

Método simple y económico para minimizar la mortalidad de aves acuáticas en piscinas de lixiviación de cobre, en el norte de Chile

Simple and economic method to minimize the mortality of aquatic birds in copper leaching pools, in northern Chile

César Chávez-Villavicencio^{1,2,*} , Elier Tabilo-Valdivieso^{1,2} & Marcelo Zepeda-Cortés³

¹Universidad Católica del Norte - Universidad La Serena. Programa de Doctorado en Biología y Ecología Aplicada. Campus Guayacán. Larrondo N°281, Coquimbo, Región de Coquimbo, Chile. Benavente N° 80, La Serena, Región de Coquimbo, Chile.

²GesNat Consultores Ambientales Spa. Carmen Quiroga N°481. Paradero 10 Balmaceda. La Serena, Región de Coquimbo, Chile.

³Superintendencia de Medio Ambiente. Teck Carmen de Andacollo. Camino a Chepiguilla s/n, Andacollo, Región de Coquimbo, Chile.

*Correspondence author: cchavez@ucn.cl

Resumen

La minería extractiva es vital para el desarrollo tecnológico en el mundo donde Chile ocupa el primer lugar como exportador mundial de cobre. Sin embargo, Esta actividad genera depósitos de relave y piscinas de emergencia con aguas extremadamente tóxicas y ácidas, que son utilizadas por numerosas especies de aves, provocando generalmente la muerte de numerosos individuos. Teck CDA diseñó e instaló sobre las piscinas de emergencia un sistema de líneas con banderines de colores suspendidos y se evaluó su efectividad como estrategia para evitar el uso de las piscinas por aves acuáticas y reducir la mortalidad. Entre los años 2011 y 2017 se ejecutó un programa de monitoreo de las aves que usan las piscinas de emergencia, piscinas claras y el embalse contiguo. Nuestros resultados indicaron que durante el período de uso de los banderines no se observó la muerte de ningún individuo de alguna especie de ave que potencialmente podría interactuar con las piscinas. Se concluye que el sistema de líneas de banderines plásticos de colores sobre las piscinas de emergencia de lixiviación de cobre, fueron efectivos evitando el uso de las piscinas tóxicas y minimizando las muertes de las aves acuáticas.

Palabras clave: Ecología Aplicada, Manejo Ambiental, Minería y Conservación, Mortalidad de Aves Acuáticas, Trampa Ecológica.

Abstract

Extractive mining is vital for technological development in the world where Chile ranks first as a world copper exporter. However, this activity generates tailings deposits and emergency pools with extremely toxic and acid waters, which are used by many species of birds, generally causing the death of numerous individuals. Teck CDA designed a system of suspended colored plastic flag lines located over the emergency pools and its effectiveness was evaluated as a strategy to avoid the use of pools by waterfowl and reduce mortality. Between 2011 and 2017 a monitoring program was implemented for the birds that use the emergency pools, clear pools and the adjacent tailing dam. Our results indicated that during the period using colored flag lines, the death of any individual of some species of bird that could potentially interact with the pools was not observed. It is concluded that the system of colored plastic flags lines over the copper leaching emergency pools, were effective in avoiding the use of toxic pools and minimizing the deaths of waterfowl.

Key words: Applied Ecology, Ecological Trap, Environmental Management, Mining and Conservation, Waterfowl Mortality.

Los productos derivados de la minería extractiva en las sociedades modernas son fundamentales para el desarrollo tecnológico y su aplicación involucra desde la fabricación de aviones a la microelectrónica (Azapagic, 2004; Kossoff *et al.*, 2014). En Chile, la minería es sin duda la actividad económica más relevante y está dominada por la extracción de Cobre, que ha convertido al país en el primer exportador mundial (Villarino, 2015; Hernández, 2016). Esta actividad requiere la construcción de embalses de relaves de tamaño variable, alcanzando en algunos casos tamaños considerables (>100 ha). Estos embalses atraen una cantidad considerable de aves acuáticas, alguna de las cuales los utilizan de manera

