

MAT.: Acompaña informe que indica.

ANT.: Res. N° 9/ROL N° D-027-2016

REF.: Expediente **D-027-2016**.



Santiago, 27 de noviembre de 2017

José Ignacio Saavedra Cruz

Fiscal Instructor de la División de Sanción y Cumplimiento

Superintendencia de Medio Ambiente

Presente

JULIO GARCÍA MARÍN, en representación de **SQM S.A.**, según poder otorgado en conformidad al artículo 22 de la Ley N° 19.880 y agregado al expediente con fecha 29 de junio de 2017, domiciliados para estos efectos en Badajoz N° 45, piso 8, comuna de Las Condes, Región Metropolitana, en procedimiento sancionatorio **D-027-2016**, y en relación a la solicitud de medidas provisionales formulada por el denunciante Sr. Cristián Rosselot, de 14 de marzo de 2017, reiterada con fecha 4 de julio de 2017, y la cual fue derivada al Sr. Fiscal Instructor para la evaluación de su procedencia, según lo establecido en el Resuelvo III de la Resolución Exenta N° 9/Rol N° D-027-2016, de la Superintendencia del Medio Ambiente (en lo sucesivo, "SMA" o "Superintendencia"), a Ud. respetuosamente digo:

Conforme lo hemos sostenido en escritos de 20 de julio, 31 de octubre y 20 de noviembre de 2017, no concurren los supuestos descritos en el artículo 48 de la Ley Orgánica de la SMA, para dar lugar a las medidas provisionales solicitadas por el denunciante. Así lo ha considerado la propia Superintendencia que, desde la realización de las acciones de fiscalización que fundan el presente proceso sancionatorio (agosto 2015), no ha estimado pertinente la adopción de tales medidas. En efecto, no existen antecedentes que den cuenta de la existencia de un riesgo inminente de daño ambiental a la biota acuática de los puquíos del Salar de Llamara, presupuesto esencial para la adopción de medidas provisionales.

A la fecha, han transcurrido 5 meses desde que se ordenó evaluar la procedencia de la medida solicitada en este expediente; más de 8 meses desde efectuada la solicitud; casi 18 meses desde el inicio del presente proceso de sanción, y 20 meses desde la emisión del Informe de Fiscalización Ambiental DFZ-2015-377-INTER-RCA-IA (marzo 2016), manteniéndose pendiente la decisión sobre la procedencia de la aplicación de medidas provisionales, previstas en la ley "*con el objeto de evitar daño inminente al medio ambiente o a la salud de las personas*" (artículo 48 de la Ley Orgánica).

Hemos observado que las obras asociadas al proyecto Pampa Hermosa, incluyendo la barrera hidráulica destinada a mantener los niveles de agua superficial de los puquíos del Salar de Llamara, han operado de manera inalterada, lo que ha estado siempre en conocimiento de la SMA: así fue verificado por la Superintendencia en actividad de fiscalización realizada en el mes de junio de 2013, sin que se hayan llegado a formular reparos, como consta del Informe de Fiscalización DFZ-2013-609-XV-RCA-IA, que aparece publicado con la glosa "Terminado sin sancionatorio" en la plataforma electrónica de la SMA (Sistema Nacional de Información de Fiscalización Ambiental, SNIFA).

En particular, en la presentación de 20 de julio de 2017, mi representada sostuvo que la interpretación realizada por la SMA en la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016 en relación al estado de la biota acuática de los puquíos no constituyen antecedentes nuevos, suficientes ni idóneos, que permitan acreditar la existencia de un riesgo de daño ambiental. En efecto, sus conclusiones se fundan en errores metodológicos y fácticos que restan validez a sus conclusiones. Así, hemos desmentido con información de seguimiento el supuesto comportamiento anormal en la concentración de nitrógeno orgánico total en el puquío N2, "*con tendencia al alza en el tiempo*" (Considerando 91 de la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016). Así se dio cuenta en el escrito del pasado 31 de octubre.

Establecido la improcedencia de las medidas, estimamos necesario que Ud. pondere detenidamente los errores metodológicos y sustantivos que presenta la fundamentación de la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016. Si bien dicho acto administrativo dice relación con el programa de cumplimiento desechado por la Superintendencia -decisión impugnada a través de los mecanismos previstos en la ley-, resulta pertinente referirnos al mismo, atendido que la argumentación contenida en los considerandos 34 a 99 concluye que existirían "*antecedentes que acreditan la ocurrencia de efectos en el Puquío N2*".

Para estos efectos, acompañamos **“Informe sobre revisión científica del pronunciamiento de la Superintendencia del Medio Ambiente (Res. Ex N°9/Rol N° D-027-2016) que formula cargos a SQM por incumplimientos a Resolución de Calificación Ambiental N°810/2010 del Proyecto Pampa Hermosa”**, suscrito por el Dr. Victor Marín Briano, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, adscrito al Departamento de Ciencias Ecológicas. El Profesor Marín tiene un Ph.D. en Oceanografía de la Universidad de California (1986) y es especialista en Teoría de Ecosistemas y Ecología de Ecosistemas y Paisajes, desarrollando docencia en pregrado y postgrado en la Universidad de Chile. Es autor de una treintena de artículos en revistas científicas de renombre internacional y de varios proyectos de investigación.

El Informe del Dr. Marín realiza un examen de la coherencia interna de la fundamentación técnico-ambiental contenida en los considerandos 34 a 99 de la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016, que incluye la identificación de los aspectos relevantes y controversiales señalados en dichos considerandos, la identificación de las aproximaciones teóricas, metodológicas y empíricas que sustentan dicha argumentación y el análisis y discusión crítica de las conclusiones.

El balance de la revisión efectuada por el Dr. Marín da cuenta de una serie de deficiencias, que resume de la siguiente forma:

1. Uso erróneo de conceptos de las teorías de ecosistemas.
2. Formulación de afirmaciones que no cuentan con fundamento empírico expresado.
3. Debilidad en la generación de hipótesis, sin contar con fundamentos sólidos
4. Referencia parcial a los informes presentados por SQM.

El académico subraya que *“la condición actual del conocimiento respecto de los ecosistemas en general es que estos son sistemas contextuales (Schmitz, 2010). Vale decir, dos ecosistemas distintos (e.g. uno en el Salar de Atacama y otro en el Salar de Llamara) no necesariamente son estructurados por los mismos procesos. Por tanto, el conocimiento sobre uno podría no servir para ilustrar lo que ocurren en el otro”* (p. 16). Lo expresado pone en tela de juicio lo que se presenta como conocimiento asentado en el Considerando 88 de la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016, respecto a que *“cualquier modificación en la calidad del agua, especialmente, en términos de composición iónica y elemental, podría afectar de manera significativa a los organismos extremófilos que habitan los puquíos”*, afirmación que se formula sobre la base de una reciente publicación referida a la Laguna Tebenquiche, Salar de Atacama.


En suma, el informe del Dr. Marín examina detenidamente los fundamentos de la Res. Ex. N° 9/Rol D-027-2016, cuestionando el impreciso y contradictorio uso de conceptos asociados a las teorías de ecosistemas; el pretendido actual nivel de conocimiento sobre la materia; las afirmaciones contenidas en materia de perturbaciones a los ecosistemas y, en suma, la formulación de juicios y conclusiones que carecen de sustento empírico, todo lo cual resta total validez a las conclusiones contenidas en los considerandos 97, 98 y 99 de dicho acto administrativo.

* * * *

Por tanto, conforme a lo expresado, solicito a Ud. tener por acompañado el **"Informe sobre revisión científica del pronunciamiento de la Superintendencia del Medio Ambiente (Res. Ex N°9/Rol N° D-027-2016) que formula cargos a SQM por incumplimientos a Resolución de Calificación Ambiental N°810/2010 del Proyecto Pampa Hermosa"**, suscrito por el Dr. Victor Marín Briano, Profesor Titular de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, y currículum vitae del autor.

Solicito asimismo ponderar detenidamente el contenido del informe acompañado en la evaluación de la procedencia de la solicitud de aplicación de medidas provisionales formulada por el denunciante y, en definitiva, desestimarla, por no existir antecedentes que justifiquen la imposición de dichas medidas, según lo dispuesto en el artículo 48 de la Ley Orgánica de la Superintendencia del Medio Ambiente.

Sin otro particular, saluda muy atentamente a usted,


JULIO GARCÍA MARÍN
pp. SQM S.A.

Informe sobre revisión científica del pronunciamiento de la Superintendencia del Medio Ambiente (Res. Ex N°9/Rol N° D-027-2016) que formula cargos a SQM por incumplimientos a Resolución de Calificación Ambiental N°810/2010 del Proyecto Pampa Hermosa.

Dr. Víctor H. Marín
Profesor Titular
Departamento de Ciencias Ecológicas
Facultad de Ciencias
Universidad de Chile

Introducción

Con fecha 06 de junio de 2016, la Superintendencia del Medio Ambiente (SMA) formula cargos a SQM mediante la Resolución Exenta N°1/ROL N° D-027-2016 por incumplimientos a la Resolución de Calificación Ambiental N°810/2010 del Proyecto "Pampa Hermosa". Con fecha 07 de julio de 2016, SQM presenta un Programa de Cumplimiento (PDC), el cual es un 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. Con fecha 29 de junio de 2017, la SMA rechaza el PDC presentado por SQM, según lo señalado en la Resolución Exenta N° 9/ROL N° D-027-2016.

