



# Minería en mares profundos



Imagen: Nautilus Minerals

## Minería

La minería es la actividad mediante la cual se obtienen recursos minerales. Provee de materia prima a diversas industrias como la electrónica, farmacológica, agropecuaria, automotriz y de construcción, entre muchas otras. Implica riesgos laborales, por ejemplo el colapso de una mina, y ambientales como la contaminación de suelos y agua. Los recursos minerales son no-renovables y se dividen en:<sup>1</sup>

- Metálicos como el oro.
- No-metálicos como la sal, grava y arena, y
- Combustibles como el carbón, petróleo, gas natural y uranio.

La minería consta de cuatro etapas principales (Tabla 1).<sup>1</sup>

Tabla 1. Etapas de la minería.<sup>1</sup>

1) Exploración	Identificación de las zonas con recursos minerales explotables.
2) Extracción	Obtención de los recursos minerales.
3) Procesamiento	Separación por métodos físicos y/o químicos de los componentes minerales.
4) Metalurgia	Purificación de cada componente encontrado en el recurso mineral.

## RESUMEN

- El océano cubre el 71% de la superficie del planeta y representa una fuente importante de recursos, renovables y no-renovables. Se define como *mar profundo* a aquel cuyo piso oceánico tiene más de 200 metros bajo la superficie.
- Los recursos minerales no-renovables en los mares pueden contener hierro, cobre, oro y cobalto, los cuales son usados en electrónicos, automóviles, construcciones, etcétera.
- Los recursos minerales marinos pueden representar, a futuro, desarrollo económico para algunos países del mundo, incluido México.
- La extracción de recursos minerales del fondo marino (*minería en mares profundos*) requiere desarrollo de tecnología especializada para evitar la pérdida irreversible de biodiversidad.
- La colaboración entre gobierno, empresas e investigadores impacta positivamente la exploración minera en mares profundos.
- La Autoridad Internacional de Fondos Marinos, de las Naciones Unidas, es la única facultada para otorgar concesiones de explotación de recursos minerales en fondos marinos fuera de la jurisdicción nacional. A la fecha ha otorgado 29 concesiones en el mundo.
- En México, durante el 2016, la minería (principalmente terrestre) representó el 3.9% del Producto Interno Bruto. De los mares mexicanos se obtiene cloruro de sodio (sal) y de las costas mexicanas hierro y titanio.
- A nivel internacional, México ocupa el décimo segundo lugar en cuanto a superficie marina.
- Toda actividad minera (terrestre y marina) debe considerar el impacto ecológico.

## Minería en mares profundos

El océano cubre el 71% de la superficie del planeta y su profundidad promedio es de 3,400 metros.<sup>2-4</sup> Contiene el 96.5% del agua del planeta<sup>4,5</sup> y es una rica fuente de alimento; tan sólo en el 2014 se pescaron 81.5 millones de toneladas de especies marinas.<sup>6</sup> Se divide en regiones ecológicas y económicas (Figura 1).<sup>3,4,7</sup> La zona ecológica está constituida por los ecosistemas pelágicos (asociados al agua de mar) y bentónicos (asociados al fondo marino).<sup>3,4</sup> La económica lo divide en

mar territorial (MT), zona económica exclusiva (ZEE) y aguas internacionales (fuera de jurisdicción nacional).<sup>7</sup>

Los países costeros tienen responsabilidad legal y ambiental sobre sus zonas MT y ZEE.<sup>7</sup>