permanente (Read, 1999; Calabrán, 2009; Páez 2013). Adicional a estos embalses, la actividad minera requiere la construcción de piscinas de emergencia, en donde confluye y se almacenan los productos de la lixiviación de óxidos de cobre. Estas piscinas de emergencia con desechos líquidos, altamente tóxicos y de alta acidez, también son utilizados por algunas aves acuáticas provocándoles la muerte por intoxicación (Read, 1999), lo que convierte a estas piscinas en trampas ecológicas que producen extinción local de fauna (Battin, 2004), si no es manejado adecuadamente.

En Chile, se desconoce la cantidad de aves que utilizan las piscinas de emergencia y el nivel de mortalidad que alcanzan las poblaciones de aves acuáticas que las utilizan. Sin embargo, Angloamerican Chile realizó un estudio para determinar las causas de muertes de patos en el año 2005 en la zona del tranque de relave Las Tórtolas (Región

Received: November 6, 2017
Accepted: May 11, 2018
Published online: June 1, 2018

Metropolitana de Santiago) y en otros humedales de la zona, sin determinar la causa (Calabrán, 2009). Aunque la mortalidad de aves disminuyó significativamente durante el año 2007, contabilizándose 180 muertes contra 1091 el año anterior, desde abril de 2007 hasta fin de año sólo se encontraron 3 aves muertas, para un total de 1247 patos contados (Calabrán, 2009). Por otro lado, la compañía minera Teck Carmen de Andacollo (Teck-CDA) entre la última semana de noviembre y la primera de diciembre de 2010, informó a las autoridades ambientales de Chile sobre la muerte de 65 individuos de Gaviota de Franklin (*Leucophaeus pipixcan* Wagler, 1831) en una piscina de emergencia al norte del conjunto de piscinas de emergencia de la faena. La protección de esta especie y otras que pudieran verse afectadas, fue determinante para que Teck-CDA desarrolle un sistema que sea efectivo para disuadir a las aves con respecto al uso de estas piscinas y evitar la mortalidad.

A pesar de que los sistemas de disuasión de aves existentes en el mercado (lanzadores pirotécnicos y sistemas de sonido) no siempre son efectivos debido a que las aves suelen acostumbrarse (Stickley *et al.*, 1995), se diseñó un sistema de líneas paralelas de banderines de colores sobre las piscinas de emergencia, esperando que el movimiento de los mismos por acción del viento, funcionara como elemento disuasivo para las aves. En consecuencia, si el sistema de banderines de colores colocados en líneas paralelas sobre las piscinas de emergencia disuade a las aves acuáticas del uso de estos cuerpos de agua tóxicos, entonces, no se debe registrar eventos de mortalidad de aves en las piscinas de emergencia de la operación minera de Teck-CDA. El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad de este sistema de banderines, simple y económico, como método para minimizar las muertes de aves acuáticas en aguas ácidas de piscinas de lixiviación de cobre.

El problema

La operación minera de Teck-CDA se ubica en la comuna de Andacollo, provincia de Elqui, Región de Coquimbo, en el centro norte de Chile ($30^{\circ}15'4''S$, $71^{\circ}5'3''O$). Producto de la extracción de cobre por lixiviación, entre 1996 y 2006 existían cinco piscinas de emergencia (agua ácida) permanentes y pozas de agua ácida temporales. Actualmente existen siete piscinas de emergencia permanente que en total suman tres hectáreas y hasta el 2013 algunas pozas temporales que permanecieron activas dos o tres meses. Adicionalmente, dentro de la operación minera, existen piscinas claras, llamadas así por contener aguas que no son ácidas y se encuentran aptas para riego de áreas verdes. A partir de enero de 2011, producto de la extracción hipógena de cobre, se comenzó a formar un embalse o depósito de relave, el cual presenta en la actualidad una configuración de humedal y dista 800 m de las piscinas de emergencia. En sus inicios, el cuerpo de agua presentó una superficie de 60 ha y 13 ha de sedimento aproximadamente. En diciembre de 2016, el cuerpo de agua presentó 76 ha mientras que el sedimento alcanzó las 177 ha (Fig. 1). Análisis químicos del agua del embalse de Teck-

CDA indican que es apta para riego (SWS, 2011) y no representa peligro para las especies de aves acuáticas que lo habitan.