En mi carácter de Profesor Titular del Departamento de Ciencias Ecológicas de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile y especialista en Teoría de Ecosistemas y Ecología de Ecosistemas y Paisajes, el Sr. Carlos Prado, de la empresa consultora Geobiota, me ha solicitado emitir un informe de experto respecto de la fundamentación técnico-ambiental contenida en los considerandos 34 a 99 (pp. 6 a 22) de la Resolución Exenta N° 9/ROL N° D-027-2016, de 29 de junio de 2017.

Objetivos

Este informe, de acuerdo a los términos de referencia acordados con Geobiota, tiene como objetivo general la revisión de los argumentos esgrimidos por la SMA en la Resolución Exenta N°9/ROL N° D-027-2016 (de aquí en adelante Res.Ex.9) para justificar el rechazo del PDC presentado por la empresa SQM en el mes de julio de 2016, desde una perspectiva científica.

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Identificar los aspectos relevantes y controversiales señalados en el documento anteriormente identificado.
- Identificar las aproximaciones teóricas, metodológicas y empíricas que sustentan tanto el levantamiento de cargos como el rechazo del PDC.
- Analizar y discutir críticamente las conclusiones procedentes del documento señalado.

Materiales y métodos

De acuerdo a lo acordado como objetivos, el análisis se concentró en los considerandos 34 al 99 de la Res.Ex.9. Respecto al alcance del presente informe, corresponde precisar que en su elaboración no se han considerado otros documentos vinculados a los cargos formulados contra la empresa SQM o al proceso de sanción de la SMA, salvo cuando dichos documentos han sido incorporados a la argumentación, mediante el uso de referencias o citas.

El análisis realizado consistió en revisar la validez de la argumentación construida por la SMA en los párrafos identificados, teniendo como base el método científico con una aproximación hipotético-deductiva respecto de su lógica (Popper, 1985). El método científico consiste en generar una hipótesis inicial, luego de la cual y a través de la deducción se generan hipótesis derivadas. Estas a su vez generan consecuencias observacionales las que deben ser contrastadas con datos de terreno, experimentos, modelos numéricos o datos obtenidos de publicaciones científicas que correspondan al sistema analizado (Klimovsky, 2005). Esta metodología es la que se usa para casi toda la investigación científica en la actualidad (Andler et al., 2011; Bunge, 1989).

Además, considerando que la Res.Ex.9 hace uso del concepto de ecosistema, se contrastaron las afirmaciones con la información actual respecto de teoría de ecosistemas (Jorgensen, 2012; Schmitz, 2010). En su conceptualización más clásica (Tansley, 1935) un ecosistema es una comunidad biótica y su ambiente físico asociado en un lugar determinado. El concepto en sí es neutral respecto de la escala y los límites a usar; es por ello que cuando se usa como una herramienta de análisis se requiere que estos elementos (escala y límites) sean definidos en forma explícita (Pickett & Cadenasso, 2002).

Los resultados de la revisión efectuada se presentan en este informe de manera analítica para cada considerando o conjunto de considerandos sobre la base de los tres objetivos específicos arriba identificados. Los textos en *itálica* y entre comillas corresponden a citas literales de la Res.Ex.9.

El análisis se acota a la coherencia interna de la argumentación y no aborda su correspondencia externa con los hechos, aspecto que requiere el levantamiento y análisis de evidencia empírica y escapa a los objetivos del informe.

Resultados

El análisis de los considerandos de la Res.Ex.9, efectuado sobre la base de los objetivos arriba definidos, evidencia que la argumentación desplegada por la SMA presenta cuatro falencias o problemas principales, que se resumen a continuación:

1. Uso erróneo de conceptos de las teorías de ecosistemas (considerandos 35, 55, 93 y 99).
2. Formulación de afirmaciones que no cuentan con fundamento empírico expresado (considerandos 46, 55 y 67 a 73).
3. Debilidad en la generación de hipótesis, sin contar con fundamentos sólidos (considerandos 36 a 38, 47 a 51, 88 y 96 a 97).
4. Referencia parcial a informes presentados por SQM (considerando 89).

Estas falencias afectan la estructura del razonamiento contenido en las secciones relevantes de la Res.Ex.9; no son susceptibles de ser corregidos mediante una simple complementación. La consideración conjunta de estos problemas argumentativos lleva necesariamente a debilitar las conclusiones contenidas en los considerandos 97, 98 y 99 de la Res.Ex.9.

A continuación, se presenta un análisis detallado de cada uno de los considerandos que presentan los problemas o falencias señaladas.

1. Considerandos N° 35, 39, 47, 50 y 52: Uso erróneo de conceptos de las teorías de ecosistemas

Se señala en el considerando N° 35, en el marco de la sección de cuestiones preliminares y conceptos relevantes, que *“Resulta fundamental destacar que la biota acuática asociada a cada puquio constituye un ecosistema sumamente particular (...)”*.

Uno de los tópicos más esenciales en ecología de ecosistemas es definir exactamente los límites del ecosistema a estudiar, dado que el concepto en sí no sirve para hacerlo (Pickett & Cadenasso, 2002). En este considerando (N° 35), la SMA usa el término *ecosistema* de una forma metafórica, sin definirlo previamente y sin ninguna base concreta que sustente su afirmación.

Otro ejemplo, que contribuye a ilustrar el problema de la falta de definición, es el considerando N° 39, donde la SMA define que cada puquio sería un ecosistema:

“resulta necesario establecer la naturaleza de dichos ecosistemas, los cuales son denominados “extremos” (...).”

Luego, en el considerando N° 47, se restringe el término ecosistema a *“los tapetes microbianos y microbialitos” (“existe consenso científico respecto a que los tapetes microbianos y microbialitos son ecosistemas (...).”*

Así cuando llegamos al considerando N° 50, es imposible saber a qué se refiere el texto cuando afirma *“corresponde señalar que pueden reconocerse dos tipos de perturbación a los ecosistemas donde habitan organismos extremófilos”*.

Por otra parte, en el considerando N° 52 se usa nuevamente el concepto, esta vez para referirse a los salares del Desierto de Atacama, los puquíos y la biota acuática en términos de *“dichos ecosistemas extremófilos”*.

La consideración conjunta de estos considerandos muestra que la argumentación presenta un confuso empleo de los conceptos, pues el texto varía desde usar el concepto de ecosistema para cada puquío, luego solo para los tapetes microbianos al interior de cada puquío, cuando se refiere a los organismos extremófilos, y, finalmente, de una forma laxa en los considerandos N° 50 y 52.

Estos ejemplos sustentan la tesis de que la SMA usa el concepto de ecosistema de una forma metafórica sin definir en forma explícita escalas y límites como lo requiere su uso como herramienta de análisis. Este uso erróneo de conceptos es revelador de la ausencia de una base teórica sólida y de la carencia de un modelo conceptual que permita estructurar el análisis, formular hipótesis y obtener conclusiones.

Finalmente, el análisis de la literatura (como se discute en el punto siguiente) muestra que se han escrito 47 artículos sobre ecología de extremófilos, ninguno de ellos publicado en Chile. Por lo tanto, si definimos a los ecosistemas de extremófilos como el sistema a estudiar, estos existen en diversas partes del mundo, no siendo necesariamente “particulares” al Salar de Llamara.

2. Considerandos N° 35 y 79: Falta de fundamento de afirmaciones asociadas al conocimiento disponible

Afirmado que los puquíos constituyen *“un ecosistema sumamente particular, respecto de los cuales se ha tenido históricamente escasa información (...).”*, el considerando N° 35 expresa que *“el interés científico y, por ende, el nivel del conocimiento disponible ha crecido exponencialmente en los últimos años”*. Esta afirmación se vuelve a expresar en el considerando N° 79, cuando se indica que *“el nivel de conocimiento en esta materia se ha incrementado sustancialmente desde la época de evaluación ambiental del proyecto “Pampa Hermosa” (...).”*

Esta afirmación carece de fundamento. En efecto, y sobre la base del análisis de la información disponible, es posible señalar que no existe argumento alguno para afirmar que el conocimiento ha crecido exponencialmente (Tabla 1; Figs. 1 y 2).

A objeto de acreditar lo anteriormente señalado, se analizaron tres bases de datos de publicaciones científicas usadas en todo el mundo, así como elemento central de análisis del currículum de los investigadores nacionales por parte de la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CONICYT): Isi Web of Knowledge (<http://apps.webofknowledge.com/>), SCOPUS (<http://www.scopus.com/>) y SCIELO (<http://www.scielo.cl>). Estas bases de datos fueron usadas para consultar el número de publicaciones científicas en siete tópicos, extraídos del texto de la Res. Ex. 9:

- Salar de Llamara
- Puquío
- Estromatolitos
- Evaporitas
- Bioevaporitas
- Endoevaporitas
- Extremófilos

Como resultado de la revisión efectuada, es posible concluir que el conocimiento sobre estromatolitos, evaporitas y extremófilos es el que más ha crecido. Para el caso de estromatolitos y evaporitas, la mayoría de los artículos (3913) se refieren a estudios geológicos y solo 32 a estudios ecológicos. Para el caso de los extremófilos, por su parte, 758 se refieren a microbiología y biología molecular y solo 47 a ecología. De hecho, de los 47 artículos escritos sobre ecología de extremófilos entre 1995 y 2017, ninguno corresponde al Salar de Llamara. Respecto de los otros tópicos de la Tabla 1, el crecimiento ha sido bajo especialmente en lo referido al Salar de Llamara. En efecto, de los 39 artículos disponibles en SCIELO sobre puquíos, solo uno se refiere al Salar de Llamara.