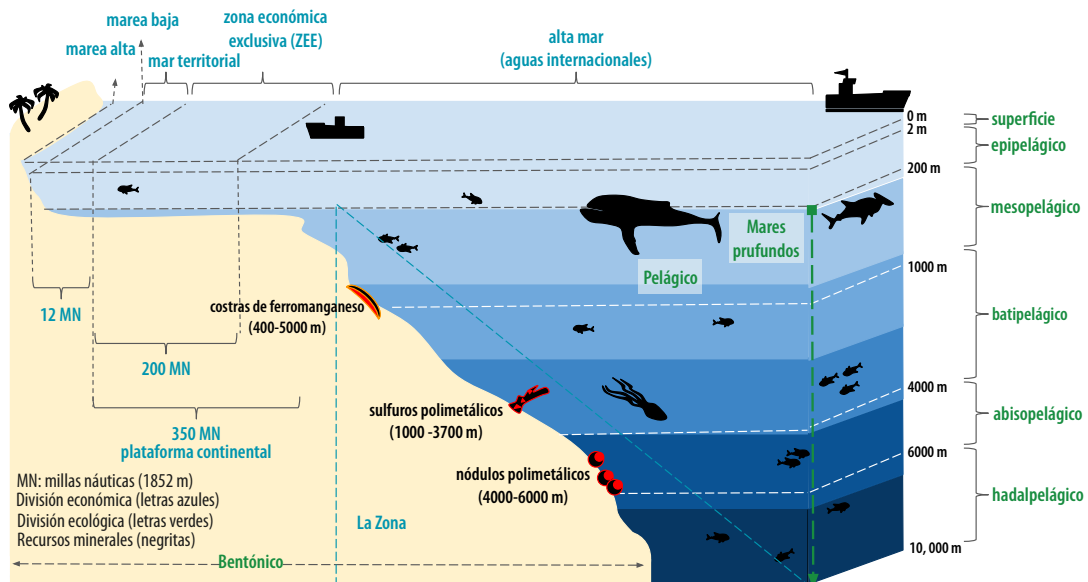
Se consideran *mares profundos* a partir de los 200 m bajo la superficie<sup>8</sup> y pueden albergar tres tipos de recursos minerales (Tabla 2),<sup>9-13</sup> los cuales forman parte de los *servicios ecosistémicos de aprovisionamiento* (bienes materiales que la sociedad obtiene de los ecosistemas).<sup>14</sup>

**Tabla 2. Recursos minerales del fondo marino.**<sup>9-13</sup>

Nódulos polimetálicos	Concentraciones rocosas con tamaños que oscilan de partículas microscópicas hasta rocas de 20 cm de diámetro. Se encuentran a cualquier profundidad pero son más abundantes entre 4,000 y 6,000 m. Contienen materiales como hierro, manganeso, silicio, aluminio, níquel, cobre, cobalto, sodio, calcio, magnesio, potasio, titanio, litio y bario.
Sulfuros polimetálicos masivos	Depósitos minerales formados cerca de las chimeneas hidrotermales (fracturas geológicas que expulsan agua caliente), a profundidades de 1,000 y 3,700 m. Pueden contener cobre, zinc, plomo, bario, oro y plata.
Costras de ferromanganeso	Acumulaciones minerales sobre rocas de origen volcánico. Se localizan entre los 400 y 5,000 m de profundidad. En muchos casos se encuentran dentro de la ZEE de algunos países (Figura 1). Pueden contener hierro, manganeso, cobalto, platino, níquel y metales de tierras raras.

Se estima que el Océano Pacífico puede albergar más de 100 mil millones de toneladas de nódulos polimetálicos.<sup>11</sup> Estos recursos son importantes debido a sus características; descansan en el suelo marino y no están unidos a éste.<sup>15</sup> Los otros dos recursos minerales sí están adheridos a las rocas de los fondos y para extraerlos es necesario desprenderlos y romperlos.<sup>15</sup> El impacto ambiental en fondos marinos depende del tipo de recurso mineral, la duración de la extracción y el área de la actividad minera.<sup>16</sup>

**Figura 1. Regiones del océano.**<sup>3,4,7</sup>



La *minería en mares profundos* (MMP) extrae recursos minerales del fondo marino y requiere de una etapa exploratoria.<sup>9</sup> Los países más avanzados en esta materia son Francia, Alemania, Japón, Rusia, Corea del Sur y Reino Unido.<sup>9</sup> Este tipo de minería enfrenta varios retos (Recuadro 1).<sup>10,17,18</sup>

**Recuadro 1. Retos de la minería en mares profundos.**<sup>10,17,18</sup>

- Costo.
- Impacto a los ecosistemas marinos.
- Lejanía respecto a las costas.
- Desarrollo de tecnología altamente especializada.
- Incertidumbre sobre la rentabilidad.
- Las condiciones (como profundidad y presión) para la extracción.
- La fuerza de adherencia de los recursos minerales a los fondos marinos.