Solución: Sistema de banderines

Después de la muerte de las 65 Gaviotas de Franklin entre noviembre y diciembre de 2010, se realizó una búsqueda bibliográfica de situaciones similares y posibles sistemas de disuasión, sin embargo, los escasos reportes de sistemas de disuasión presentados en la literatura resultaron tener costos elevados.

Para minimizar las muertes de aves acuáticas en aguas ácidas de piscinas de lixiviación de cobre, se implementó un sistema simple y económico consistente en líneas de banderines de plástico de diferentes colores separados 50 cm cada banderín. Los banderines tuvieron formas rectangulares (30 x 15 cm de lado) y triangulares (30 cm de lado x 15 cm de base). En cada piscina de emergencia se colocó líneas de banderines en paralelo separados de 6 a 10 m entre sí sin seguir un patrón definido (Fig. 2), dependiendo del tamaño de la piscina y bajo un presupuesto establecido. Las líneas de banderines se colocaron la segunda semana de diciembre de 2010, una semana después de haber registrado la muerte de cinco Gaviotas de Franklin en una de las piscinas de emergencia. Después de colocar las líneas de

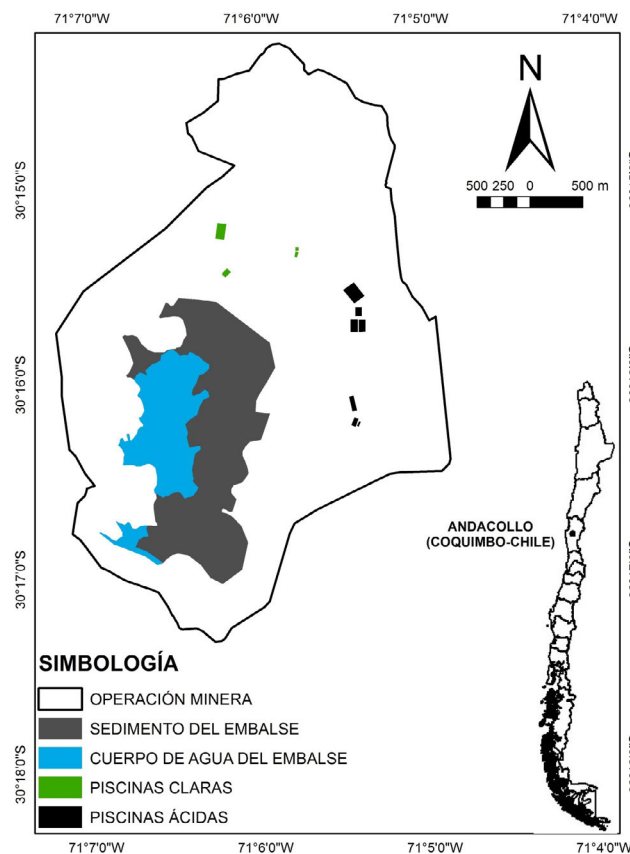


Figura 1: Configuración de las piscinas de emergencia (piscinas ácidas), piscinas claras y embalse dentro de la operación minera de Teck-CDA. / Configuration of the emergency pools (acidic pools), clear pools and tailings dams within the Teck-CDA mining operation.