Tabla 1. Resultado de la búsqueda de términos en tres bases de datos científicos disponibles en Internet. Los números corresponden a la cantidad de artículos publicados en las bases de datos que usan el término en cada columna. El número entre paréntesis de la columna Bioevaporitas, corresponde a la búsqueda de ambos términos (bio) y (evaporitas) como palabras separadas.

Base de datos	Salar de Llamara	Puquío	Estromatolitos	Evaporitas	Bioevaporitas	Endoevaporitas	Extremófilos
ISI	6	4	1800	2804	0 (1)	3	971
SCOPUS	10	4	1886	4210	0 (16)	4	1150
SCIELO		39	7	23	0 (13)	0	30

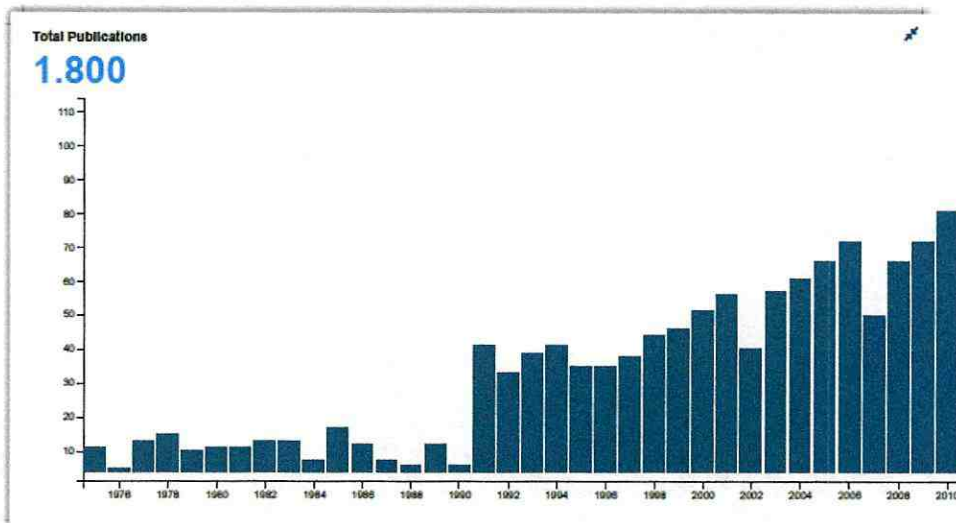


Fig. 1.- Variación en el tiempo del número de publicaciones científicas por año sobre estromatolitos a nivel mundial (Base de datos: ISI Web of Knowledge; período 1975-2010).

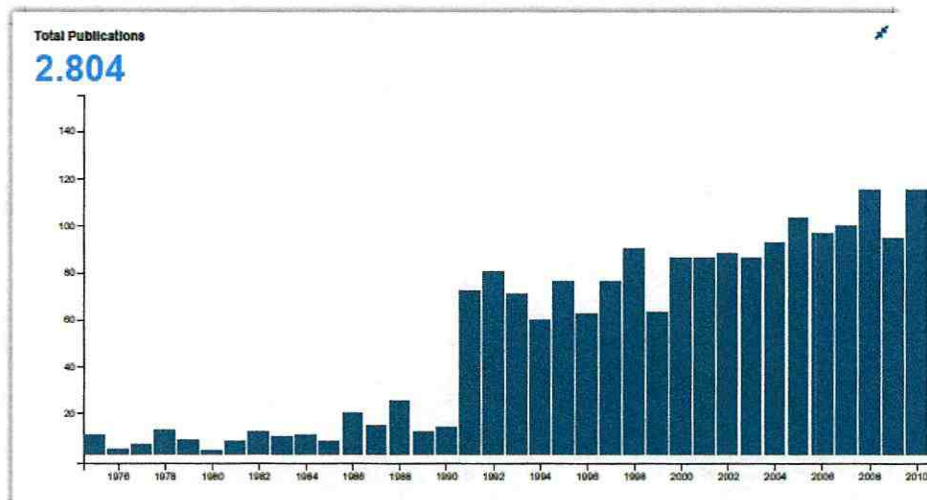


Fig. 2.- Variación en el tiempo del número de publicaciones científicas por año sobre evaporitas a nivel mundial (Base de datos: ISI Web of Knowledge; período 1975-2010).

El conocimiento sobre estromatolitos y evaporitas ha crecido en forma lineal, donde la mayoría de los artículos se refieren a estudios geológicos y no ecosistémicos. Respecto de los otros temas, el crecimiento ha sido bajo especialmente en lo referido al Salar de Llamara, con solo 1 o 2 artículos por año. De los 39 artículos disponibles en SCIELO sobre puquíos, solo uno se refiere al Salar de Llamara. Por lo tanto, no existe fundamento para afirmar que el nivel de conocimiento ha crecido exponencialmente en los últimos años.

Por otra parte, el texto de la Res.Ex.9. contiene 57 notas a pie de página. De estas, 41 corresponden a referencias bibliográficas verificables. El conocimiento citado sobre estromatolitos y geología es, en su mayoría, anterior al año 2009. Los artículos sobre organismos extremófilos son, en su mayoría, posteriores al año 2006.

Si se pone el año 2013 como fecha para caracterizar la bibliografía (considerando que ese año se emitió el informe de Farías y Contreras, 2013), entonces solo 11 artículos (27%) citados son recientes (publicados entre los años 2013 y 2016). De estos, solo uno corresponde a microbiota del Salar de Llamara (3%) y cinco a extremófilos de otros salares andinos (12%).

Lo expresado permite descartar absolutamente la afirmación expresada como fundamental respecto al interés científico y al crecimiento del conocimiento disponible en relación a la *"biota acuática asociada a cada puquíó"* y en su carácter de *"ecosistema sumamente particular"*.

3. Considerandos N° 36 a 38: Atribución del carácter de conocimiento científico asentado a la naturaleza o clasificación de los microorganismos presentes en la biota acuática de los puquíos del Salar de Llamara

Los considerandos 36 al 38 citan un documento generado por SQM (*"Estudio de Ecosistemas Microbianos Salar de Llamara"*), donde se discute que los estromatolitos serían más bien bioevaporitas.

En particular, el texto del considerando N° 37 incluye una frase con un alto grado de incerteza: *"Según nuestras hipótesis los microorganismos tendrían una influencia en formación de domo pero es algo que todavía no está comprobado."*

Sin embargo, el considerando N° 38 cambia dicha incerteza por certeza: *"es posible concluir que la naturaleza (clasificación) de los microorganismos que forman parte de la biota acuática de los puquíos del Salar de Llamara cambió el año 2013, tres años después de dictada la RCA N°890/2010, ya que, se pudo establecer la naturaleza de dichos microorganismos, en función del mayor conocimiento de los procesos biológicos y fisicoquímicos existentes"*.

Sin embargo, dicho conocimiento no ha aumentado desde la perspectiva que no se ha visto reflejado en artículos publicados en revistas de corriente principal. Esto es, revistas científicas con comité editorial y revisión por pares que manejan el conocimiento actual sobre el tema a publicar. Por lo demás, solo una de las referencias citadas en el texto de la SMA corresponde al Salar de Llamara, por lo que el escaso conocimiento disponible en otros salares andinos no es consistente con la condición contextual de los ecosistemas (Schmitz, 2010), en el sentido que aquello que estructura un ecosistema no es transferible a otro.

Por el contrario, la afirmación contenida en el considerando N° 38 atribuye al informe presentado el año 2013 -que expresa la incertidumbre asociada a las hipótesis formuladas-, un carácter de consenso científico, lo que no resiste mayor análisis. En conformidad a lo expresado, no existen bases para concluir que *“los microorganismos que forman parte de la biota acuática de los puquíos del Salar de Llamara cambió el año 2013, tres años después de dictada la RCA N°890/2010, ya que, se pudo establecer la naturaleza de dichos microorganismos, en función del mayor conocimiento de los procesos biológicos y fisicoquímicos existentes”*.

4. Considerandos N° 39 a 45: Definiciones de ambientes extremos y organismos extremófilos

Estos párrafos corresponden a las definiciones de ambientes extremos y organismos extremófilos. Se basan en artículos científicos y no veo problema en ellos.

5. Considerando N° 46: Utilización del término bioevaporitas

Este considerando define a las bioevaporitas como componentes biológicos de los puquíos del Salar de Llamara. El considerando N° 46 se limita a expresar que los distintos tipos de microorganismos extremófilos *“a nivel de literatura especializada se ha clasificado en los siguientes grupos de comunidades: Biofilms (biopelícula), matas o tapetes microbianos, microbialitos y evaporitas. Dentro este último se encontrarían las bioevaporitas de los puquíos del Salar de Llamara”*.

Sin embargo, no se da ninguna referencia de artículos científicos. Por cierto, la información entregada en la Tabla 1 de este informe muestra que el término bioevaporita no existe en la literatura científica (ya sea inglés o español). El término aparece solo si se busca en Google (8 referencias), correspondiendo a resúmenes en congresos científicos, que no constituyen artículos en ciencia, o documentos depositados en la SMA o el Tribunal Ambiental.

El principal efecto de esta ausencia en la literatura es que no ha existido el necesario debate al interior de grupos de pares conocedores de este tema en la ciencia internacional. Conforme a lo indicado, no puede pretenderse aplicar tales categorías como si se tratase de una materia que ha sido objeto de consenso científico.

