

# Minería *versus* conservación de servicios ecosistémicos: el caso de Sierra La Laguna

## Mining versus conservation of ecosystem services: the case of Sierra La Laguna

PALOMA ORTEGA-ARRIAGA\*

CARLOS ANDRÉS LÓPEZ MORALES\*\*

KARINA CABALLERO GÜENDULAIN\*\*\*

ALFREDO ORTEGA-RUBIO\*\*\*\*

### *Abstract*

*We present an economic assessment of the loss of ecosystem services associated with the operation of an open pit mining project in the “Sierra La Laguna” Biosphere Reserve. The mining project would offer immense economic benefit concentrated in a few agents outside the country, whilst generating substantial environmental costs in Mexico for several generations. This shows that in mining valuations, it is essential to consider environmental costs. The valuation of ecosystem services must support decision-making which is crucial to politically install the debate on the environmental liabilities generated by the activity.*

**Keywords:** *economic assessment, ecosystem services, mining, Biosphere Reserve, Baja California Sur.*

### **Resumen**

Se ofrece una valoración económica de la pérdida de servicios ecosistémicos asociada a la operación de un proyecto minero a tajo abierto en la Reserva de la Biósfera Sierra La Laguna, que dejaría un inmenso beneficio económico concentrado en pocos agentes fuera del país, a cambio de costos ambientales sustanciales en México durante varias generaciones, evidencia de que en las estimaciones de la minería es indispensable considerar los costos ambientales. La valoración de servicios ecosistémicos debe soportar la toma de decisiones, que es muy importante para instalar políticamente el debate de los pasivos ambientales que genera la actividad.

**Palabras clave:** valoración económica, servicios ecosistémicos, minería, Reserva de la Biósfera, Baja California Sur.

\* Imperial College London, correo-e: [po416@ic.ac.uk](mailto:po416@ic.ac.uk)

\*\* El Colegio de México, correo-e: [calopez@colmex.mx](mailto:calopez@colmex.mx)

\*\*\* Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México, correo-e: [karinacg@unam.mx](mailto:karinacg@unam.mx)

\*\*\*\* Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C., correo-e: [aortega@cibnor.mx](mailto:aortega@cibnor.mx)

## Introducción

En los últimos tres sexenios ha sido significativa la cantidad de concesiones mineras otorgadas a empresas, especialmente extranjeras, para desarrollar minería a tajo abierto en territorio mexicano: para 2010, 28% del territorio nacional se encontraba concesionado (Armendáriz Villegas *et al.*, 2015). Si ello es notable, resultan agraviantes las condiciones en las cuales se han otorgado esas concesiones:

- a) El desarrollo de estas concesiones lleva prevalencia, a nivel constitucional, sobre cualquier otra actividad que se esté desarrollando en los polígonos concesionados (Ortega-Rubio y Romero-Schmidt, 2013).
- b) Según cálculos de la Auditoría Superior de la Federación (ASF), de 2008 a 2013 los ingresos federales por el cobro de derechos derivados de la actividad minera representaron únicamente 0.6% del valor de la producción minera total durante ese periodo (Armendáriz Villegas, 2016; Ramírez, 2015). Asimismo, los derechos mineros establecidos desde 2013 a la actividad minera han contribuido poco a los ingresos generados para el país (Cravioto, 2019).
- c) En enero de 2014 la ley cambió y las empresas deben pagar por el cobro del derecho especial sobre minería 7.5% de las utilidades declaradas (Armendáriz Villegas, 2016; CEFEP, 2018). No obstante, según Cravioto (2019), esto permite la evasión fiscal debido a la confidencialidad de los reportes productivos entregados por los concesionarios a la Secretaría de Economía. Además, las empresas mineras pueden llegar a recibir devoluciones fiscales casi equivalentes al pago del Impuesto Sobre la Renta (ISR) que realizan. Por ejemplo, en 2017, el fisco devolvió a la industria minera 83% del monto recaudado por ISR mediante devoluciones del Impuesto al Valor Agregado y del Impuesto Especial sobre la Producción y Servicios (IEPS) (Cravioto, 2019).

Además de las implicaciones económicas debidas a una legislación laxa y permisiva sobre la explotación de recursos naturales no renovables, como el oro y la plata, la actividad minera conlleva otras agravantes, cuya expresión económica no ha sido determinada aún (Ortega-Rubio y Romero-Schmidt, 2013), como las siguientes:

- a) El costo económico de la remediación de los pasivos ambientales que dejan las empresas después de 10 años de extracción. Sin acciones de remediación, tales pasivos quedan contaminando por

cientos de años a toda la región afectada por los residuos tóxicos generados.

- b) Las potenciales implicaciones para la salud de los habitantes, por generaciones, en toda la superficie donde impactarán los residuos tóxicos de la mina, incluyendo acuíferos.
- c) La pérdida de los servicios ecosistémicos en la región desmontada y en toda la región afectada por los residuos tóxicos.

En este trabajo se ofrece una valoración económica de la pérdida de algunos de los servicios ecosistémicos debido al establecimiento de un nuevo proyecto de desarrollo minero a tajo abierto, cuya operación en un área natural protegida (ANP) en Baja California Sur (BCS) ya ha sido avalada por las autoridades ambientales federales, pero que no cuenta con el aval municipal, en virtud de que el municipio de La Paz no ha autorizado el cambio de uso de suelo en esa región. Se trata del proyecto conocido como “Los Cardones”, en la Reserva de la Biósfera Sierra La Laguna (Rebiosla), en el estado mencionado.

La elección de este caso se justifica en la importancia que tiene la Rebiosla para BCS y por la magnitud de los daños asociados a la explotación minera en la zona, a pesar de que desde 1994 es reserva de la biósfera, una de las primeras del país (Ortega-Rubio y Romero-Schmidt, 2013). Así, este caso es fiel reflejo de uno de los mayores desafíos ambientales que enfrentan las ANP en México: el cambio de uso de suelo.

Las ANP representan un instrumento de política territorial para la conservación y protección de los ecosistemas y la biodiversidad en México. La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (Conanp) las define como:

Porciones terrestres o acuáticas del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido sustancialmente alterado o bien, son áreas que requieren ser preservadas y restauradas y que proveen una serie de beneficios y servicios ambientales a la sociedad (Conanp, 2013: 12).

La Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat) autorizó la operación de la mina en 2014; sin embargo, en la actualidad el proyecto está detenido porque aproximadamente 60% de su polígono se ubica en un área clasificada, por el Plan de Desarrollo Urbano (PDU) de La Paz, como zona de Protección Ecológica de Aprovechamiento, por lo que la empresa desarrolladora ha intentado, desde entonces, que el PDU decreta esta zona apta para proyectos industriales, lo que implica cambiar el uso de suelo actual de conservación para habilitar la explotación de oro en mina de tajo abierto (CSRM, 2014a; León, 2015).

De acuerdo con el Programa de Manejo de la Rebiosla (Conanp, 2003), ésta se ubica entre la cuenca hidrológica de Arroyo Caracol-Arroyo Candelaria, perteneciente a la Región Hidrológica 3 (RH3), y La Paz-Cabo San Lucas, correspondiente a la RH6. La zona que abarca la mina de “Los Cardones” se localiza principalmente en la RH3 Baja California Suroeste, que comprende una extensión territorial de 29,722 km<sup>2</sup>, con 362 hm<sup>3</sup> al año de escurrimiento natural medio superficial y está dividida en 15 cuencas hidrológicas (Conagua, 2015).