Se han usado tres métodos para investigar los recursos del fondo marino:<sup>19</sup>

1. Draga de línea continua (*continuous line bucket dredge*)
2. Draga con contenedor en cable (*wireline basket dredging*)
3. Draga hidráulica (*hydraulic dredging*)

Los dos primeros no son escalables a nivel industrial. La draga hidráulica funciona como una aspiradora que succiona los sedimentos.<sup>15,19</sup>

La colaboración entre grupos de investigación, gobiernos y empresas es una estrategia que impacta positivamente a la exploración minera en mares profundos, como la experimentada por empresas como *Nautilus Minerals*.<sup>20</sup>

### Impacto ambiental

El océano es un ambiente vital, no sólo por ser el ecosistema donde probablemente se originó la vida, sino también por ser fundamental para el equilibrio del planeta. Por ejemplo, 500,000 km<sup>3</sup> de agua se evaporan del océano anualmente<sup>3-5</sup> y todavía se conoce poco sobre la biodiversidad marina, a excepción de las especies de interés comercial.<sup>3,21</sup> Las zonas marinas protegidas se establecieron para conservar la biodiversidad que las habita,<sup>21</sup> pero únicamente el 0.5% de toda la superficie oceánica es área protegida.<sup>22</sup> La biodiversidad es

patrimonio de la humanidad por lo que debe ser protegida y explotada de forma sustentable y responsable.<sup>23</sup>

La MMP puede tener impactos negativos sobre la biodiversidad pues afecta el hábitat de los fondos marinos y la composición del agua (Tabla 3).<sup>16,19</sup> Los fondos marinos tardan décadas o incluso siglos en colonizarse por un conjunto de seres vivos altamente especializados, por lo cual las perturbaciones intensas, como las provocadas por la minería, podrían tener repercusiones dramáticas.<sup>16,19</sup> Además estos ecosistemas no pueden ser restaurados.<sup>16</sup>

Las empresas que incursionen en MMP estarán obligadas a realizar estudios de impacto ambiental antes de iniciar la explotación comercial.<sup>9</sup> Por ejemplo, el proyecto *Abyssal Baseline* estudia la biodiversidad del fondo marino del área UK-1 (concesionada a la empresa *UK Seabed Resources Ltd*), localizada en aguas internacionales del Océano Pacífico (en la zona de Fracturas Clarion-Clipperton o FCC).<sup>24</sup>

**Tabla 3. Perturbaciones provocadas por la minería en mares profundos.**<sup>16,19</sup>

Ubicación	Perturbación
Masas de agua	Suspensión de metales.
Fondos marinos	Alteración del número de especies y de organismos que habitan una determinada zona.
	Pérdida irreversible de biodiversidad biológica.

Existen recomendaciones generales para evaluar el impacto ecológico de la MMP (Recuadro 2).<sup>19</sup> El apoyo a proyectos de investigación y la colaboración entre la comunidad científica y la iniciativa privada especializada en mar profundo, son estrategias que permiten desarrollar las mejores prácticas y transmitir conocimientos actualizados.<sup>25</sup>

**Recuadro 2. Evaluación del impacto ecológico de la minería en mares profundos.**<sup>15,19</sup>

- Asesorar por medio de expertos.
- Formar equipos multidisciplinarios.
- Evaluar al corto, mediano y largo plazo. La explotación de cada tipo de recurso mineral impactará de forma distinta al ambiente.
- Realizar muestreos estadísticamente representativos con suficiente cantidad y calidad de datos para evitar sesgos.
- Evaluar múltiples sitios y en cada uno comparar los lugares perturbados con los no-perturbados.
- Estandarizar las metodologías de investigación y el formato de los datos (para poder realizar comparaciones entre distintos estudios).
- Obtener información sobre las condiciones originales en fondos marinos (por ej. biológicas y fisicoquímicas).
- Evaluar el impacto antes, durante y después de las actividades mineras.