6. Considerandos N° 47 a 51: Formulación de afirmaciones que no cuentan con fundamento empírico expresado, en relación a la existencia de perturbaciones a los ecosistemas donde habitan organismos extremófilos

Los considerandos N° 47 a 49 deberían formar la base para lo que se afirma en los dos considerandos siguientes (N° 50 y 51), respecto de los efectos de los cambios de

salinidad y adición de materia orgánica, en cuanto potenciales perturbaciones a los ecosistemas donde habitan organismos extremófilos. Ello no ocurre.

Los considerandos N° 47 a 49 describen los organismos extremófilos y su alta resistencia y tolerancia a cambios en el medio. Sin embargo, no existe referencia citada alguna que pueda servir como base al texto subrayado del considerando N° 51 ("si el proceso de extracción/introducción de agua induce modificaciones en la composición iónica-elemental y sus concentraciones en el agua que da sustento a estas comunidades, las vías metabólicas específicas de los organismos extremófilos, pueden verse afectadas negativamente"), donde se habla de extracción de agua que induce modificaciones en la composición iónica-elemental y que puede afectar a los organismos extremófilos.

De hecho, el texto subrayado se puede genuinamente identificar como una hipótesis, escrita de forma tal que no puede ser puesta a prueba. La razón para ello es simple, está formulada de una manera que sólo plantea una posibilidad: "*pueden verse afectadas negativamente*". No hace ninguna proposición a firme.

Por ello, la SMA debería haber expresado en el mismo razonamiento cuáles son las referencias que avalan esta afirmación puesto que ellas no existen en los considerandos N° 47 a 50.

Por otra parte, el considerando N° 50 es solo una especulación por parte de la SMA, ya que no se entrega referencia científica alguna para apoyar los efectos diferenciales de las denominadas "*perturbaciones naturales*" y las de "*tipo antrópica*". De hecho, el concepto de resiliencia en ecología es un tema altamente controversial respecto del cual no existe una sola visión ni acuerdo alguno de cómo se debe determinar o medir (Tironi, 2012).

7. Considerandos N° 52 a 54

Estos párrafos describen lo conocido sobre la biota acuática de salares, usando referencias científicas aceptables.

Sin embargo, es importante destacar que sólo se citan cuatro trabajos científicos, tres anteriores al año 2010 y solo uno más reciente que corresponde a una tesis doctoral. Por lo tanto, vuelve a quedar claro que no ha existido un avance científico importante respecto de este tema.

8. Considerando N° 55

Se expresa en el considerando N° 55 que *“Desde un punto de vista ecológico, los ecosistemas acuáticos que se encuentran en los salares tienen una elevada riqueza de especies en respuesta a la heterogeneidad espacial”*.

Esta frase no se deriva de las citas entregadas en los considerandos N° 52 a 54. No hay referencia a la cual se haga referencia, que permita sostener aquello.

Por lo demás, el concepto de *“elevada riqueza de especies”* es necesariamente comparativo. ¿En relación a que otro ecosistema acuático es elevada?, ¿Cómo se determinó la riqueza de especies?, ¿Qué análisis se realizó para concluir que es *“en respuesta a la heterogeneidad espacial”*?

No es posible responder estas preguntas con la información entregada. En mi opinión, la expresión *“elevada riqueza de especies”* es solo una frase que adorna un discurso. En consecuencia, carece de fundamento científico.

Asimismo, se lee la siguiente afirmación: *“De esta forma, la colonización de los ambientes acuáticos ubicados en estos ecosistemas es afectada de forma importante por el proceso de salinización de sus aguas”*. Esta frase no hace sino repetir lo expresado en los considerandos N° 53 y 54, sin agregar información adicional ya que usa la misma referencia bibliográfica.

9. Considerando N° 56

La totalidad de este considerando resulta desconcertante.

En primer lugar, se cita una fuente general sobre limnología (Margalef, 1983) para concluir respecto de un ecosistema particular (Salar de Llamara o uno de sus puquíos). Por tanto, a no ser que Margalef haya estudiado específicamente dicho salar, ninguna de sus conclusiones es relevante para estos efectos. Ello ignora la condición contextual de los ecosistemas, ampliamente discutida por autores más recientes (Schmitz, 2010).

Luego se argumenta que el *“lavado de suelos y la redisolución parcial de antiguas evaporitas”* afecta en parte a la biota.

Sin embargo, ello se contradice con lo expresado en los considerandos anteriores que describen a los organismos que habitan estos ecosistemas como extremófilos *“altamente resistentes”*.

10. Considerandos N° 57 a 66

Estos considerandos describen la biota microbiológica del Salar de Atacama, así como del Salar de Llamara, sobre la base de bibliografía aceptable.

11. Considerandos N° 67 a 74

En estos considerandos, se discuten problemas relativos a la falta de cumplimiento ambiental por parte de SQM. En lo particular, el texto hace mención a dos informes de SQM:

1. "Estado actual de la vegetación higromorfa, paisaje y fauna en los Puquíos de Llamara" (Anexo 2.A). Al respecto, la SMA acepta el informe lo que queda reflejado en el considerando 74.
2. "Estado actual de la biota acuática en Puquíos del Salar de Llamara" (Anexo 2.B).

Al respecto, el texto señala que hay un acuerdo técnico respecto de los criterios de la RCA N° 890/2010 (considerando 78) y que el conocimiento ha avanzado sustancialmente desde entonces (considerando 79).

Esta última aseveración presenta una serie de problemas, como ya ha sido indicado. Un análisis de las seis referencias bibliográficas entregadas en los considerandos 59 a 66 (referidas al salar de Llamara y su biota), muestra que un 50% de ellas fueron publicadas en el año 2003 y el otro 50% con posterioridad al 2010. Dentro de este último grupo, solo uno de ellos corresponde al Salar de Llamara (Rasuk et al., 2014), el otro corresponde al informe de Farías y Contreras (2013) que nunca ha sido publicado en una revista científica y el último (Fernández et al., 2016) se refiere a otra localidad cuyas características no se analizan respecto del Salar de Llamara (Laguna Tebenquiche, Salar de Atacama). La referencia a este último trabajo contradice lo dicho en este mismo documento por la SMA (considerando 35), respecto de que cada puquío constituye un ecosistema muy particular. Por tanto, no puede usarse lo publicado sobre el Salar de Atacama para hacer inferencias respecto del Salar de Llamara. Ello, además, no es consistente con el concepto de que los ecosistemas son contextuales; esto es, lo que se conoce en un ecosistema no necesariamente puede ser extrapolado a otros (Schmitz, 2010).

En términos generales, lo que se trata de presentar como consenso y evidencia científico, sólo constituye citas o referencias parciales o descontextualizadas, que no permiten inferir como lo pretende la argumentación bajo examen.

12. Considerandos N° 80 a 84

Los considerandos N° 80 a 83 son un resumen del informe de Farías y Contreras (2013). En tanto que el considerando N° 84 afirma que la SMA puede fundamentar

que *“la información disponible actualmente, permiten arribar a conclusiones que son opuestas a las que plantea SQM S.A.”*

A este respecto, se debe hacer notar que lo que la SMA hará en los siguientes considerandos es utilizar la información del Anexo 2.B para sostener conclusiones opuestas a las de SQM.

Ello carece de sustento, toda vez que esta institución luego define que las variables analizadas en el Anexo 2.B *“no corresponden a los principales y más abundantes grupos filogenéticos de los ecosistemas microbianos del Salar de Llamara”* (Considerando N° 92).

13. Considerandos N° 85 a 87

Estos párrafos describen un conjunto de variables (clorofila a, fitobentos, fitoplancton, macrozoobentos y zooplancton).

El análisis del Puquío N° 2 sugiere a la SMA que *“está cambiando la estructura y la composición de especies, a uno con mayor dominancia de diatomeas y cianobacterias”* (considerando N° 87).

Sin embargo, a no ser que se haga un análisis integrado de fitobentos, fitoplancton y elementos microbianos (en una unidad común de medida), no es posible concluir el cambio de dominancia.

Aun así, la SMA solo lo sugiere no concluye.

14. Considerando N° 88

Este considerando solo genera una hipótesis respecto de que cualquier modificación en la calidad del agua, especialmente en términos de composición iónica y elemental, podría afectar a los organismos extremófilos.

Sin embargo, solo se basa en una publicación de otro salar (Salar de Atacama). No se hace referencia alguna a literatura científica general que permita suponer lo anterior. En definitiva, no se entregan más antecedentes para avalar la hipótesis formulada.

15. Considerando N° 89

Este considerando apunta a que lo que la compañía SQM monitoreó y entregó en el Anexo 2.B no sirve para acreditar el estado de los extremófilos.

Sin embargo, dicho anexo incluye dos ítems (4 y 5) dedicados a analizar las bioevaporitas, por una parte, y los niveles de agua y conductividad eléctrica, a los que la Res.Ex.9 no hace mención. Aun cuando el Anexo 2.B establece que dicho informe fue de "evaluación rápida" (Ítem 4, pág. 9), todo su análisis indica que las bioevaporitas se encuentran en buen estado.

Por lo mismo, resulta difícil comprender la razón de no incluirlo en el análisis de la SMA, esto es, de no considerar en su integridad el contenido del informe entregado, que permitiría analizar el estado de los extremófilos.

16. Considerandos N° 90 a 92

El análisis de estos tres considerandos muestra un alto nivel de inconsistencia.

El considerando N° 90 presenta un análisis del fitobentos. Luego, en el considerando N° 91, los cambios en la concentración de nitrógeno orgánico total.