La precipitación normal anual (estimada en el periodo 1981-2010) de BCS es de 222 mm; si bien BCS presenta niveles de precipitación por debajo de los del país (740 mm), en la parte sur del estado puede precipitar entre 201 y 400 mm y, particularmente en la región de Sierra La Laguna, se han registrado niveles entre 401 y 600 mm (Conagua, s.f.).

Con relación a la Rebiosla, Flores López (2009) especifica que Sierra La Laguna es de gran importancia para el estado, al ser una de las principales fuentes de escurrimientos superficiales. Los resultados de su estudio revelan que la precipitación promedio anual en la Rebiosla es de 391 mm, y que se han registrado niveles de hasta 683 mm en la estación climatológica de Sierra La Laguna (Flores López, 2009). Debido a que la presencia de aguas superficiales es escasa en BCS, la fuente predominante de las extracciones para usos económicos es subterránea en prácticamente toda la península (Conagua, 2015). La autorización del proyecto de minería a tajo abierto “Los Cardones” por la Semarnat representa una amenaza a la captación de agua en la Rebiosla y, por lo tanto, en la provisión de agua a los habitantes del estado.

El objetivo de este estudio es valorar económicamente algunos servicios ecosistémicos que están en riesgo de perderse en caso de que se lleve a cabo el proyecto minero “Los Cardones” en la Rebiosla.

## **1. Materiales y métodos**

### ***1.1. Área de estudio***

La Rebiosla se localiza entre los municipios de La Paz y Los Cabos, en BCS. Abarca una extensión de 112,437 hectáreas (Conabio-INE, 1995). En ella viven más de 400 personas (Conanp, 2019). En 1994 se declaró como ANP y desde 2003 forma parte de la red de 651 reservas del Programa el Hombre y la Biósfera de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2018). Además, por su alta biodiversidad, la Rebiosla es una de las 152 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) designadas por la Conabio (2012).

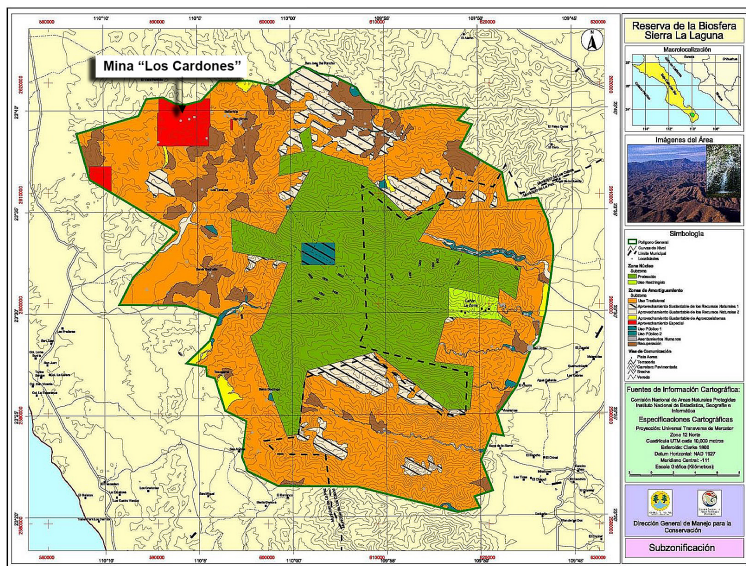
Arriaga Cabrera y Ortega-Rubio (1988) establecen las principales características ecosistémicas de la zona: posee la mayor diversidad biológica de todo el estado, presenta un alto grado de endemismo, contiene uno de los acuíferos más grandes de la región, comprende el único bosque de pino y encino de la entidad y tiene la única selva seca de la península de BCS. Asimismo, la Rebiosla es el principal sitio de recarga de los acuíferos de la región. Por tanto, la conservación de sus ecosistemas es importante para garantizar la principal fuente de suministro de agua para los municipios de La Paz y Los Cabos, que constituyen la zona económica más productiva de BCS. A pesar de ser una de las reservas de la biósfera con menor población dentro de sus límites, miles de habitantes de la península de Baja California dependen directa e indirectamente de los servicios ecosistémicos que ésta presta (Arriaga Cabrera y Ortega-Rubio, 1988).

La mayor amenaza actual para la Rebiosla es el proyecto minero “Los Cardones”, que originalmente tuvo el nombre “Paredones Amarillos” y luego fue conocido como “Concordia” (Romero-Schmidt y Ortega-Rubio, 2012). En 2014, la Semarnat le concedió a Desarrollos Zapal el permiso ambiental para poder extraer oro de la Rebiosla. La empresa no ha podido iniciar el proyecto, ya que requiere que el municipio de La Paz autorice el cambio de uso de suelo en la Reserva, el cual fue negado en 2018. Los predios donde se planeaba realizar la mina fueron asignados a Conanp, pero Desarrollos Zapal presentó un juicio de amparo para recuperarlos, el cual está actualmente en proceso (Defiende La Sierra, 2014; Medina, 2019). Aun cuando el proyecto no se ha podido iniciar, es importante valorar económicamente los costos ambientales que representaría la eventual explotación minera para BCS, en caso de autorizarse el cambio de uso de suelo en la Rebiosla.

El proyecto “Los Cardones” implicaría la extracción de oro a cielo abierto, ocupando directamente 400 hectáreas de la zona de amortiguamiento de la Reserva (figura 1). El proyecto estima que la mina tenga una vida útil de 10 años, periodo en el que se extraerán alrededor de 40 toneladas de oro (Defiende La Sierra, 2014; Desarrollos Zapal, 2013). Según cálculos de la misma empresa, se producirán tres toneladas de residuos materiales por cada gramo de oro obtenido. Es decir, que, en promedio, diariamente se producirían 47 millones de kilogramos de piedra de desecho, lo cual equivaldría a 179 millones de toneladas de desecho durante los 10 años de operación de la mina. Además, la operación de la mina generaría un cráter de 76.20 hectáreas dentro de la Rebiosla (Defiende La Sierra, 2014).

De acuerdo con Arriaga Cabrera y Ortega-Rubio (1988), los servicios hidrológicos de la Rebiosla son de importancia elevada, pues en la Reserva ocurre la mayor precipitación en el estado. Esta captura de agua contribuye

**Figura 1**  
**Zonificación de la Rebiosla mostrando la ubicación del proyecto**  
**“Los Cardones”**



Fuente: Conanp (2003).

a la recarga de los acuíferos de los que depende 70% de la población de BCS (INE, 2012). Diversas organizaciones ambientalistas han advertido sobre los desechos contaminantes que se producirían con la actividad de la mina “Los Cardones”. Niparajá, por ejemplo, estima que arrojaría 179 millones de toneladas de roca fracturada y estéril, otros 56 millones de toneladas de roca procesada y contaminada con cianuro, además de más de 93,412 toneladas de arsénico liberadas a los mantos freáticos (Niparajá, 2013). Por su parte, el Centro Mexicano de Derecho Ambiental ha considerado como “ilegal”, “delirante” y “omiso” el actuar de las autoridades ambientales federales que autorizaron, en 2014, este proyecto minero (Reynoso y Tinoco, 2015).

Además de los impactos en materia hídrica, de contaminación y ambientales, las afectaciones sociales y económicas incidirán en productores y agricultores de la región, quienes temen la contaminación de sus cosechas a causa del arsénico y otros metales pesados en los mantos freáticos, por lo que su producción se vería afectada tanto para el consumo local como para el comercio de exportación (Reynoso y Tinoco, 2015).

## 1.2. Valoración económica

Los principales aspectos por considerar en la determinación del capital natural en “Los Cardones” tienen que ver con los servicios hidrológicos y con la cobertura vegetal de la zona, que se verían afectados por el cambio de uso de suelo asociado al proyecto minero.