Figura 2: Sistema de línea de banderines sobre una de las piscinas de emergencia de la operación minera de Teck-CDA. / Flag line system on one of the emergency pools of the Teck-CDA mining operation.

banderines, se instruyó al personal de la empresa a reportar la presencia de aves acuáticas en cuanto sean detectadas, vivas o muertas, en las piscinas de emergencia y en los alrededores dentro de los límites de la faena. Paralelamente, se inició un programa de monitoreo de aves que hagan uso tanto de las piscinas con banderines, piscinas claras, así como del embalse contiguo. Este monitoreo se efectuó entre septiembre y enero de cada año desde el 2011 hasta el 2017, con un esfuerzo de muestreo de 34 visitas. Se evaluó en este período por ser la época de inmigración de la Gaviotas de Franklin y otras especies de aves migratorias que se unen a las aves residentes del embalse.

Resultados y discusión

Después de instalar las líneas de banderines sobre las piscinas de emergencia, no se registró uso de estos cuerpos de agua por parte de alguna especie de ave. Tampoco se registró la muerte de ningún individuo, ni en las piscinas de emergencia ni en los alrededores dentro de la faena. Sin embargo, en el cuerpo de agua del embalse aledaño se registró la presencia permanente de ocho especies de aves (Tabla 1) que potencialmente pudieron usar las piscinas de emergencia.

En octubre de 2011, se dio cuenta de la muerte de un Pato Jergón Grande al interior de una de las pozas de aguas ácidas temporales de 1.60 ha ($30^{\circ}14'55''S/71^{\circ} 5'30''O$). Esta poza se ubicó a 835 m de la piscina clara más cercana, 1110 m de la piscina de emergencia donde murieron las Gaviotas de Franklin y 1700 m del embalse. Durante el periodo de evaluación desde la colocación de los banderines en las

piscinas de emergencia, este fue el único hecho de muerte de un ave reportado al interior de la operación minera.

Después de seis años de evaluación, el sistema de líneas de banderines sobre las piscinas de emergencia fue 100% efectivo. Este sistema probado en Teck CDA contrasta fuertemente con el sistema de faro rotatorio intermitente probado en piscinas de aguas limpias y tóxicas de la mina Olympic Dam de Australia donde las tasas de mortalidad se redujeron a un sexto de sus niveles más bajos en el segundo año de funcionamiento del sistema de disuasión, lo que representó 15 muertes de aves (Read, 1999). En el caso del tranque de relaves Las Tórtolas de la Región Metropolitana de Santiago, no se reporta el uso de disuasivos y aunque disminuyó la mortalidad (Calabrán, 2009), se desconoce si se continuaron los conteos de ejemplares muertos.

La mina El Tesoro ubicada en la región de Antofagasta (Chile) implementó estructuras disuasivas en el año 2009 (mallas perimetrales de fibra de vidrio de 1,5 m de altura y dispositivos sonoros ahuyenta-aves) para evitar el acercamiento y caída de aves silvestres en las piscinas. Hasta el año 2014 la Superintendencia del medio Ambiente de esta empresa no reportó muertes o interacción entre piscinas y aves (SMA, 2014). Posterior a esta información, no se encontró reportes de mortalidad para esta operación minera, en todo caso, los costos del sistema empleado por El Tesoro parecen superiores a los costos de Teck-CDA que obtuvo la misma efectividad en el mismo periodo de tiempo.

Aunque el diseño del estudio no contó con controles, y no se pretende presentar el evento ocurrido en octubre de 2011 (muerte de un Pato Jergón Grande en una poza

Tabla 1. Relación de especies registradas en el embalse de la operación minera de Teck-CDA. M.A.R.= Mayor abundancia registrada durante el estudio. / List of species recorded in the tailings dams of the Teck-CDA mining operation. M.A.R.= Greater abundance recorded during the studio.