## Impacto social y económico

Debido a que aún no comienza la explotación comercial de recursos minerales en fondos marinos, sólo se cuenta con estimaciones de los posibles beneficios económicos.<sup>17</sup> Una operación de MMP con duración de 20 años se estima que requiere una inversión total de \$11.9 mil millones de dólares

americanos y ésta reportaría ganancias por \$18.73 mil millones de dólares.<sup>10</sup> Su rentabilidad depende de la viabilidad (p.ej. relieve favorable del fondo marino), la concentración y demanda del mineral de interés.<sup>10,26</sup> El precio depende de la demanda y ésta ha aumentado debido al desarrollo tecnológico (Tabla 4).<sup>26</sup>

**Tabla 4. Recursos minerales marinos.**<sup>26</sup>

Recurso	Mineral Contenido	Uso
Nódulos polimetálicos	Manganeso	Industrias de la construcción, transporte y maquinaria.
	Hierro	Producción de acero.
	Silicio	Celdas fotovoltaicas y chips de computadora.
	Aluminio	Industrias del transporte, construcción, eléctrica y maquinaria.
	Níquel	Producción de acero inoxidable y otras aleaciones.
	Cobre	Industrias eléctrica, electrónica, de la construcción y transporte.
	Litio	Baterías recargables, cerámicas, vidrio y lubricantes industriales.
Sulfuros polimetálicos masivos	Titanio	Proceso de galvanización (recubrimiento de un metal con otro).
	Zinc	Proceso de galvanización (recubrimiento de un metal con otro).
	Plomo	Baterías.
Costras de ferromanganeso	Bario	En fluidos empleados en perforación (petróleo y gas natural), pinturas, concretos especializados (anti rayos-X o en plantas nucleares) e industria automotriz.
	Cobalto	Industria química. Se encuentra en turbinas de avión y cuchillas para corte industrial.
	Platino	Convertidores catalíticos, discos duros para computadoras, materiales dentales y equipo de laboratorio.
	Metales de tierras raras (p.ej. terio, holmio, lutecio, cerio)	Baterías, cerámica, vidrio, catalizadores químicos y aplicaciones metalúrgicas.

## Legislación internacional

La Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) es el tratado multilateral internacional sobre el océano y tiene como objetivos:<sup>7</sup>

1. Facilitar la comunicación entre naciones
2. Garantizar el uso equitativo y eficiente de los recursos marinos
3. Estudiar, proteger y preservar el medio marino
4. Conservar la biodiversidad marina.

La CONVEMAR estableció la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (AIFM) como el órgano que controla y organiza todas las actividades en los fondos y subsuelos marinos localizados en aguas internacionales, conocidos como *La Zona* (Figura 1).<sup>7,9</sup> La AIFM promulga Reglamentos y Códigos de Minería<sup>9</sup> y es la única autoridad facultada para otorgar concesiones de explotación de recursos minerales en *La Zona*.<sup>9</sup> Hasta la fecha ha otorgado 29, con una duración de 15 años, de las cuales 17 son para nódulos polimetálicos, 7 para sulfuros polimetálicos y 5 para costras de ferromanganeso.<sup>9</sup>