Con base en la metodología del INECC (2014) para cuantificar los daños ambientales derivados del derrame de Buenavista del Cobre, S.A., en Sonora, se estimó el costo económico que significaría la afectación del volumen de agua concesionado para los acuíferos de “El Carrizal” y de “La Paz”. Una vez que éstos sean contaminados, tanto por la natural erosión de los 179 millones de toneladas de rocas molidas ricas en arsénico acumuladas en las “tepetateras” (o los residuos de tierra y escombros altamente tóxicos que suelen abandonarse en la superficie del terreno), como por las infiltraciones hacia el subsuelo de la presa de jales saturada de arsénico, cianuro y metales pesados. Las presas de jales son embalses que almacenan residuos sólidos y líquidos derivados de la separación y concentración de minerales (Cruz Falcón, s.f.; Romero-Schmidt y Ortega-Rubio, 2012).

Para estimar dicho costo económico, los coautores de este trabajo procedimos a multiplicar el pago de derechos del agua, determinado en el artículo 223 de la Ley Federal de Derechos (LFD), por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por el volumen concesionado en estos dos acuíferos, según la zona de disponibilidad a la que corresponden (cuadro 1):

**Cuadro 1**  
**Pago de derechos de agua (m<sup>3</sup>)**

<i>Zona de disponibilidad</i>	<i>Aguas superficiales</i>	<i>Aguas subterráneas</i>
1	\$ 16.9649	\$ 22.8597
2	\$ 7.8102	\$ 8.8485
3	\$ 2.5609	\$ 3.0811
4	\$ 1.9582	\$ 2.2396

Fuente: elaboración propia con base en el artículo 223 del *DOF* (2020).

Otros efectos ambientales considerados fueron la superficie afectada por el establecimiento de la planta desalinizadora en la costa del estado y la vegetación que será arrasada durante la operación de esta minera. Para determinar el valor económico de estos impactos, los coautores de este trabajo procedimos a utilizar como referencia los valores económicos de los servicios ecosistémicos de Costanza *et al.* (2014), quienes realizaron un estudio para determinar el valor económico de 17 servicios ecosistémicos de acuerdo con el bioma al que pertenecían.

Costanza *et al.* (2014) se refieren a los servicios ecosistémicos como aquellos bienes y servicios de los ecosistemas de los cuales los humanos se ven beneficiados por el propio funcionamiento de los ecosistemas. Para el presente estudio, los coautores de este trabajo procedimos a utilizar como referencia el valor total por hectárea al año del bioma que se va a afectar por la construcción y operación de la minera y lo multiplicamos por el número de hectáreas afectadas de cada bioma.

## 2. Resultados

### 2.1. Impacto en los servicios hidrológicos

En la Manifestación de Impacto Ambiental (MIA), presentada por Desarrollos Zapal, S.A. de C.V. (2013), se realiza el análisis de impacto ambiental del proyecto sobre los ecosistemas afectados, delimitando una zona conocida como el Sistema Ambiental Regional (SAR). Los escurrimientos superficiales más importantes que se encuentran dentro del SAR son los arroyos “El Carrizal”, “El Palmarito”, “La Muela”, “Los Sauces”, “La Junta” y “El Rincón”. Además, en la MIA se indica que el área del SAR coincide con la zona donde se ubican los siguientes acuíferos:

Acuífero 311: La Matanza  
Acuífero 312: Cañada Honda  
Acuífero 322: El Carrizal

Los residuos derivados de la extracción minera, conocidos como jales, se depositarían en una presa ubicada fuera de los límites de la Reserva. El sitio designado para el establecimiento de la presa de jales es en la cabecera de la cuenca del arroyo Valle Perdido, el cual abastece al acuífero de “El Carrizal” (CSRM, 2014a). Conagua (2018) establece que existe una relación directa entre los acuíferos de “El Carrizal” y “La Paz”, es decir, que el agua que se infiltra al primero también recarga al segundo. Además, actualmente está en construcción un acueducto entre estos dos acuíferos para poder dar abasto a la ciudad de La Paz (BNamericas, 2015).

Según datos de Desarrollos Zapal (2013), se estima que los derrames de la presa de jales que pudieran ocurrir alcanzarían hasta 2.7 km en dirección hacia la cuenca de “El Carrizal”. Sin embargo, una de las críticas que hace Niparajá (2014) a la MIA de “Los Cardones” es la subestimación del impacto del derrame que se pudiera presentar, dado que hay evidencia que demuestra que contaminantes derivados de las antiguas minas de “San Antonio” y “El Triunfo” (Romero-Schmidt *et al.*, 2001), como el arsénico, han alcanzado a transportarse hasta 30 km de distancia.



Niparájá hace notar que la distancia entre la presa de jales y la zona central del acuífero es de 22 km.

Con base en la metodología del estudio del INECC (2014) mencionada anteriormente, para esta cuantificación se multiplicó el pago de derechos del agua, determinado en el artículo 223 de la Ley Federal de Derechos (DOF, 2020) (véase cuadro 1), por la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales por el volumen concesionado en estos dos acuíferos, según la zona de disponibilidad a la que corresponden:

**Cuadro 2**  
**Cuantificación económica de afectación de los acuíferos**

<i>Clave</i>	<i>Nombre</i>	<i>Volumen REPDA (m<sup>3</sup>)</i>	<i>Monto (USD 2019)</i>
322	El Carrizal	13,500,000	\$6,202,064
324	La Paz	29,500,000	\$35,012,681

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos del DOF (2020); Conagua (2020a; 2020b); Banxico (2020).

En el cuadro 2 se establece el valor de la cuantificación económica de contaminación de los acuíferos, afectando a este servicio ecosistémico hídrico. El monto total asciende a 41,214,745 dólares (EUA) por año, representando la restricción anual al uso del agua concesionado. Cabe destacar que este cálculo es una aproximación para poder cuantificar los costos económicos que implicaría la filtración de la presa de jales de la mina y la lixiviación de los 179 millones de toneladas de tepetateras. Una vez contaminado este volumen de agua no podrá ser utilizado el recurso hídrico. Se considera que el acuífero que se vería afectado directamente sería el de “El Carrizal” y, dada su relación con el acuífero de “La Paz”, éste también sería afectado.

Otro efecto ambiental que se debe tomar en cuenta es la superficie afectada por el establecimiento de la planta desalinizadora en la costa del estado. Para determinar el valor económico de este impacto se tomaron como referencia los valores económicos de los servicios ecosistémicos de Costanza *et al.* (2014). En este caso, el bioma es costero y los valores anuales de los servicios ecosistémicos que presta ascienden a 8944 dólares por hectárea al año. Se actualizó este valor utilizando el Índice de Precios del Consumidor (CPI) de Estados Unidos de 2019 (U.S. Bureau of Labor Statistics, 2020) para determinar el equivalente de ese valor en 2019, dando una cifra de 10,185 dólares por hectárea al año. Al multiplicar este nuevo valor por el total de hectáreas consideradas para la planta desalinizadora (1.92), resulta en 19,554 dólares al año (cuadro 3). Este monto refleja las pérdidas anuales en unidades monetarias de los servicios ecosistémicos

imputados que presta la superficie costera donde se construiría la planta desalinizadora.

**Cuadro 3**  
**Estimación del valor económico por pérdida de servicios ecosistémicos imputados**

<i>Bioma</i>	<i>Superficie (ha)</i>	<i>Valor de los servicios ecosistémicos (USD/ha/año)</i>		<i>Valor total (USD/año)</i>
		<i>2011</i>	<i>2019</i>	
Zona costera	1.92	8944	10,185	\$19,554
Selva baja caducifolia	490.89	5382	6129	\$3,008,424

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Costanza *et al.* (2014); U.S. Bureau of Labor Statistics (2020).