Sin embargo, en el considerando N° 92, la SMA asevera que: *"el informe en comento sólo da cuenta del análisis de diversidad de diatomeas y cianobacterias, las cuales según el estudio de caracterización de bioevaporitas realizado el año 2013 por Farías y Contreras, no corresponden a los principales y más abundantes grupos filogenéticos de los ecosistemas microbianos del Salar de Llamara"*.

Bajo tal premisa, no resulta comprensible lo analizado en los párrafos N° 90 y 91, que luego se usará para concluir en el párrafo siguiente (Considerando N° 93) respecto de la no coherencia de los cambios ecosistémicos. Vale decir, se analizan variables que según el mismo texto no serían principales, para luego elevarlas a dicha condición en una conclusión respecto del estado del ecosistema.

Lo anterior, solo muestra la incoherencia del discurso de la SMA en estos considerandos.

17. Considerando 93:

El considerando N° 93 señala que *"la interpretación del aumento en la riqueza de especies de diatomeas y cianobacterias en el bentos y columna de agua, permite señalar que no es coherente con la naturaleza de los ecosistemas extremófilos"*.

Esta afirmación carece de toda fundamentación.

En primer lugar, las referencias citadas son erróneas. A modo de ejemplo, el trabajo citado como Rasuk et al. (2015) en realidad es Rasuk et al. (2014) y se refiere a la caracterización de los organismos microbianos del Salar de Llamara. De hecho, el trabajo solo dice que la abundancia de cianobacterias es baja, sin hacer casi ningún

comentario respecto de las diatomeas. Las otras referencias (Farías et al. 2014, 2016) no fueron encontradas en el texto ni en las notas a pie de página.

En segundo lugar, existe abundante evidencia respecto a que los ecosistemas pueden presentar un comportamiento no-lineal en el tiempo, con múltiples estados estables alternativos, en los cuales la importancia de distintas especies cambia (Scheffer, 2009). En muchos casos estos cambios son cíclicos, fluctuando la importancia de las especies para luego volver al estado anterior. Así, desde la perspectiva de la teoría de ecosistemas, no existe lógica en aseverar que el potencial cambio en la abundancia de especies del Salar de Llamara "*no es coherente con la naturaleza de los ecosistemas extremófilos*". El invocar una cierta incoherencia es suponer, sin base alguna, que los ecosistemas no cambian en su estructura en el tiempo.

Por ejemplo, uno de los más documentados es el cambio de aguas claras a aguas turbias en ecosistemas acuáticos (Marín et al., 2014), donde los ecosistemas fluctúan entre una condición y la otra.

Por lo tanto, afirmar, como lo hace el considerando N° 93, que el aumento en la riqueza de especies de diatomeas y cianobacterias en el bentos y columna de agua no sería coherente con la naturaleza de los ecosistemas extremófilos, carece de toda base científica, y apunta a un equilibrio estático que en nada dice relación con su efectiva naturaleza. La propia Res.Ex.9 describe a los organismos extremófilos, en sus considerandos N° 47 a 49, en función de su alta resistencia y tolerancia a cambios en el medio

18. Considerando N° 94 y 95

El considerando N° 94, pese a todo lo argumentado respecto del anterior, tiene lógica sobre la base del acuerdo respecto de cuáles son las variables más importantes a monitorear en el Salar de Llamara (N°810/2010). El considerando N° 95 es solo una consecuencia del anterior.

19. Considerandos N° 96 y 97:

Ambos considerandos aparecen como algo simplemente especulativo. En el mejor de los casos podría describirse como una hipótesis que, sin embargo, no se deriva de los considerandos anteriores ni mucho menos puede ser puesta a prueba con la información detallada en ellos.

El texto dice: si la extracción de agua cambió la composición iónica (punto que nadie ha demostrado), entonces los microorganismos extremófilos puede afectarse negativamente (punto que tampoco ha sido validado). Así, la lógica del

considerando N° 97 es frágil por decir lo mínimo. Básicamente, la Res.Ex.9 argumenta que cambios en variables que previamente se definieron como secundarias (considerando N° 92), "*hace(n) presumir*" cambios en la calidad del agua, lo que a su vez "*podría*" provocar un riesgo sobre los organismos extremófilos.

Nuevamente estamos en presencia de una proposición hipotética cuya lógica es defectuosa, puesto que se asigna valor a aquello que antes se deshecho.

20. Considerando N° 98:

Es solo una declaración, en la que dice que no hay información de otros puquíos del Salar de Llamara. Este es un punto crítico, toda vez que la SMA está suponiendo lo que ocurre en otros puquíos del Salar de Llamara sin información directa.

Si usamos la teoría actual de ecosistemas, estos se consideran como "contextuales" (Schmitz, 2010). Vale decir, aquello que se conoce sobre un ecosistema no puede necesariamente ser extrapolado a otros ecosistemas.

21. Considerando N° 99:

Este considerando vuelve a enfatizar la lógica del considerando 97 cuando dice "*existiendo antecedentes que acreditan la ocurrencia de efectos en el Puquío N2*". Por ello, solo repite el análisis especulativo del considerando N° 93. Esto es, que los cambios presentados en el Anexo 2.B no son coherentes con ecosistemas extremófilos.

Discusión

Una de las bases más fundamentales del trabajo científico, es que todo aquello que se afirma debe ser sustentado por el conocimiento actual (Bunge, 1989). Por otra parte, la ciencia no genera verdades puesto que al interior de ella "*no existen criterios de verdad*" (Andler et al., 2011). Por tanto, lo único que la ciencia puede hacer, es proponer hipótesis y ponerlas a prueba sobre la base de experimentos, muestreos y modelos. El conocimiento es, por cierto, válido solo en la medida en que los intentos por falsearlo han fallado (Popper, 1985).

Es por ello que resulta de vital importancia revisar los fundamentos que usó la SMA para rechazar la propuesta de PDC de SQM, expresados en la Res.Ex.9. Los resultados obtenidos se basaron en analizar la validez científica de la argumentación, así como contrastar las afirmaciones de la SMA con respecto al estado actual de las teorías sobre ecosistemas, toda vez que esta organización usa este concepto como base para sus argumentos.

Basado en lo anterior, los considerandos en su conjunto presentan varios problemas que se resumen a continuación:

1. Uso erróneo de conceptos de las teorías de ecosistemas (considerandos 35, 55, 93 y 99).
2. Formulación de afirmaciones que no cuentan con fundamento empírico expresado (considerandos 46, 55 y 67 a 73).
3. Debilidad en la generación de hipótesis, sin contar con fundamentos sólidos (considerandos 36 a 38, 47 a 51, 88 y 96 a 97).
4. Referencia parcial a informes presentados por SQM (considerando 89).

Es difícil poder valorar cuál de estos cuatro problemas es el más delicado. Hasta cierto punto, los problemas 1 y 4 podrían tener solución siempre y cuando la SMA corrigiera los considerandos, especialmente, aquellos en los cuales usa las teorías de ecosistemas en forma errónea. Sin embargo, hacer afirmaciones sin fundamento empírico (problema 2) y generar hipótesis sin fundamentos sólidos (problema 3), me parece de la máxima gravedad y constituyen falencias que invalidan en forma absoluta las conclusiones a las que se pretende llegar.

Indicado lo anterior, es necesario detenerse especialmente en dos aspectos. En primer lugar, la condición actual del conocimiento respecto de los ecosistemas en general es que estos son sistemas contextuales (Schmitz, 2010). Vale decir, dos ecosistemas distintos (e. g. uno en el Salar de Atacama y otro en el Salar de Llamara) no necesariamente son estructurados por los mismos procesos. Por tanto, el conocimiento sobre uno podría no servir para ilustrar lo que ocurre en el otro.

En segundo lugar, y esto, al menos en mi concepción de la ciencia, es lo más preocupante de la Res.Ex.9, generar hipótesis sin fundamentos sólidos puede simplemente desvirtuar toda la Resolución. ¿Es una resolución de un organismo del Estado de Chile el lugar para levantar hipótesis científicas? A mi entender, no lo es, toda vez que una vez presentadas estas deberían ser contrastadas con información relevante, sometidas a juicio de pares científicos independientes y publicadas bajo estándares preestablecidos. De otra forma, no es conocimiento científico. En caso contrario, se debe ser extremadamente cuidadoso en el uso del conocimiento científico, en caso contrario, se puede llegar a formular hipótesis y conclusiones como las que estructuran la Res.Ex.9.

Conclusión

La Resolución Exenta N°9/ROL N° D-027-2016 adolece de varios errores, a saber: (a) usa de manera errónea conceptos derivados de las teorías de ecosistemas, (b) formula afirmaciones que no cuentan con un fundamento empírico, (c) genera hipótesis sin contar con fundamentos sólidos, (d) cita informes generados por SQM de manera parcial. En particular los errores de los literales b) y c) son de máxima gravedad.

Sobre esta base, es posible proponer que dicha resolución, en su conjunto, carece de fundamentos científicos para lo afirmado. En lo particular, la afirmación: "*existiendo antecedentes que acreditan la ocurrencia de efectos en el Puquío N2*" del Considerando 99 carece de fundamentos, pues no se puede derivar lógicamente de los fundamentos contenidos en los considerandos precedentes.

Estos errores tienen un carácter relevante, porque no pueden ser pura y simplemente corregidos, mediante una ampliación o complementación del contenido del documento, sino que dan cuenta de defectos en la estructura del razonamiento, que anula las conclusiones a las que pretende arribar.