Orden	Familia	Especie	Nombre común (M.A.R.)
ANSERIFORMES	Anatidae	<i>Anas flavirostris</i> (Vieillot, 1816)	Pato jergón chico (5)
		<i>Anas georgica</i> (Gmelin, 1789)	Pato jergón grande (36)
		<i>Oxyura vitatta</i> (Philippi, 1860)	Pato rana de pico delgado (22)
PODICIPEDIFORMES	Podicipedidae	<i>Podilymbus podiceps</i> (Linnaeus, 1758)	Picurio (4)
		<i>Podiceps occipitalis</i> (Linnaeus, 1758)	Blanquillo (8)
GRUIFORMES	Rallidae	<i>Fulica armillata</i> (Vieillot, 1817)	Tagua común (11)
	Lariidae	<i>Leucophaeus pipixcan</i> (Wagler, 1831)	Gaviota de Franklin (6)
PELECANIFORMES	Ardeidae	<i>Ardea alba</i> (Linnaeus, 1758)	Garza blanca grande (1)

temporal) como tal, al menos, podría considerarse como un indicador de la efectividad del sistema de líneas de banderines de colores sobre las piscinas de emergencia. Como complemento, se puede hacer alusión a que en las piscinas de Olympic Dam, el Zambullidor de Tasmania (*Poliiocephalus poliocephalus* Jardine & Selby, 1827) registró cuatro individuos muertos (Read, 1999). En contraste, en Teck-CDA las especies Picurio (*Podilymbus podiceps* Linnaeus, 1758) y Blanquillo (*Podiceps occipitalis* Linnaeus, 1758) son zambullidores presentes en el cuerpo de agua del embalse cercano a las piscinas de emergencia que potencialmente pudieron acceder a las piscinas con aguas ácidas, sin embargo, nunca se registró la presencia o muerte de estas especies en las piscinas de emergencia.

Los anátidos, rállidos y podicipédidos, normalmente ingresan al agua cuando están amenazados. Este comportamiento explicó la mayoría de las muertes en Olympic Dam por lo que se recomendó hacer más atractivos los humedales limpios cercanos a zonas industriales que generan cuerpos de aguas tóxicas, para evitar la mortalidad (Read, 1999). Como medida complementaria al sistema de banderines de colores de Teck-CDA, se podría aplicar este principio de "humedal atractivo" al embalse para evitar que las aves acuáticas se desplacen hacia las piscinas de emergencia y mueran.

La efectividad del sistema de líneas de banderines de colores probablemente radica en el movimiento que genera el aire, haciendo a estas piscinas de emergencia menos atractivas para las aves. Por otro lado, la conformación de líneas rectas podría hacer que las aves acuáticas, posibles usuarias de estos cuerpos de agua, no encuentren las señales de comportamiento social o ambiental que hace que las piscinas de emergencia no sean seleccionadas como hábitat adecuado (Gawlik & Crozier, 2007).

Debido a que los patos que se alimentan en un cuerpo de agua atraen a otros patos (son específicos) que se encuentran en vuelo (Pöysä, 1991), otra medida a tener en cuenta es la colocación de "patos señuelo" para mejorar la atracción del embalse a las aves acuáticas, lo que serviría como complemento y ayuda a las aves acuáticas residentes del embalse. Existen señales de comportamiento social como presencia de otras bandadas de aves en el cuerpo de

agua y ambientales como profundidad del cuerpo de agua, importantes para entender las señales que emplean las aves para seleccionar su hábitat (Gawlik & Crozier, 2007).

Las líneas de banderines colocados sobre las piscinas de emergencia están evitando el funcionamiento de estas como "trampa ecológica" al evitar que las aves acuáticas las seleccionen como hábitat de calidad y mueran. Battin (2004), sugiere que en la mayoría de las circunstancias, la presencia de una trampa en un paisaje conducirá a la extinción a la población local, y esto es lo que se pretende evitar. Estudios empíricos, casi todos de aves, sugieren la existencia de trampas y las dificultades para reconocerlas en el campo. La evidencia de trampas ecológicas principalmente se encuentra en hábitats modificados por actividades humanas, por lo tanto, es importante identificar las trampas y diferenciarlas de los sumideros (Battin, 2004) para alcanzar un equilibrio amigable entre los proyectos de desarrollo que involucran la generación de residuos tóxicos y la vida silvestre. Dadas las consecuencias generalmente fatales de las trampas ecológicas, es importante incorporar en la planificación de la conservación una comprensión explícita de la relación entre la selección del hábitat y la calidad del hábitat (Battin, 2004). Las gaviotas de Franklin que murieron en las piscinas de emergencia las habrían seleccionado por presentarse como hábitat de calidad de acuerdo a sus propias señales de selección, sin embargo, la acidez y toxicidad no detectada por esta especie les significó la muerte. Por lo tanto, lograr que estas piscinas no sean atractivas para las aves acuáticas será fundamental para la conservación evitando los conflictos entre la minería y la fauna.