## **2.2. Impacto en la cobertura vegetal**

Para la realización del proyecto es necesario que se desmonte un área total de 505.25 hectáreas para el establecimiento del emplazamiento minero. De esta superficie total, 490.89 hectáreas corresponden al ecosistema de selva baja caducifolia y 14.36 hectáreas son de matorral sarcocaulé. Siguiendo la misma metodología utilizada para calcular el valor de la superficie costera que sería afectada por la construcción de la planta desalinizadora, con base en los valores determinados por Costanza *et al.* (2014), se calculó el valor de estas áreas de acuerdo con el tipo de bioma al que corresponden. Para el caso de la selva baja caducifolia se obtuvo una cifra de 3,008,424 dólares al año (cuadro 3). Es decir, que el desmonte de las 490.89 hectáreas requeridas para el emplazamiento minero representa una pérdida de 3,008,424 dólares por los servicios ecosistémicos que la selva baja caducifolia dejaría de prestar anualmente. Para el matorral sarcocaulé no fue posible calcular su valor, dado que este ecosistema no se encuentra enlistado en el artículo de Costanza *et al.* (2014).

Considerando el valor de los servicios ecosistémicos que se perderían por la construcción de la planta desalinizadora y el emplazamiento minero, el proyecto representa una pérdida total de 3,027,979 dólares al año para esta región y para nuestro país.

## **2.3. Proyección de pérdida de servicios ecosistémicos**

En Desarrollos Zapal (2013) se menciona que, como parte de los esfuerzos de restauración, la empresa establecerá un vivero para resguardar algunos ejemplares de especies vegetales para replantarlos en el área afectada al cierre de la mina, con el propósito de restituir los daños ambientales causados. No obstante, al tratarse del desmonte total de una

superficie considerable, los servicios ecosistémicos que proporciona esta zona actualmente no podrán ser restituidos en su totalidad con la implementación del programa propuesto por Desarrollos Zapal. Al ser especies con un crecimiento lento, aun cuando fuera exitoso el proceso de trasplante de algunos de los ejemplares de la vegetación, podrían pasar décadas, incluso siglos, para que el ecosistema recupere su estado actual. Esto suponiendo, además, que las operaciones de la mina no afectarán las condiciones del suelo.

Tomando en cuenta la pérdida de los servicios ecosistémicos de los desarrollos mineros antiguos en la región, podemos establecer, con toda certeza, que al cabo de 270 años de los primeros desarrollos mineros, la afectación por presas de jales y tepetateras sigue vigente y contaminando con arsénico los acuíferos (Naranjo-Pulido *et al.*, 2000; 2002). De aquellas épocas quedan 1.2 millones de toneladas de residuos contaminantes en tepetateras. “Los Cardones”, en 10 años, generarán 179 millones de toneladas de residuos contaminantes en tepetateras (Defiende La Sierra, 2014; Desarrollos Zapal, 2013).

Considerando este factor de tiempo, con el fin de obtener una mayor aproximación de la cuantificación de los daños, se realizó una estimación del valor presente (VP) de la pérdida total de los servicios ecosistémicos para un periodo de 100 y 300 años, utilizando una tasa de descuento ( $r$ ) de 1%, 3% y 5%, con los resultados mostrados en el cuadro 4:

**Cuadro 4**  
**Escenarios de proyección de costos ambientales (USD)**  
**Base 3,027,979 dólares al año\***

<i>Escenarios</i>	<i>1%</i>	<i>3%</i>	<i>5%</i>
VP a 100 años	\$193,878,079	\$98,708,790	\$63,127,027
VP a 300 años	\$290,524,110	\$103,946,382	\$63,587,525

\* Si bien existen diversas metodologías de valoración económica de efectos ambientales, algunas requieren mayores recursos, los cuales están fuera del alcance de este ejercicio, que tiene por objetivo hacer una aproximación general de los efectos ambientales en términos de costos económicos.

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en los resultados obtenidos en los diferentes escenarios (véase cuadro 4), al utilizar una tasa de descuento de 5%, el valor presente de la pérdida a 100 y 300 años no varía tanto. En cambio, mientras la tasa de descuento disminuye, la diferencia entre el valor de la pérdida a 100 y 300 años es mayor. Con una tasa de 1%, el valor de la pérdida a 100 años es de 193,878,079 dólares, mientras que a 300 años, el valor de la pérdida usando esta misma tasa aumenta a 290,524,110 dólares. Lo mismo aplica cuando se compara el valor de la pérdida en el mismo periodo, pero utilizando diferentes tasas de descuento. Por ejemplo, a 300 años los

servicios ecosistémicos perdidos por la realización del proyecto minero varían de 63,587,525 ( $r = 5\%$ ) a 290,524,110 dólares ( $r = 1\%$ ). Los escenarios anteriores demuestran que, a mayores tasas de descuento, el valor presente de los costos ambientales converge más pronto y a números menores (López, 2008).

La empresa indica, en su MIA, que extraerá aproximadamente 40 toneladas de oro, que es propiedad de la nación. En 2019, el precio promedio anual de una onza troy de oro fue de 1,392.60 dólares (Statista, 2020). Así es que por las 40 toneladas extraídas el monto asciende a 1,790,923,851 dólares.

La ASF calculó que durante el periodo de 2005-2010, los derechos cobrados representaron 1.2% sobre el valor de la producción minera (ASF, 2010, citado en Cárdenas, 2013). También estimó que durante el periodo de 2008-2013, los derechos cobrados representaron únicamente 0.6% (Armendáriz Villegas, 2016; Ramírez, 2015). Según un estudio de la Secretaría de Gobernación (Segob), en 2012 las empresas mineras canadienses realizaron pagos de derechos equivalentes a entre 0.013% y 0.44% de sus utilidades anuales (Segob, 2013, citado en Guevara, 2016). Con base en estos datos disponibles, se estima que la empresa minera pagaría a México, en el peor escenario, 232,820 dólares (considerando pago de derechos equivalente a 0.013%). Al considerar el promedio de lo que pagaron las empresas mineras en 2012 (0.227%), este monto equivaldría a 4,056,443 dólares. En los escenarios más optimistas, el pago ascendería a 10,745,543 dólares (considerando 0.6%) o hasta 21,491,086 dólares (considerando 1.2%). Cabe resaltar que, en cualquier caso, estos escenarios son una sobreestimación, porque se basan en los ingresos brutos (1,790,923,851 dólares) y no en las utilidades netas que la empresa tenga finalmente o en las utilidades que ésta declare.

Desde luego, aún faltaría estimar el impacto económico en los servicios de salud y ausentismos laborales en los miles de habitantes de Los Cabos y en La Paz, que, al envenenarse sus veneros de agua dulce con arsénico, la tasa de cáncer, entre otras muchas afecciones, se incrementará, inevitablemente, de manera muy significativa. Aun sin esta valoración de impactos sobre la salud humana, encontramos que, en esencia, la empresa se llevará del patrimonio de todos los mexicanos 1,790,923,851 dólares. A cambio de ello, dejará un raquítico beneficio, según las estimaciones con los datos disponibles, de mínimo 232,820 dólares y máximo 21,491,086 dólares. En el mejor de los escenarios, el beneficio económico que el proyecto minero “Los Cardones” generaría para México es solamente una tercera parte del mínimo de los costos ambientales que el mismo proyecto ocasionaría al país.