Referencias

Andler, D., Fagot-Largeault, Sant-Sernin, B. (2011). Filosofía de las ciencias. Fondo de Cultura Económica, México.

Bunge, M. (1989). La investigación científica. Editorial Ariel S. A., Barcelona.

Jorgensen, S. E. (2012). Introduction to systems ecology. CRC Press, Boca Raton.

Klimovsky, G. (2005). Las desventuras del conocimiento científico. Una introducción a la epistemología. A-Z Editora, Buenos Aires.

Marín, V. H., Delgado, L. E., Vila, I., Tironi, A., Barrera, V., & C. Ibáñez (2014). Regime shifts of Cruces River wetland ecosystem: current conditions, future uncertainties. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42:160-171.

Pickett, S. T.A. & M. L. Cadenasso (2002). The ecosystem as a multidimensional concept: meaning, model and metaphor. *Ecosystems* 5:1-10.

Popper, K. R. (1985). La lógica de la investigación científica. Editorial Tecnos, Madrid.


Razuk, M.C., Kurth, D., Flores, M. R., Contreras, M., Novoa, F., Poire, D. & M. E. Farías (2014). Microbial characterization of microbial ecosystems associated to evaporites domes of gypsum in Salar de Llamara in Atacama Desert. *Micro. Ecol.* 68:483-494.

Scheffer, M. (2009). Critical transitions in nature and society. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Schmitz, O. J. (2010). Resolving ecosystem complexity. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Tansley AG. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology 16:284–307.

Tironi, A. (2012) Propuesta teórica para el análisis topológico de redes ecológicas: en la búsqueda de la resiliencia ecológica. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile, 121 pp.



Prof. Víctor H. Marín
Santiago, 23 de noviembre de 2017

Curriculum vitae: Víctor H. Marín

1. INFORMACION PERSONAL:

NOMBRE: Victor Hernán Marín Briano.
CÉDULA DE IDENTIDAD O RUN: 7.171.621-k
LUGAR y FECHA DE NACIMIENTO: Valparaíso, 14 septiembre 1955
NACIONALIDAD: chileno
ESTADO CIVIL: casado
TÍTULOS o GRADOS ACADÉMICOS: Ph.D. en oceanografía (U. de California)
CARGO ACTUAL EN LA U. DE CHILE: Profesor titular
DEPARTAMENTO: Ciencias Ecológicas
FACULTAD o INSTITUTO: Ciencias
TIPO DE JORNADA y NOMBRAMIENTO: completa, en propiedad
JERARQUÍA ACADÉMICA ACTUAL: Profesor Titular desde: 08.8.2007
DIRECCIÓN ACADÉMICA: Las Palmeras 3425, Ñuñoa
FONO: 2-2271 2978
E-MAIL: vmarin@uchile.cl

2. ESTUDIOS REALIZADOS:

2.1. ESTUDIOS SUPERIORES UNIVERSITARIOS FORMALES CONDUCENTES A GRADO, TÍTULO O DIPLOMA:

Universidad: Universidad de California, San Diego, USA
Título o Grado: Doctor of Philosophy (Ph.D.)
Disciplina: Oceanografía
Fechas de inicio/ término: Septiembre-1982/ diciembre-1986
Tesis: Distribution and life cycle of three Antarctic copepods.

Universidad: Universidad de California, San Diego, USA
Título o Grado: Master of Science (M. Sc.)
Disciplina: Oceanografía
Fechas de inicio/ término: Septiembre-1982/ diciembre-1985

Universidad: Universidad de Chile, Valparaíso
Título o Grado: Licenciado
Disciplina: Biología
Fechas de inicio/ término: Marzo-1974/ enero-1981
Tesis: Distribución a pequeña escala de los copépodos en los canales australes de Chile.

2.2. ACTIVIDADES DE PERFECCIONAMIENTO:

Brigham Young University, Provo, UTA (Sept. 2002) Modelación hidrológica de sistemas acuáticos por medio de la Interfase SMS.

Universidad de Chile, Facultad de Ciencias (enero-1997). Curso intensivo sobre análisis de datos y modelación numérica por medio de Sistemas de Información Geográfica.

Scripps Institution of Oceanography, San Diego, USA Postdoctorado (level III), Diciembre-1986/ Junio-1987. Especialización en ecología de ecosistemas marinos.

- Antarctica and Global Change. Conference delivered, by invitation, at the Annual meeting of the International Whaling Commission, Mexico 1994.
- Zooplankton antártico: perspectivas para un estudio futuro. (Conferencista invitado). Seminario Internacional Oceanografía en Antártica, Concepción, marzo 1991.

Otras distinciones

- Representante chileno en el Grupo de Expertos en Manglares (2016-presente). Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).
- Miembro grupo asesor compañía Minera Escondida (2014-2015)
- Profesor Supervisor Invitado, Doctorado en Metodología de Biomonitorio de alteraciones Ambientales, Departamento de Biología, Universidad de Trieste, Italia (2006).
- Científico invitado para elaborar la Fase I (generación de un modelo ecosistémico) del Plan Integral de Gestión ambiental del Humedal río Cruces, Valdivia (Corporación Nacional Forestal, 2006)
- Investigador invitado para preparar propuesta de investigación internacional al Sexto Programa Marco de la Unión Europea (Centro MARETEC, IST, Lisboa Portugal, 2003)
- Miembro de la Comisión Seleccionadora de becarios DAAD, Alemania. (desde 2001 - 2007).
- Científico invitado del Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung, Alemania (Julio-1987 – febrero 1988).
- Miembro invitado del Editorial Advisory Board de la revista Ecological Modelling (1996 - 2011).
- Miembro del Comité Asesor del Instituto Antártico Chileno (representante del Sr. Rector de la Universidad de Chile).
- Asesor del Ministerio de Relaciones Exteriores en materias científicas antárticas (1992-1997).
- Consultor ambiental invitado del Servicio Nacional de Pesca (desde 1998).

4. BREVE CRONOLOGÍA LABORAL:

1982- 1983	Asistente de investigación en Scripps Institution of Oceanography, University of California, San Diego.
1987-1988	Científico invitado por el director del Alfred-Wegener-Institut für Polar und Meeresforschung.
1988-1990	Académico del Instituto de Investigaciones Oceanológicas de la Universidad de Antofagasta.
1991-a la fecha	Académico del Depto. de Ciencias Ecológicas, Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile institucional del Dpto. de Ciencias Ecológicas.
2010- a la fecha	Secretario y miembro del directorio de la Fundación Centro Transdisciplinario de estudios FES-sistémicos.

5. PROYECTOS DE INVESTIGACION:

Estudio de los Ecosistemas Costeros Antárticos.
 Financiamiento: National Science foundation, USA.
 Cargo ocupado: postdoctorado.
 Años de duración: 1 (1987).

Investigación y determinación de zonas aptas para el desarrollo de proyectos acuícolas en la II región-Antofagasta.
 Financiamiento: Intendencia de la II región.
 Cargo ocupado: investigador asociado.
 Años de duración: 2 (1988-1989).

Uso y transferencias de energía en ecosistemas antárticos.
 Financiamiento: Instituto Antártico Chileno
 Cargo ocupado: co-investigador.
 Años de duración: 1 (1990).

Determinación de áreas de retención de organismos planctónicos en la zona costera de la XI Región por medio de modelación numérica de la circulación y análisis de imágenes SeaWIFS.

Financiamiento: Comité Oceanográfico Nacional

Cargo Ocupado: investigador responsable

Años de duración: 2(2003-2004)

Conservation of El Yali wetland: stakeholder's participation through interactive modelling.

Financiamiento: Fundación Alexander von Humboldt (Alemania)

Cargo ocupado: investigador responsable

Años de duración: 2(2003-2004)

Impacto de la Planta de Tratamiento La Farfana sobre la restauración del Río Mapocho:

Caracterización Ecosistémica.

Financiamiento: Aguas Andinas S.A.

Cargo ocupado: Co-investigador

Años de duración: 1(2003)

Contribución a la solución de conflictos ambientales en la gestión de humedales de Iberoamérica.

Financiamiento: CYTED (España)

Cargo ocupado: co-investigador

Años de duración: 2(2003-2004).

Procesos físico-biológicos en el subsistema pelágico de la Corriente de Humboldt: la surgencia costera como determinante de la estructura especial de mesoescala.

Financiamiento: FONDECYT 2004

Cargo ocupado: investigador responsable

Años de duración: 3 (2004-2007)

Diversidad y distribución espacial de los copépodos calanoideos epipelágicos en el área del Mar Interior de Chiloé.

Financiamiento: Comité Oceanográfico Nacional

Cargo Ocupado: investigador responsable

Años de duración: 2(2004-2005)

ECOManage: Integrated Ecological Coastal Zone Management System.

Financiamiento: Sexto Programa Marco, Unión Europea

Cargo ocupado: miembro del comité académico del proyecto

Años de duración: 3 (2004-2007)

ECOManage: Integrated Ecological Coastal Zone Management System.

Financiamiento: CONICYT/BANCO MUNDIAL (PBCT)

Cargo ocupado: Investigador Responsable

Años de duración: 2 (2006-2007)

Efectos de los cambios globales sobre los humedales de Iberoamérica.

Financiamiento: CYTED (España)

Cargo ocupado: co-investigador

Años de duración: 2(2006-2007).