Conclusiones finales

El sistema de líneas de banderines plásticos de colores sobre las piscinas de emergencia de lixiviación de cobre, fueron efectivos durante el periodo de estudio, para disuadir a las aves acuáticas de usarlas como hábitat, lo que evitó su muerte por la acidez del agua reduciendo el efecto de trampa ecológica. Aunque normalmente las empresas mineras evitan reportar este tipo de incidentes, se recomienda que otras operaciones mineras instauren este

tipo de sistemas de disuasión en sus piscinas de emergencia para evitar la muerte de aves acuáticas bajo un sistema de monitoreo permanente para evaluar la efectividad en diferentes ambientes y contribuir a la conservación de la vida silvestre en Chile.

Agradecimientos

A la compañía minera Teck Carmen de Andacollo por permitir el uso de sus datos ambientales y el acceso a sus instalaciones para realizar este estudio.

REFERENCIAS

- Azapagic, A. 2004. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. *Journal of Cleaner Production* 12: 639-662.
- Battin, J. 2004. When good animals love bad habitats: Ecological traps and the conservation of animal populations. *Conservation Biology* 18: 1482-1491.
- Calabrán, R. 2009. Evaluación de riesgo ambiental del tranque de relave Las Tórtolas ubicado en la comuna de Colina, región Metropolitana de Santiago. Memoria para optar al título profesional de geógrafo. Universidad de Chile, Santiago, Chile
- Gawlik, D.E., Crozier, G.E. 2007. A test of cues affecting habitat selection by wading birds. *The Auk* 124(3): 1075-1082.
- Hernández, D. 2016. La Minería del Cobre, presente y futuro. Curso de Minería para Periodistas. Sociedad Nacional de Minería. Santiago, Chile.
- Kossoff, D., Dubbin, W.E., Alfredsson, M., Edwards, S.J., Macklin, M.G., Hudson-Edwards, K.A. 2014. Mine tailings dams: Characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Applied Geochemistry* 51: 229-245.
- Páez, M. 2009. Dinámica temporal de una comunidad de aves acuáticas en el tranque de relaves ovejería al interior de un área industrial minera al norte de la región Metropolitana. Proyecto de grado presentado como parte de los requisitos para optar al grado de Magíster en Áreas Silvestres y Conservación de la Naturaleza. Universidad de Chile.
- Pöysä, H. 1991. Effects of predation risk and patch quality on the formation and attractiveness of foraging groups of teal, *Anas crecca*. *Animal Behaviour* 41: 285-294.
- Read, J.L. 1999. A strategy for minimizing waterfowl deaths on toxic waterbodies. *Journal of Applied Ecology* 36: 345-350.
- SWS. 2011. Muestreo, comparación y análisis de aguas para riego de caminos internos del depósito de relaves de la Compañía Minera Teck Carmen de Andacollo. Schulemberg Water Services.
- Stickley, A.R., Mott, D.F., King, J.O. 1995. Short-term effects of an inflatable effigy on cormorants at catfish farms. *Wildlife Society Bulletin* 23: 73-77.
- Superintendencia del Medio Ambiente (SMA). 2014. Informe de fiscalización ambiental. Inspección ambiental El Tesoro DFZ-2014-110-II-RCA-IA. Santiago, Chile.
- Villarino, J. 2015. Minería en Chile. Principales desafíos y oportunidades. III Latin American Mining & Metals Tax Forum. 25-26 de mayo. Santiago, Chile.