De las concesiones para nódulos polimetálicos, 16 se otorgan en la zona de Fracturas Clarion-Clipperton (FCC), localizada al este del Océano Pacífico (al norte del Ecuador, entre Hawái y México).<sup>10,17</sup> La FCC tiene una alta densidad de nódulos polimetálicos (con un estimado de 21 mil millones de toneladas)<sup>10,27</sup> y dentro de ésta, la AIFM propuso 9 zonas de importancia ecológica para la conservación de la biodiversidad.<sup>9</sup> Otras zonas ricas en nódulos polimetálicos son: la cuenca de Perú, Golfo de Cádiz, Banco de Galicia y los Mares Negro y Báltico.<sup>10</sup> Las empresas o consorcios (gobierno-iniciativa privada) que han obtenido concesiones con la AIFM provienen de los siguientes países: China, Islas Cook, Reino Unido, Singapur, Bélgica, Kiribati, Tonga, Nauru, Alemania, India, Francia, Japón, Corea del Sur, Rusia, Bulgaria, Cuba, República Checa, Polonia, Eslovaquia y Brasil.<sup>9</sup>

## Minería en México

Todas las actividades mineras, en terrenos y salinas marinas, realizadas en México están reguladas por la Ley Minera, la que a su vez es reglamentaria del artículo 27 constitucional. Su aplicación corresponde al Ejecutivo Federal vía la Secretaría de Economía (SE), facultada para otorgar concesiones mineras en territorio nacional y considera los lineamientos de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). El Servicio Geológico Mexicano (SGM) es el encargado de identificar y cuantificar los recursos minerales de la Nación.<sup>28</sup> Las minas terrestres tienen tres características principales (Recuadro 3).<sup>29</sup>

### Recuadro 3. Características de las minas terrestres.<sup>29</sup>

- Tienen profundidad indefinida.
- Son limitadas por planos verticales.
- La superficie del terreno sobre la que se determina su perímetro.

Las concesiones mineras se otorgan por 50 años, contados a partir de la fecha de inscripción al Registro Público de Minería y las prórrogas se conceden por la misma duración. El artículo 20 de la Ley Minera regula la exploración-explotación en la zona federal marítimo-terrestre (lecho marino y subsuelo de la zona económica exclusiva).<sup>29</sup>

En 2010, México fue el primer destino para inversión minera en América Latina.<sup>30</sup> Las empresas mineras percibieron como favorables las políticas públicas mexicanas porque ofrecieron bajas tasas tributarias, no contemplaron regalías para los trabajadores mineros y se permitió la inversión extranjera.<sup>30</sup> Además, los mineros mexicanos cuentan con buen entrenamiento y amplia experiencia.<sup>30</sup> Producción minera en México (Tabla 5).<sup>31</sup>

Tabla 5. Producción minera en México.<sup>31</sup>

Año	Producción (miles de pesos)
2010	\$144,540,659.70
2011	\$214,485,392.60
2012	\$234,095,878.70
2013	\$200,946,362.00
2014	\$197,033,657.80
2015	\$213,675,865.70
2016	\$234,282,005.90

En México se extraen principalmente: oro, plata, plomo, cobre y zinc.<sup>31</sup> Durante el 2016, los países que invirtieron más en exploración de metales no-ferrosos, por ejemplo, aluminio y cobre, fueron (de mayor a menor): Canadá, Australia, EUA, Chile, Perú, México (Recuadro 4)<sup>31,32</sup>, China, Rusia, Brasil, República del Congo y Argentina.<sup>32</sup>

### Recuadro 4. Minería en México durante el 2016.<sup>31,32</sup>

- Representó 3.9% del Producto Interno Bruto.
- Contribuyó con 60.6% del total de impuesto sobre la renta recaudado por la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.
- Produjo un total de 354,702 empleos directos.
- El salario en la industria minera es 36% mayor que el promedio nacional.
- Al cierre del año estaban contratados 12,109 profesionistas (8.9% eran mujeres).
- El país ocupó lugares importantes en la producción mundial de: plata (1°), fluorita (2°), bismuto-celestita-wollastonita (3°), molibdeno-plomo-zinc (5°), cadmio (6°), cobre-diatomita (7°), oro-sal (8°), manganeso-yeso (9°) y barita (10°).