Desarrollo de un modelo conceptual FES-sistémico de la arquitectura del ecosistema humedal río Cruces: valoración de hipótesis sobre perturbaciones por medio de un panel Delphi y estrategias de apoyo a las decisiones. FASE I del Plan Integral de Gestión Ambiental del Humedal río Cruces-CONAF

Financiamiento: Convención Ramsar sobre los humedales (Suiza)

Cargo ocupado: Investigador Responsable

6. DIFUSIÓN y COMUNICACIONES:

6.1. LIBROS y PUBLICACIONES PERIÓDICAS

6.1.1. LIBROS y MONOGRAFÍAS

- Bachmann P, L Delgado & V. Marín (2007) *Hacia un manejo integrado de zonas costeras en Chile: Contribuciones del proyecto ECOManage*. Salesianos Impresores S. A., Santiago, Chile. 93 pp.
- Santibáñez, F. and V. Marín (1998). *An Environmental Information and Modelling System (EIMS) for Sustainable Development. Computer Tools for sustainable management of arid and antarctic ecosystems*, Alfabeto Artes Gráficas, Santiago, 295 pp.
- Marín, V. y L. Delgado. (1998). *La Antártica*. Editorial Universitaria, Santiago, 90 pp.

6.1.2. CAPÍTULOS DE LIBROS.

- Mateus M, F. Giordano, V. H. Marín & J. Marcovecchio (2008) Coastal zone management in South America with a look at three distinct estuarine systems. In: R. Neves, J. W. Baretta and M. Mateus (Eds.). *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. Pp. 43-58
- Marín V. H. & L. E. Delgado (2008). A PHES-system approach to coastal zone management. In: R. Neves, J. W. Baretta & M. Mateus (Eds.) *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. IST Press, Lisboa, Portugal. Pp. 61- 70
- Marín, V. H., A. Tironi, M. A. Paredes, & F. Campuzano (2008) The estuarine system of the Aysén fjord. In: R. Neves, J. W. Baretta and M. Mateus (Eds.). *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. Pp. 333-339
- Campuzano, F. P. C: Leitao, M. I. Goncalvez, V. Marín & A. Tironi (2008) Hydrodynamical vertical 2D model for the Aysén fjord. In: R. Neves, J. W. Baretta and M. Mateus (Eds.). *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. Pp. 555-566.
- Campuzano, F. V. Marín, A. Tironi and P- Chambel-Leitao (2008) Ecological conceptual model for a southern Chilean fjord: The Aysén fjord case study. In: R. Neves, J. W. Baretta & M. Mateus (Eds.) *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*, IST Press, Lisboa Portugal. Pp. 567- 579.
- Delgado, L. E., V. H. Marín, A. Tironi & P. Bachmann (2008) Conceptual, PHES-system, models of the Aysén fjord: The case of salmon farming. In: R. Neves, J. W. Baretta & M. Mateus (Eds.), IST Press, Lisboa, Portugal. Pp. 581-584
- Tironi A., V. H. Marín & F. Campuzano (2008) A management tool for salmon aquaculture: integrating MOHID and GIS applications for local waste management. In: R. Neves, J. W. Baretta & M. Mateus (Eds.) *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*, IST Press, Lisboa Portugal. Pp. 585-595
- Marín, V. H., L. E. Delgado & A. Tironi (2008) The Aysén fjord tsunami of April 2007: unexpected uses of circulation models. In: R. Neves, J. W. Baretta & M. Mateus (Eds.). *Perspectives on integrated coastal zone management in South America*. IST Press, Lisboa, Portugal. Pp. 597-601
- Marín, V., L. Delgado & I. Vila (2006) *Sistemas acuáticos, ecosistemas y cuencas hidrográficas*. En I. Vila, A. Veloso, R. Schlatter & C. Ramirez (Editores), *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*, Editorial Universitaria, Santiago, Chile. Pp. 13-19
- Marín, V. H. & L. E. Delgado (2005) El manejo ecosistémico de los recursos marinos vivos: Un desafío eco-social. En: E. Figueroa (ed.) *Biodiversidad Marina: Valoración, Usos y perspectivas. ¿Hacia dónde va Chile?*, Editorial Universitaria, pp. 555-570
- Marín, V. & C. Moreno (2002) Wind driven circulation and larval dispersal: a review of its consequences in coastal benthic recruitment. In: J.C. Castilla y L. Largier (Eds.), *The Oceanography and Ecology of the Nearshore and Bays in Chile*. Ediciones Universidad Católica de Chile, pp. 47- 63.
- Escribano, R. V. Marín, P. Hidalgo and G. Olivares (2002) Physical-biological interactions in the pelagic ecosystem of the nearshore zone of the northern Humboldt current system. In: J.C. Castilla y L.

6.1.4. REVISTAS INTERNACIONALES:

- Quiñones, D., J. Caro, V. H. Marín & L. E. Delgado (2017) Manejo resiliente de cuencas forestales de Chile: La cuenca de Cayucupil (Cañete) como caso de estudio. *Boletín Nahuelbuta Natural* 1: 7- 30.
- Marín, V. H., L. E. Delgado, A. Tironi-Silva & C. M. Finlayson (2017) Exploring social-ecological complexities of Wetlands of international importance (Ramsar Sites): the Carlos Anwandter Sanctuary (Valdivia, Chile) as case study. *Wetlands*. DOI 10.1007/s13157-017-0935-z
- Marín, V. H. & L. E. Delgado (2017) Global disparity in ecological science: A complex system perspective. *Bioscience* 67:102.
- Delgado, L. E. & V. H. Marín (2017) Human well-being and historical ecosystems: The environmentalist's paradox revisited. *Bioscience* 67_5-6.
- Delgado, L. E. & V. H. Marín (2016) Well-being and the use of ecosystem services by rural households of the Río Cruces watershed, southern Chile. *Ecosystem Services* 21:81-91.
- Delgado, L. E.; M. Torres-Gómez; A. Tironi-Silva & V. H. Marín (2015) Estrategia de adaptación al cambio climático para el acceso equitativo al agua en zonas rurales de Chile. *América Latina Hoy* 69: 113-137
- Delgado, L. E. & V. H. Marín (2015) Ecosystem services: Where on earth? *Ecosystem services* 14: 24-26.
- Tironi-Silva, A.; V. H. Marín & L. E. Delgado (2014) Un modelo hidrodinámico 3D del humedal del Río Cruces: cálculo del tiempo de residencia utilizando MOHID. *Aqua-LAC* 6: 50-57
- Delgado, L.E.; A. Tironi, I. Vila, G. Verardi, C. Ibañez, B. Agüero & V. H. Marín (2014) El humedal del Río Cruces, Valdivia, Chile: una síntesis ecosistémica. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 937-949.
- Marín, V. H., L. E. Delgado, I. Vila, A. Tironi, V. Barrera & C. Ibañez (2014) Regime shifts of Cruces River wetland ecosystem: current conditions, future uncertainties. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 42: 160-171.
- Delgado, L. E., Ma. B. Sepúlveda & V. H. Marín (2013) Provision of ecosystem services by the Aysén watershed, Chilean Patagonia, to rural households. *Ecosystem Services* 5:102-109.
- Delgado, L. E. & V. H. Marín (2013) Interannual changes in the hábitat area of the black-necked swan, *Cygnus melancoryphus*, in the Carlos Anwandter Sanctuary, southern Chile: a remote sensing approach. *Wetlands* 33:91-99.
- Campuzano F. J., M. D. Mateus, P. C. Leitao, V. H. Marín, L. E. Delgado, A. Tironi, J. O. Pierini, A. F. P. Sampaio, P. Almeida & R. Neves (2013) Integrated coastal zone management in South America: A look at three contrasting systems. *Ocean & Coastal Management.* 72:22-35.
- Marín V. H. & L. E. Delgado (2013) From ecology to society and back: The (In)convenient Hypothesis Syndrome. *International Journal of Sustainable Development.* 16:46-63.
- Marín V. H., A. Tironi & M. Contreras (2013) Modelling suspended solids in a Northern Patagonia glacier-fed: GLOF scenarios under climate change conditions. *Ecological Modelling.* 264:7-16.
- Marín V. H., Rodríguez, L. C., & H. M. Niemeyer (2012) A socio-ecological model of the *Opuntia* scrublands in the Peruvian Andes. *Ecological Modelling* 227:136-146.
- Rivera-Hutinel, A., R. O. Bustamante, V. H. Marín & R. Medel (2012) effects of sampling completeness on the structure of plant-pollinator networks. *Ecology* 93:1593-1603.
- Espinoza, C. I., M. Murúa, R. O. Bustamante, V. H. Marín & R. Medel (2012) Reproductive consequences of flower damage in two contrasting hábitats: The case of *Viola portalesia* (Violaceae) in Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 85: 503-511
- Marín V. H., L. E. Delgado & A. Tironi (2010) Press release and media distort complex message. *Nature* 466:815.
- Murua, M., C. Espinoza, R. Bustamante, V. H. Marín & R. Medel (2010) Does human-induced hábitat transformation modify pollinator-mediated selection? A case study in *Viola portalesia* (Violaceae) *Oecologia* 163:153-162
- Tironi, A., V. H. Marín & F. Campuzano (2010) A management tool for assessing aquaculture environmental impacts in Chilean Patagonian fjords: integrating hydrodynamic and pellets dispersion models. *Environmental Management* 45:953-962.
- Delgado LE, Marín VH, Bachmann P, & M Torres-Gomez (2009) Conceptual models for ecosystem management through the participation of local social actors: The río Cruces wetland conflict. *Ecology and Society* 14(1): 50. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss1/art50/>