### 3. Discusión

Entre los efectos ambientales que una minería a cielo abierto implica se encuentran los siguientes: afectación severa de la superficie y del entorno en general; contaminación del aire, ríos y acuíferos agotados; afectación de aguas superficiales, subterráneas o freáticas; afectación de los suelos; afectaciones sobre la flora y fauna; impacto escénico posterior a la explotación; drenajes ácidos y arrastre de metales pesados, así como vapores y emanaciones tóxicas (Madrigal, 2013; Rodríguez-Becerra, 2011, citado en Ortega-Rubio y Romero-Schmidt, 2013). Asimismo, la liberación de gases invernadero en la zona contribuyen al calentamiento global (Ortega-Rubio y Romero-Schmidt, 2013).

Niparájá (2013) también proyecta una liberación total de 93,412 toneladas de arsénico al agua subterránea, durante el tiempo de vida de “Los Cardones”. De ese total, casi 78% corresponde a la actividad de la presa de jales, mientras que el resto lo ocasionarían las tepetateras. Entre las afectaciones sociales más importantes de una minería a cielo abierto se deben considerar las afectaciones principales a la salud humana de las poblaciones cercanas a estos proyectos. De acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), las poblaciones expuestas al arsénico pueden presentar, en el largo plazo, cáncer y lesiones cutáneas, problemas de desarrollo, enfermedades cardiovasculares, neurotoxicidad y diabetes. De presentarse una intoxicación aguda, los síntomas se manifiestan en vómito, dolor abdominal y diarrea, seguido de entumecimiento en extremidades o calambres musculares, pudiendo causar la muerte en casos extremos (OMS, 2018).

Por lo tanto, el proyecto minero “Los Cardones” es una amenaza para la biodiversidad de la Sierra La Laguna: generaría cientos de millones de toneladas de desechos, tanto en las tepetateras como en la presa de jales, los cuales incluirán partículas tóxicas, como arsénico y cianuro, entre otros. Los efectos a largo plazo de estos desechos sobre la salud de la población ubicada en el sur del estado no están suficientemente valorados. Los potenciales efectos del desarrollo del proyecto deben incluir también la valoración del riesgo de transportación de sus insumos, como miles de toneladas de dinamita y cianuro, las que se transportarían por ciudades, carreteras y barcos para poder llegar a la Rebiosla. Por último, aunque el tamaño de la población que vive en la Rebiosla es relativamente pequeño, el área es el principal sitio de recarga de acuíferos que permite suministrar agua a toda la región sur de BCS, suministro del que dependen cientos de miles de personas que habitan en La Paz y Los Cabos, especialmente (Arriaga Cabrera y Ortega-Rubio, 1988).

A pesar de que por ley los proyectos mineros están obligados a presentar una MIA en la que se establezcan sus efectos ambientales y las medidas que llevarán a cabo para mitigarlos (DOF, 2012), el proyecto “Los Cardones” no proporciona información relacionada con los manantiales que se ubican dentro de los terrenos en los que pretende desarrollar el aprovechamiento minero. El proyecto también contraviene algunas de las reglas del Programa de Manejo de la Rebiosla (2003). Tal es el caso de la Regla 58 del mismo, la cual prioriza cualquier especie protegida de flora y fauna sobre cualquier actividad productiva que pretenda desarrollarse e, incluso, establece que se deberá promover la cancelación de la actividad. Además, se opone al apartado XII de la Regla 84, el cual prohíbe “las emisiones de ruido, vibraciones, energía térmica y lumínica y la generación de contaminación visual, que puedan causar alteraciones a las especies de fauna silvestre, así como modificar o alterar formaciones naturales y estructuras rocosas” (Conanp, 2003: 132).

Asimismo, “Los Cardones” contraviene el primer objetivo particular establecido en el Programa de Manejo de la Rebiosla, que indica lo siguiente:

Definir y establecer las estrategias para asegurar la protección de los ecosistemas presentes en la Reserva, la preservación de la diversidad genética y la continuidad evolutiva de las plantas y animales existentes en la región, en particular las especies endémicas, amenazadas o en peligro de extinción; así como los lineamientos que logren el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales que aseguren el ciclo hidrológico, la conservación de los suelos, la estabilidad climática y los procesos naturales de sucesión de las diversas formas vegetales (Conanp, 2003: 17).

International Community Foundation, una fundación estadounidense que apoya comunidades en todo el mundo, auspició un estudio (CSR, 2014b) sobre la mina “Los Cardones” en el que concluyó que no generará más de 15 millones de dólares (en valores corrientes) de PIB en la economía local durante su vida útil (10 años). Es decir, no tendrá ningún efecto económico significativo local ni regional, por lo que sus efectos macroeconómicos potenciales podrían ser equivalentes a 1.8% de la actividad económica de BCS (CSR, 2014b). Los efectos económicos indirectos no superarían los 15 millones de dólares por año, lo que se considera como marginal para la economía de BCS. Cabe enfatizar que los 15 millones de dólares por año únicamente los suministrará la empresa por 10 años, que es el periodo de operaciones estipulado en el proyecto, en tanto los costos anuales de la afectación a los servicios ecosistémicos, hídrico y de vegetación causados por este proyecto se deben multiplicar por al menos 300 años.

En países industrializados, como los europeos, Estados Unidos y Canadá e, incluso, en otros, como Costa Rica, se ha prohibido la minería a cielo abierto, por los riesgos que implica. Sin embargo, en México la ley es permisiva y, por ello, los complejos industriales de aquellos países buscan asentarse en nuestro territorio. Esto contradice lo establecido en el Principio 14 de la Declaración de Río, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 1992) e indica que los intereses privados se están anteponiendo a los principios básicos que establece el derecho ambiental internacional; al otorgar concesiones mineras en ANP, sean para exploración o explotación de los recursos, se están evadiendo los lineamientos establecidos por la ley en cuanto a la actividad minera y sus efectos ambientales.

La valoración económica de los servicios ecosistémicos fue desarrollada en este trabajo basándonos en la perspectiva y el enfoque de la monetización de los valores asignados a los bienes y servicios del ecosistema. No incluimos en nuestra valoración la estimación de los valores culturales, espirituales y religiosos; aunque la valoración de los servicios ecosistémicos no deja de ser una aproximación. Así, una valoración puramente económica de un servicio ecosistémico determinado eventualmente pudiese ser subvalorado o sobrevalorado.

Es importante estar conscientes que otra de las limitaciones de la valoración de los servicios ecosistémicos incluye la paradoja de que, al incluir tasas de descuento, los mismos valen menos a futuro, esencialmente debido a que, desde el punto de vista de una sociedad, un beneficio presente es más valioso que el mismo beneficio que se obtendrá en el futuro. Asimismo, otra de las limitaciones de nuestro trabajo es que no tomamos en cuenta, para la valoración de los servicios ecosistémicos, los cálculos de otros servicios de los ecosistemas afectados, tales como los turísticos, educativos, estéticos y espirituales.

Debemos enfatizar que, a pesar de las limitaciones enunciadas en los dos párrafos anteriores, los resultados de la valoración de los servicios ecosistémicos, aun cuando no dejan de ser una aproximación, indudablemente son una herramienta cuantitativa que no es superada por estimaciones sin valoraciones. Asimismo, la valoración de estos servicios son un mecanismo sumamente poderoso para transmitir, a la sociedad en general y, especialmente, a los tomadores de decisión, la importancia de la conservación de los ecosistemas y los servicios que nos proveen, para el bienestar de las poblaciones locales.

Es importante enfatizar que nuestra revisión de la literatura indica que, si bien existen aproximaciones globales a la temática (Boldy *et al.*, 2021; Shiquan *et al.*, 2022; Tost *et al.*, 2020), se nos ha dificultado encontrar su aterrizaje en casos de estudio puntuales, como el que nosotros desarrollamos.

