento técnico. En esta etapa de cierre se realizará una presentación de resultados a la contraparte técnica y se entregará un informe integrado de la experiencia.

Esta etapa tiene una duración de un mes.

Nombre de la actividad	Descripción	Público Objetivo	Medio de verificación	Indicador de proceso	Indicador de resultado	Cronograma				
						M1	M2	M3	M4	M5
Cursos	Actividades de capacitación que apuntan a la adquisición de conocimientos, de habilidades y/o destrezas sobre una temática en particular. Poseen un componente práctico como parte integral de una metodología educativa efectiva.	En el diagnóstico se definirán los grupos de interés. En base a esa información se desarrollará una metodología de capacitación a cada grupo.	Propuesta final- Programa de Educación Informe integrado	Número de participantes inscritos en los cursos	Porcentaje de participantes en los cursos					
				Número de cursos diseñados	Porcentaje de cursos implementados				X	X
					Número de participantes en actividades en terreno					
				Número de actividades en terreno planificadas	Porcentaje de actividades en terreno desarrolladas					
Charlas temáticas	Actividades de capacitación de carácter informativo, donde no se existirán requisitos de ingreso.		Propuesta final- Programa de Educación Informe integrado	Número de participante en los seminarios	Porcentaje de participantes en los cursos					
				Número de seminarios diseñados	Porcentaje de seminarios implementados		X	X		

4. Indicadores de resultado y proceso

	Objetivos	Indicadores de Proceso	Indicadores de Resultado	Medio de Verificación
Obj. 1	Identificar los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen y los tipos de brechas de conocimientos asociadas a Medio Ambiente y la Industria Minera.	Número de grupos de interés existente en la comunidad Alto del Carmen. Tipos de brechas asociadas a Medio Ambiente y la Industria Minera.	Porcentaje de grupos de interés que participan en el programa de Educación Comunitaria. Porcentaje de actividades de capacitación que incorporan las brechas.	Informe-Línea de base de programa Mapa de actores
Obj. 2	Diseñar y ejecutar un programa de educación comunitaria sobre Medio Ambiente y Minería acorde a los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen.	Número de actividades de capacitación diseñadas sobre Medio Ambiente y Minería	Porcentaje de actividades implementadas sobre Medio Ambiente y Minería	Propuesta Final-Programa de Educación Implementación - Programa de Educación
Obj. 3	Generar capacidades en los grupos de interés de la comunidad de Alto del Carmen sobre conceptos asociados a Medio Ambiente y la industria minera.	Número de participantes de las capacitaciones sobre Medio Ambiente y Minería.	Porcentaje de participantes que terminan la capacitación. Porcentaje de participantes satisfechos con los resultados de las sesiones de capacitación.	Informe integrado Informe integrado Informe integrado

5. Antecedentes del equipo: Formación y experiencia

En la conformación del equipo se ha considerado la participación de académicos y profesionales expertos de la Pontificia Universidad Católica de Chile para cubrir las distintas áreas de conocimientos que intervienen en este Programa de Educación Comunitaria en Medio Ambiente y Minería. A partir de esto, se ha conformado un Comité Técnico Asesor (CTA) compuesto por Académicos de la Pontificia Universidad Católica de Chile y profesionales del Centro de Políticas Públicas UC.

El Centro de Políticas Públicas, así como los profesionales que suscriben la presente propuesta, cuentan con amplia experiencia en las materias de medio ambiente, minería y metodología de capacitación y evaluación.

Los criterios para la conformación del equipo de trabajo, han sido: (i) asegurar los conocimientos y experiencia necesarios para cada una de los temáticas incluidas en el Programa de Educación Comunitaria en Medio Ambiente y Minería; (ii) asegurar la disponibilidad de tiempo, dedicación y participación del equipo en todas las actividades necesarias para el correcto desarrollo de las capacitaciones; y (iii) la multidisciplina de los profesionales que suscriben la propuesta.

Dentro de este CTA cabe destacar algunos roles de relevancia:

- Jefe de Proyecto: responsable de la correcta ejecución del proyecto en cada una de sus etapas y mantener una relación permanente con la Contraparte Técnica.
- Asesor especialista Ambiental-Minero.
- Asesor especialista Social-Educativo.
- Académicos y profesionales Centro de Políticas Públicas UC, quienes como parte del Comité aportarán desde sus distintas formaciones profesionales a la definición de enfoques, metodologías y lineamientos tanto del diagnóstico y diseño como de las capacitaciones que considera la propuesta, de tal manera de responder objetivos de las capacitaciones ya definidos, así como de las inquietudes que puedan surgir en el desarrollo de éstas.

En el siguiente cuadro, se especifican los cargos, responsabilidades y dedicación de cada uno de los integrantes del equipo de profesionales que suscriben la presente propuesta.

Cargo	Perfil académico y profesional	Responsabilidades
Jefe de proyecto	Profesional de las Ciencias Sociales con Grado de Magister y experiencia en relaciones comunitarias, medio ambiente, minería y metodología de capacitación.	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinador general del programa. - Manejo de recursos humanos, físicos y financieros. - Representante del equipo ante las contrapartes. - Preparación de informes.
Asesor especialista Senior Ambiental-Minero	Académico con grado de Doctor de la Pontificia Universidad Católica de Chile con experiencia en docencia e investigación en Medio Ambiente y Minería.	<ul style="list-style-type: none"> - Encargado de establecer los contenidos de la capacitación en Medio Ambiente y Minería.
Asesor especialista Senior Social-Educativo	Académico con grado de Doctor de la Pontificia Universidad Católica de Chile con experiencia en metodologías de capacitación.	<ul style="list-style-type: none"> - Encargado de establecer las metodologías de capacitación.
Especialista Ambiental-Minero	Académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile con experiencia en Medio Ambiente y Minería.	<ul style="list-style-type: none"> - Encargados de implementar las capacitaciones en terreno.
Especialista Social Educativo	Académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile con experiencia en metodologías de capacitación.	<ul style="list-style-type: none"> - Encargados de implementar las capacitaciones en terreno.
Asistente especialista Ambiental-Minero	Profesional con experiencia en Medio Ambiente y Minería.	<ul style="list-style-type: none"> - Asesor de los implementadores.
Asistente especialista Social-Educativo	Profesional con experiencia en metodología de capacitación.	<ul style="list-style-type: none"> - Asesor de los implementadores.
Asesor Comunicacional	Periodista	
Profesional de apoyo en terreno	Profesional de las Ciencias Sociales	-Equipo de apoyo en terreno.
Profesional Capacitación y Docencia Centro de Políticas Públicas UC.	Profesional de las Ciencias Sociales.	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinación de equipo y capacitaciones.

6. Propuesta económica.

A continuación se detalla la propuesta económica donde se especifican los recursos necesarios para la implementación del programa.

En este plan se consideran los siguientes temas:

- a. Recursos humanos: Se consideran los recursos para el jefe de proyecto, especialistas (asesor senior, especialista y asistente especialista), equipo de apoyo de actividades en terreno y profesionales del Centro de Políticas Públicas UC.
- b. Gastos operativos: Se consideran los recursos necesarios para la implementación del programa. Se incluye movilización (pasajes aéreos, vehículo y combustible) e insumos (alojamiento, alimentación, materiales, equipos técnicos y planes telefónicos). Además, se incorporan recursos para las entrevistas de la etapa de diagnóstico y evaluación del programa.