- Atkinson, A., S. B. Schnack-Schiel, P. Ward & V. Marín (1997) Regional differences in the life cycle of *Calanoides acutus* (Copepoda: Calanoida) within the Atlantic sector of the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series*. 150: 99-111
- Marín, V. (1997) A simple-biology, stage structured population model of the spring dynamics of *Calanus Chilensis* at Mejillones del Sur Bay, Chile. *Ecological Modeling*. 105: 65-82.
- Gonzalez, A. and Marín, V. (1998) Distribution and life cycle of *Calanus chilensis* and *Centropages brachiatus* (Copepoda) in Chilean coastal waters: A GIS approach. *Marine Ecology Progress Series* 165:109-117.
- Delgado, L. E.; Jaña, R.; and Marín, V. (1998) Testing hypotheses on life cycle models for Antarctic calanoid copepods, using qualitative, winter, zooplankton samples. *Polar Biology*. 20:74-76.
- Moreno, C. A.; Asencio, G.; Duarte, W. E. & Marín, V. (1998) Recruitment of *Concholepas concholepas* (Brugière) in Southern Chile and its relationship with El Niño Southern Oscillation and coastal upwelling. *Marine ecology Progress Series*. 167:171-175
- Agnew, D. J. and V. Marín (1994) Preliminary model of the krill fishery behavior in subarea 48.1. *CCAMLR Science*. 1: 71-80.
- Marín, V.; S. Espinoza and A. Fleminger (1994) Morphometric study of *Calanus chilensis* males along the Chilean coast. *Hydrobiologia* 292/293:75-80
- Marín, V. and S. Schnack-schiel (1993). The occurrence of *Rhincalanus gigas*, *Calanoides acutus*, and *Calanus propinquus* (Copepoda, Clanoidea) in late May in the area of the Antarctic Peninsula. *Polar Biol* 13:35-40.
- Marín, V.; E. Brinton and M. Huntley (1991) Depth relationships of *Euphausia superba* eggs, larvae and adults near the Antarctic Peninsula, 1986-87. *Deep Sea Research*: 1241-1249.
- Rodriguez, L; V. Marín y M. Farías (1991) Identification of an upwelling zone by remote sensing and in situ measurements. *Mejillones del Sur Bay (Antofagasta- Chile)*. *Scientia Marina*. 55(3): 467-473.
- Marín, V.; A. Mujica and P. Eberhard (1991) Chilean Krill Fishery: Analysis of the 1991 season. *SC-CAMLR-SSP/8*: 273-287.
- Huntley, M.; P. Sykes and V. Marín (1990) Biometry and trophodynamics of *Salpa thomposni* Foxton (Tunicata : Thaliacea) near the Antarctic Peninsula in Austral Summer, 1983-84. *Polar Biology* 10: 59-70
- Marín, V. (1988) Qualitative models of the life cycles of *Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, and *Rhincalanus gigas* *Polar Biology* 8: 439-446.
- Marín, V. (1988) Independent life cycles: an alternative to the asynchronism hypothesis for Antarctic calanoid copepods. *Hydrobiologia* 167/168:161-168.
- Huntley, M.; V. Marín; and F. Escritor (1987) Zooplankton grazers as transformers of ocean optics. *Journal of Marine Res.* 45:911-945.
- Marín, V. (1987) The oceanographic structure of the eastern Scotia Sea- IV. Distribution of copepod species in relation to hydrography in 1981. *Deep. Sea Res.* 34:105-121.
- Marín, V. (1986) Distribution and life cycle of three Antarctic copepods (*Calanoides acutus*, *Calanus propinquus*, and *Rhincalanus gigas*). Ph.D. Dissertation, Scripps Institution of Oceanography, University of California San Diego, 177 pp.
- Huntley, M.; P. Sykes, S. Rohan and V. Marín (1986) Chemically-mediated rejection of dinoflagellate prey by the copepods *Calanus pacificus* and *Paracalanus parvus*: mechanism, occurrence and significance. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 28:105-120.
- Marín, V. M. Huntley and O. Holm-hansen (1986). Observations at the Bransfield-Strait/Bellinghausen Sea frontal zone in April 1985. *Antarctic Journal of the United States* 19(5) : 159-152.
- Marín, V.; M. Huntley and B. Frost (1986) Measuring feeding rates of pelagic herbivores: analysis of experimental design and methods. *Marine Biology* 93:49-58.
- Marín, V. and T. Antezana (1985) Species composition and relative abundance of copepods in Chilean fjords. *Journal of Plankton res.* 7:961-966.

- Marín, V. (2009) Cuando el destino nos alcance: reflexiones sobre la hipótesis del evento climático como agente del cambio de estado del humedal del río Cruces. Espacio científico sobre el estado actual del conocimiento del humedal del río Cruces, Pontificia Universidad Católica de Santiago.
- Marín, V. H., A. Tironi, L. Delgado, M. Contreras, F. Novoa, M. Torres-Gómez & R. Garreaud (2009) Sobre la repentina desaparición del luchecillo (*Egeria densa*) del humedal costero de río Cruces: Un modelo de gatillo climático. Primer Congreso de Oceanografía Física, Meteorología y Clima, 20 Septiembre – 02 de Octubre de 2009, Concepción Chile.
- Tironi, A., V. H. Marín, F. Campuzano y L. Delgado (2006) Modelación hidrodinámica de Bahía Chacabuco: hacia un manejo integrado de zonas costeras. XV Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, 27-29 de Julio, La Serena, Chile.
- Percepción Humana y servicios ecosistémicos: una aproximación FES-sistémica. XV Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, 27-29 de Julio, La Serena, Chile.
- Altamirano, T., L. Delgado y V. Marín (2006) Modelación dinámica del flujo de nitrógeno en la sub-cuenca de Mañihuales- Aysén. XV Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, 27-29 de Julio, La Serena, Chile.
- Bachmann, P., L. Delgado y V. Marín (2006) Investigaciones ecosistémicas del Siglo XXI: el encuentro de la ecología con la sociología. El ejemplo de la cuenca del río Aysén, XI Región Chile. XV Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, 27-29 de Julio, La Serena, Chile.
- Marín, V. H. & L. E. Delgado (2006) Modelos conceptuales FES-sistémicos de la cuenca y el fiordo Aysén: una estrategia de pensamiento creativo. XV Reunión de la Sociedad de Ecología de Chile, 27-29 de Julio, La Serena, Chile.
- Tironi, A., V. H. Marín y L. E. Delgado (2006) Modelación hidrodinámica de la Bahía Chacabuco, como herramienta de gestión para el manejo integrado de zonas costeras. XXVI Congreso de Ciencias del Mar, 22 – 26 de Mayo, Iquique, Chile
- Ramírez, A. y V. Marín (2005) Sistemas Físico-Ecológico-Sociales para la caracterización y valoración del capital natural y los servicios ecosistémicos asociados al turismo de observación de la naturaleza, en la reserva Pingüino de Humboldt, zona costera de la región de Coquimbo, Chile. Primera Conferencia Internacional de Valoración Económica y Ecológica de los Servicios Ambientales, 5 – 7 Octubre, Talca.
- Cortés, M., G. Luna y V. Marín (2005) Hipometabolismo en *Pelacanoides garnotti*: un ejemplo de adaptación a la vida en cuevas. XXV Congreso de Ciencias del Mar, 16-20 Mayo, Viña del Mar, Chile.
- Marín, V., L. Delgado y C. Bull (2005) Observaciones lagrangianas de la circulación superficial en la costa chilena entre las islas Pájaros y Chañaral (29°S). XXV Congreso de Ciencias del Mar, 16-20 Mayo, Viña del Mar, Chile.
- Ramírez, A. y V. H. Marín (2005) Estudio del capital natural y los servicios ecosistémicos asociados al turismo de observación de la naturaleza, en la reserva pingüino de Humboldt, zona costera de la región de Coquimbo, Chile. XXV Congreso de Ciencias del Mar, 16-20 Mayo, Viña del Mar, Chile.
- Marín, V. & L. Delgado (2004) Circulación costera en la zona del mar interior de Chiloé y Canal moraleja: una aproximación numérica. Taller de Trabajo “Caracterización e importancia biológica de la Provincia Chilense: Primeros Pasos hacia una conservación ecorregional planificada”. Centro Ballena Azul, CONAMA, WWF, NRDC. Valdivia 11 y 12 de Noviembre de 2004.
- Marín, V. & L. Delgado (2004) 4.3 Determinación de áreas de retención de organismos planctónicos en la zona costera de la XI región por medio de modelación numérica de la circulación y análisis de imágenes SeaWiFS. Crucero Cimar 9 Fiordos Informes Preliminares, pp. 111-120; Comité Oceanográfico Nacional Chile.
- Marín, V. (2002) Análisis espacial y su aplicación a estudios de biodiversidad. El río Biobío. XI Taller Nacional de Limnología. Temuco.
- Marín, V. (2002) Conceptos y métodos para el estudio integral de los ecosistemas marinos. Foro: Desarrollo de la Oceanografía en Chile: tendencias actuales y desafíos futuros. XXII Congreso de las Ciencias del Mar. Concepción.
- Marín, V. y L. Delgado (2001) Modelos conceptuales y ecosistemas: la etapa anterior a la modelación numérica. BIOMAT III, Santiago.
- Marín, V. (1992) El rol de la ciencia en la Antártica. Seminario Antártico, CEPAL, Santiago.