Asimismo, no encontramos ningún estudio similar al nuestro que se haya desarrollado previamente en México, lo cual abona, desde luego, a la importancia de tomar en consideración nuestros resultados, con el objetivo de establecer políticas públicas basadas en datos cuantitativos.

Es evidente que, partiendo de la valoración económica presentada en este estudio, se debe reanalizar con seriedad la pertinencia de prohibir la minería a cielo abierto en las ANP de México.

## Conclusiones

El estudio concluye que la normatividad minera en las ANP en México es permisiva, laxa y poco clara, lo que obstaculiza la eficiencia de la política de conservación ambiental. Una mejor eficiencia de las ANP podría lograrse con mayor sensibilización de las autoridades, en los tres niveles de gobierno, en torno a la importancia del medio ambiente. También es necesaria una participación más activa de la sociedad civil, academia, comunidades indígenas y rurales; y, por supuesto, el sector privado debe asumir con mayor responsabilidad y compromiso social sus operaciones, máxime cuando se trata de la actividad industrial.

Es igual de importante integrar la valoración económica ecosistémica en el análisis de los efectos de proyectos de esta magnitud. Como mencionan Costanza *et al.* (1997), los valores de los servicios ambientales no están incluidos completamente en los mercados o no son cuantificados adecuadamente en términos que sean comparables con el capital manufacturado, y es por esta razón que se les otorga poca importancia al momento de tomar decisiones de política pública.

Por lo anterior, este estudio presenta una aproximación de los valores económicos de algunos de los servicios ecosistémicos que se perderían en caso de que se lleve a cabo el proyecto “Los Cardones” en BCS. La construcción de la planta desalinizadora y el emplazamiento minero del proyecto representaría una pérdida total de 3,027,979 dólares al año. Con base en este valor, se realizó una proyección del valor presente de dichos costos ambientales. A 100 años, la pérdida de los servicios ecosistémicos por la realización del proyecto “Los Cardones” varía de 63,127,027 a 193,878,079 dólares (dependiendo de la tasa de descuento utilizada) y a 300 años, la pérdida varía de 63,587,525 a 290,524,110 dólares. Por último, se realizó una aproximación de los costos económicos que implicaría un derrame de la presa de jales de la mina, resultando en un monto de 41,214,745 dólares anuales.

Cabe señalar que los cálculos presentados son estimaciones del daño ambiental y del potencial riesgo que implica el establecimiento de la mina



en la Rebiosla. Sin embargo, estas cuantificaciones son acotadas, ya que la totalidad de los costos económicos de los impactos de la mina no son considerados en este estudio. Asimismo, se debe tener cautela al interpretar como valor real los cálculos realizados mediante transferencia de beneficios. No obstante, estas aproximaciones son de gran utilidad para evaluar el impacto económico y ambiental de proyectos como el de “Los Cardones”.

Se concluye que la comparación de los costos y beneficios hace visible que la economía de la minería en México tiene fallas, infringiendo costos a los pobladores y al país, y concentrando las ganancias en pocos agentes económicos, las cuales, generalmente, salen de México. Es evidente que esta transacción, que otorga un inmenso beneficio económico a unos cuantos, a cambio de afectaciones a centenas de miles y miles de ciudadanos por varias generaciones, no resiste la mínima valoración económica.

Después de revisado el caso de la mina “Los Cardones” en la Rebiosla, se concluye que es fundamental considerar la valoración económica ambiental de los impactos de proyectos mineros. Asimismo, los resultados obtenidos sirven como elementos para cuantificar el valor de los servicios ecosistémicos de un ANP, para ofrecer argumentos sólidos, cuantitativos y objetivos y evitar que se sigan autorizando más proyectos de minería a tajo abierto en nuestro país, sin que las futuras propuestas a autorizarse no incluyan en su valoración económica los costos ambientales que genera la minería en México.

## **Agradecimientos**

Este estudio fue desarrollado con el apoyo de la Red Temática de Áreas Naturales Protegidas (Renanp-Conacyt) y con el apoyo económico del Proyecto 251919 de Ciencia Básica de Conacyt.

## **Fuentes consultadas**

Armendáriz Villegas, Elisa Jeanneht (2016), “Áreas naturales protegidas y minería en México: perspectivas y recomendaciones”, tesis de doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, <<https://cutt.ly/59L8vGd>>, 31 de enero de 2023.

Armendáriz Villegas, Elisa Jeanneht; Covarrubias-García, María de los Ángeles; Troyo-Diéguez, Enrique; Lagunes, Elio; Arreola-Lizárraga, Alfredo; Nieto-Garibay, Alejandra; Beltrán-Morales, Luis

Felipe y Ortega-Rubio, Alfredo (2015), "Metal mining and natural protected areas in Mexico: Geographic overlaps and environmental implications", *Environmental Science & Policy*, vol. 48, Ámsterdam, Elsevier, pp. 9-19, doi: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2014.12.016>

Arriaga Cabrera, Laura Blanca y Ortega-Rubio, Alfredo (eds.) (1988), *La Sierra de la Laguna de Baja California Sur*, La Paz, Centro de Investigaciones Biológicas de Baja California Sur, A. C.

Banxico (Banco de México) (2020), "Tipos de cambio y resultados históricos de las subastas", Ciudad de México, Banco de México, <<https://cutt.ly/Y9X3DIW>>, 11 de mayo de 2020.

BNamericas (2015), "Bajo la lupa: acueducto El Carrizal-La Paz cubrirá demanda en Baja California Sur", Santiago de Chile, Business News Americas, <<https://cutt.ly/G9X8vCf>>, 13 de noviembre de 2020.

Boldy, Robyn; Santini, Talitha; Annandale, Mark; Erskine, Peter D. y Sonter, Laura J. (2021), "Understanding the impacts of mining on ecosystem services through a systematic review", *The Extractive Industries and Society*, Ámsterdam, Elsevier, 8 (1), pp. 457-466.

Cárdenas, Jaime (2013), "La minería en México: despojo a la nación", *Cuestiones Constitucionales*, núm. 28, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Jurídicas, <<https://cutt.ly/R9X4Aag>>, 7 de diciembre de 2020.

CEFP (Centro de Estudios de las Finanzas Públicas) (2018), "El sector minero y su importancia en las finanzas públicas de México 2007-2017", Ciudad de México, CEF, <<https://cutt.ly/u9L7XEd>>, 13 de noviembre de 2020.

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2012), "Listado de Regiones Terrestres Prioritarias de México", Ciudad de México, Conabio, <<https://cutt.ly/39Zudn9>>, 12 de junio de 2016.

Conabio-INE (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad-Instituto Nacional de Ecología) (1995), en Arturo Gómez-Pompa y Rodolfo Dirzo (coords.), *Reservas de la Biosfera y otras áreas naturales protegidas de México*, Ciudad de México, Instituto Nacional de Ecología/Semarnap/Comisión Nacional

para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, <[bit.ly/3JVHTc1](http://bit.ly/3JVHTc1)>, 29 de diciembre de 2020.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2020a), “Detalle de los acuíferos en México 2020 - Península de Baja California”, Ciudad de México, Conagua, <<https://cutt.ly/r9X7oek>>, 29 de diciembre de 2020.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2020b), “Volumen de acuíferos 2020 - Baja California Sur”, Ciudad de México, Conagua, <<https://cutt.ly/f9X7kZS>>, 29 de diciembre de 2020.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2018), “Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero El Carrizal (0322), estado de Baja California Sur”, Ciudad de México, Conagua, <<https://cutt.ly/W9X7Po4>>, 17 de mayo de 2020.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (2015), “Estadísticas del agua en México”, Ciudad de México, Conagua, <<https://cutt.ly/E9ZwpDA>>, 12 de junio de 2016.

Conagua (Comisión Nacional del Agua) (s.f.), “SINA – Sistema Nacional de Información del Agua”, Ciudad de México, Conagua, <<https://cutt.ly/29ZwljA>>, 23 de julio de 2020.

Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2019), “Ficha SIMEC, Sierra la Laguna”, Ciudad de México, Conanp, <<https://cutt.ly/o9Zy5pv>>, 13 de noviembre de 2020.

Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2013), “Programa Nacional de Áreas Naturales Protegidas 2014-2018”, Ciudad de México, Conanp, <<https://cutt.ly/I9L5FAB>>, 21 de diciembre de 2020.

Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas) (2003), “Programa de manejo Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna”, Ciudad de México, Conanp, <<https://cutt.ly/E9ZqM28>>, 12 de junio de 2016.

Costanza, Robert; Groot, Rudolf de; Sutton, Paul; Ploeg, Sander van der; Anderson, Sharolyn; Kubiszewski, Ida; Farber, Stephen y Turner, Kerry (2014), “Changes in the global value of ecosystem services”, *Global Environmental Change*, vol. 26, Ámsterdam,

Elsevier, pp. 152-158, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>

Costanza, Robert; d'Arge, Ralph; Groot, Rudolf de; Farber, Stephen; Grasso, Monica; Hannon, Bruce; Limburg, Karin; Naeem, Shahid; O'Neill, Robert; Paruelo, Jose; Raskin, Robert; Sutton, Paul y Belt, Marjan van den (1997), "The value of the world's ecosystem services and natural capital", *Nature*, núm. 387, California, Springer Nature, pp. 253-260, doi: <https://doi.org/10.1038/387253a0>

Cravioto, Francisco (2019), "La normatividad minera en México: problemas y propuestas de modificación", Ciudad de México, Consejo Civil Mexicano para la Silvicultura Sostenible, A. C., <<https://cutt.ly/c9L7sRR>>, 7 de diciembre de 2020.

Cruz Falcón, Arturo (s.f.), "Qué es la mega-minería tóxica y sus tremendas consecuencias en Baja California Sur", La Paz, Defiende La Sierra, <<https://cutt.ly/h9X6ksi>>, 13 de noviembre de 2020.

CSRM (Centre for Social Responsibility in Mining) (2014a), "Análisis del desarrollo minero en Baja California Sur y de sus potenciales efectos sobre el desarrollo humano y sustentable", Brisbane, International Community Foundation/The University of Queensland Australia, <<https://cutt.ly/Q9L6Ov7>>, 12 de junio de 2020.

CSRM (Centre for Social Responsibility in Mining) (2014b), "Análisis del desarrollo minero en Baja California Sur: proyecto minero Los Cardones (enero de 2014)", Brisbane, International Community Foundation/The University of Queensland Australia, <<https://cutt.ly/B9X6IfG>>, 12 de junio de 2020.

Defiende La Sierra (2014), "Amenazas mineras - Los Cardones (antes Paredones Amarillos y Concordia)", La Paz, Defiende La Sierra-Niparájá, <<http://defiendelasierra.org>>, 21 de diciembre de 2020.

Desarrollos Zapal, S.A. de C.V (2013), "Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Proyecto 'Los Cardones'", La Paz, Desarrollos Zapal, <<https://cutt.ly/E9ZoMpv>>, 13 de noviembre de 2020.

DOF (*Diario Oficial de la Federación*) (2020), “Ley Federal de Derechos”, 8 de diciembre, Ciudad de México, Segob, <<https://cutt.ly/p9CqJyQ>>, 21 de diciembre de 2020.

DOF (*Diario Oficial de la Federación*) (2012), “Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental (LGEEPA)”, 4 de junio, Ciudad de México, Segob, <<https://cutt.ly/t9Cq0iT>>, 7 de diciembre de 2020.

Flores López, María (2009), “Evaluación preliminar del potencial hídrico de la Sierra de la Laguna, B.C.S, como fuente de recarga de los acuíferos circundantes”, La Paz, Instituto Tecnológico de La Paz, <<https://cutt.ly/h9ZwBTa>>, 12 de junio de 2016.

Guevara González, Bertha Xóchitl (2016), “La inversión extranjera directa en la minería en México: el caso del oro”, *Análisis Económico*, 31 (77), Ciudad de México, Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco, pp. 85-113, <<https://cutt.ly/q9CwkyL>>, 13 de noviembre de 2020.

INE (Instituto Nacional de Ecología) (2012), *Informe de labores 2010*, Ciudad de México, Semarnat.

INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) (2014), “Cuantificación del daño ambiental y elementos para determinar la compensación asociada al derrame de lixiviado de sulfato de cobre de la empresa Buenavista del Cobre, S.A., en Sonora”, Ciudad de México, INECC, <<https://cutt.ly/59CwIdE>>, 13 de noviembre de 2020.

León, Raymundo (2015), “Avalan *de modo ilegal* cambio de uso de suelo para la mina Los Cardones”, *La Jornada*, 26 de septiembre, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, estados, <<https://cutt.ly/29ZqPg2>>, 31 de enero de 2023.

López Morales, Carlos A. (2008), “Discounting the future at a decreasing rate and the marginal damage costs of CO2 emissions reducing the uncertainty”, en Robert L. Chapman (ed.), *Creating sustainability within our midst. Challenges for the 21st century*, Nueva York, Pace University Press, pp.17-36.

Madrigal, David (2013), “La Naturaleza vale Oro. Propuesta analítica para el estudio de la movilización social en torno a la minería

canadiense en San Luis Potosí”, *Revista del Colegio de San Luis*, 3 (5), San Luis Potosí, El Colegio de San Luis, pp. 114-133.

Medina, Elías (2019), “Minera Los Cardones se queda sin terrenos”, *El Sudcaliforniano*, 9 de julio, La Paz, Organización Editorial Mexicana, <<https://cutt.ly/99ZofHN>>, 13 de noviembre de 2020.

Naranjo-Pulido, Alejandro; Romero-Schmidt, Heidi; Méndez-Rodríguez, Lia; Acosta-Vargas, Baudillo y Ortega-Rubio, Alfredo (2002), “Soil Arsenic Contamination in the Cape Region, B. C. S., Mexico”, Lucknow, *Journal of Environmental Biology*, 23 (4), pp. 347-352.

Naranjo-Pulido, Alejandro; Ortega-Rubio, Alfredo; Acosta-Vargas, Baudillo; Rodríguez-Méndez, Lia; Acevedo-Beltrán, Marcos y Argüelles-Méndez, Cerafina (2000), “Mining Activities and Arsenic in a Baja California Sur Watershed”, *USDA Forest Service Proceedings*, Colorado, Department of Agriculture/Rocky Mountain Research Station, pp. 392-394.

Niparajá (2014), “Observaciones al Manifiesto de Impacto Ambiental, modalidad regional, del Proyecto Los Cardones promovido por Desarrollos Zapal, S.A. de C.V.”, La Paz, Defiende La Sierra, <<https://cutt.ly/69CrgWv>>, 6 de mayo de 2020.

Niparajá (2013), “Desechos tóxicos a ser producidos por la mina Los Cardones”, La Paz, Defiende La Sierra, <<https://cutt.ly/r9Zf9IP>>, 6 de mayo de 2020.

OMS (Organización Mundial de la Salud) (2018), “Arsénico”, Ginebra, OMS, <<https://cutt.ly/p9CrZUz>>, 17 de junio de 2016.

ONU (Organización de las Naciones Unidas) (1992), “Declaración de Río sobre Medio Ambiente y el Desarrollo”, Río de Janeiro, ONU, <<https://cutt.ly/v9Cr9EE>>, 21 de diciembre de 2020.

Ortega-Rubio, Alfredo y Romero-Schmidt, Heidi (2013), “Polémica actual: el decreto de reserva *versus* minería a cielo abierto”, en Magdalena Lagunas-Vázquez; Luis Felipe Beltrán-Morales y Alfredo Ortega-Rubio (eds.), *Diagnóstico y análisis de los aspectos sociales y económicos en la reserva de la biosfera Sierra La Laguna, Baja California Sur, México*, La Paz, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C., pp. 275-302.

- Ramírez, Érika (2015), “Minera se ampara para no pagar a México regalías por lo que extrae”, *Contralínea. Periodismo de Investigación*, 19 de abril, Ciudad de México, Contralínea, <<https://cutt.ly/v9L8t95>>, 7 de diciembre de 2020.
- Reynoso, Cecilia y Tinoco, Adrián (2015), “Oasis en Riesgo” [video], transmitido en *Punto de Partida*, <<https://cutt.ly/x9Zgklr>>, 12 de junio de 2016.
- Romero-Schmidt, Heidi y Ortega-Rubio, Alfredo (2012), “Reserva de la Biosfera Sierra la Laguna: salud ambiental *versus* minería a cielo abierto”, *Ciencia y Desarrollo*, núm. 1, Ciudad de México, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, pp. 14-21.
- Romero-Schmidt, Heidi; Naranjo-Pulido, Alejandro; Méndez-Rodríguez, Lia; Acosta-Vargas, Baudillo y Ortega-Rubio, Alfredo (2001), “Environmental Health Risk by Arsenic Consumption in Water Wells in the Cape Region, Mexico”, en Daniel Fajzieva y Carlos Brebbia (eds.), *Environmental Health Risk*, Southhampton, WIT Press, pp. 131-138.
- Shiquan, Dou; Deyi, Xu y Hang, Li (2022), “Evaluation the feasibility of using ecosystem costs to control environmental losses at mining sites”, *The Extrative Industries and Society*, vol. 9, Ámsterdam, Elsevier, doi: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2022.101050>
- Statista (2020), “Annual average gold price from 1900 to 2019”, Nueva York, Statista Inc., <<https://cutt.ly/O9CyRzi>>, 21 de diciembre de 2020.
- Tost, Michael; Murguía, Diego; Hitch, Michael; Lutter, Stephan; Luckeneder, Sebastian; Feiel, Susanne y Moser, Peter (2020), “Ecosystem services costs of metal mining and pressures on biomes”, *The Extrative Industries and Society*, 7 (1), Ámsterdam, Elsevier, pp. 79-86, doi: <https://doi.org/10.1016/j.exis.2019.11.013>
- Unesco (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2018), “Sierra La Laguna Biosphere Reserve”, París, Unesco, <<https://bit.ly/3lDPBh6>>, 29 de diciembre de 2020.

U.S. Bureau of Labor Statistics (2020), “CPI Inflation Calculator”, Washington, U.S. Bureau of Labor Statistics, <<https://cutt.ly/z9CugsZ>>, 17 de julio de 2020.

*Recibido:* 16 de enero de 2021.

*Reenviado:* 18 de mayo de 2022.

*Aceptado:* 6 de julio de 2022.

**Paloma Ortega-Arriaga.** Maestra en Tecnología Ambiental por Imperial College London, Reino Unido; cuenta con una especialización en Economía Ambiental y Ecológica de la Universidad Nacional Autónoma de México. Es licenciada en Negocios Internacionales por el Tecnológico de Monterrey. Actualmente es candidata a doctorado en el Instituto Grantham-Cambio climático y medio ambiente en Imperial College London. Forma parte del programa “Science and Solutions for a Changing Planet Doctoral Training Partnership” (SSCP DTP). Sus líneas de investigación abarcan: energías renovables, transición energética y acceso a energía. Entre sus más recientes publicaciones destacan, como coautora: “Grid versus off-grid electricity access options: a review on the economic and environmental impacts”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 143, Belfast, Elsevier, (2021); y “Sizing solar-based mini-grids for growing electricity demand: Insights from rural India”, *Journal of Physics Energy*, 5 (1), Bristol, IOP Publishing, pp. 1-26 (2023).

**Carlos Andrés López Morales.** Doctor en Economía Ecológica por Rensselaer Polytechnic Institute. Es profesor-investigador del Centro de Estudios Demográficos, Urbanos y Ambientales de El Colegio de México. Integrante del Sistema Nacional de Investigadores, nivel I. Sus líneas de investigación son economía del agua y valoración económica ambiental. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran, como autor: “Metabolismo urbano: hacia una agenda de investigación”, en Luis Zambrano y Salvador Medina (coords.), *Las ciudades de México: retos para el desarrollo sostenible*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 17-28 (2019); como coautor: “The global economic costs of substituting dietary protein from fish with meat, grains and legumes, and dairy”, *Journal of Industrial Ecology*, 23 (5), New Haven, Wiley, pp. 1159-1171 (2019); y “On the economic analysis of wastewater treatment and reuse for designing strategies for water sustainability: Lessons from the Mexico Valley Basin”, *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 140, Ámsterdam, Elsevier, pp. 1-12 (2019).



**Karina Caballero Güendulain.** Maestra en Economía por El Colegio de México y candidata a doctor por la Universidad de Siena, en Italia. Actualmente es la Coordinadora de la Especialización en Economía Ambiental y Ecológica de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía de la Universidad Nacional Autónoma de México y profesora de la misma Facultad. Sus líneas de investigación son economía del cambio climático, finanzas sostenibles y valoración económica ambiental. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran, como coautora: *Introducción a la valoración económica ambiental: teoría y práctica*, Ciudad de México, Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Economía (2022); como coautora: “Efectos demográficos en los patrones de consumo en México: un análisis con microdatos para 2018”, *CIMEXUS Revista de Nicolaitia de Políticas públicas*, 16 (2), Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo/Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, pp. 107-127 (2021); “La curva de Kuznets ambiental y su relación con el cambio climático en América Latina y el Caribe: un análisis de cointegración con panel, 1980-2015”, *Revista de Economía del Rosario*, 22 (1), Bogotá, Universidad del Rosario, pp. 101-142 (2019).

**Alfredo Ortega-Rubio.** Doctor en Ciencias con especialidad en Ecología por el Instituto Politécnico Nacional (IPN), primer egresado de este doctorado. Maestro en Ciencias con especialidad en Ecología y biólogo, ambas en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Es investigador en el Programa de Planeación Ambiental y Conservación y director general en el CIBNOR-Conacyt e Investigador Nacional Emérito del Sistema Nacional de Investigadores. Sus líneas de investigación son: socioecología y desarrollo sustentable en áreas naturales protegidas. Entre sus más recientes publicaciones se encuentran, como coautor: “On trends of seabirds in Mexican Islands at the California Current System”, *PLOS ONE*, 17 (10), e0258632, California, Plos One, pp. 1-20 (2022); “Human Communities in Protected Natural Areas and Biodiversity Conservation”, *Diversity*, 14 (6), 441, Basilea, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, pp. 1-21 (2022); e “Involvement of a Fishing Community in the Eradication of the Introduced Cactus Mouse (*Peromyscus eremicus cedrosensis*) from San Benito Oeste Island, Mexico”, *Diversity*, 13 (11), 588, Basilea, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, pp. 1-14 (2021).