Por otro lado, México ha perdido atractivo para la inversión minera internacional debido a la ausencia de claridad legislativa en materia fiscal, laboral, ambiental, de tenencia de la tierra y de seguridad.<sup>32</sup> Esta situación se refleja en el *índice de atractivo para la inversión (IAI)* publicado por el *Fraser Institute*, el cual describe la percepción que tienen las empresas mineras sobre las políticas públicas y los recursos minerales de los distintos países, ponderados con el 40 y 60%, respectivamente.<sup>33,34</sup> El IAI ha ubicado a México a nivel internacional en los lugares: 50 (2016, IAI = 67.06), 37 (2015, 68.93) y 33 (2014, 75.96).<sup>33,34</sup>

La minería terrestre en México también ha provocado:<sup>35</sup>

- Modificación del paisaje natural.
- Grandes cantidades de desechos (cerros artificiales de material rocoso).
- Pérdida de áreas agrícolas y naturales.
- Contaminación del agua, aire y suelos.
- Derrama económica no equitativa (por ej. de cada mil dólares sólo 18 centavos de dólar se destinan a las comunidades cercanas a las minas).
- Transferencia del patrimonio natural comunitario a particulares.
- Sobreexplotación de minerales (recursos no-renovables).
- Mano de obra mal remunerada y sobreexplotada.
- Consumo alto de energía eléctrica.

La minería debe cumplir Leyes y Normas Oficiales Mexicanas, por ejemplo:<sup>36</sup>

- Ley Federal de Responsabilidad Ambiental.
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Medio Ambiente.
- Ley General de Vida Silvestre.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley Federal del Mar.
- NOM-120-SEMARNAT-2011.
- NOM-141-SEMARNAT-2003.
- NOM-155-SEMARNAT-2007.
- NOM-157-SEMARNAT-2009.
- NOM-159-SEMARNAT-2011.

México posee distintos recursos minerales encontrados en sus costas y mares (Tabla 6).<sup>37</sup>

**Tabla 6. Recursos minerales en costas y mares mexicanos.**<sup>37</sup>

Recurso	Información relevante
Cloruro de sodio (sal común)	Se obtiene en salinas. La de Guerrero Negro, Baja California Sur puede producir más de 8 millones de toneladas anuales.
Cuarzo (óxido de silicio), hierro y titanio	Se obtienen de arenas ricas en estos minerales. Principalmente en los estados de Baja California, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.
Nódulos polimetálicos	Se localizan principalmente en el Océano Pacífico Occidental (porción noreste de la FCC).
Sulfuros polimetálicos	Se localizan al sur de la Península de Baja California (a lo largo de la dorsal del Océano Pacífico Oriental). Presentan altas concentraciones de zinc, hierro y cobre.
Costras de ferromanganeso	Existen condiciones (montes submarinos) propicias para la formación de este tipo de recursos. En el Océano Pacífico se reportan siete sitios con estos recursos y en el Mar Caribe uno.
Hidrocarburos	Las reservas más importantes se localizan en el Golfo de México.

A nivel mundial, México ocupa el décimo segundo lugar en cuanto a superficie marina<sup>3</sup> y la comunidad científica mexicana investiga distintos aspectos de los ecosistemas marinos. Por ejemplo, a partir de muestras obtenidas de aguas y sedimentos del suroeste del Golfo de México, se han identificado géneros bacterianos potencialmente infecciosos (por ej. *Brucella*, *Chlamydia*, *Helicobacter*, *Salmonella* y *Staphylococcus*).<sup>38</sup>

Otro ejemplo interesante ocurre en las *chapoteras* (fracturas naturales de las que emanan hidrocarburos) del Golfo de México, donde se han encontrado comunidades bacterianas capaces de degradar hidrocarburos.<sup>39</sup>

## Minería en mares profundos mexicanos

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (artículo 27) y la Ley Minera (artículos 1, 2 y 10) regulan las acti-

vidades en la zona federal marítimo-terrestre, pero aún no se cuenta con una ley de minería marina.

Actualmente en México no se realiza MMP<sup>37,40</sup> pero se extraen titanio e hierro a partir de arenas.<sup>37</sup> La empresa mexicana *Exploraciones Océánicas* (en colaboración con la estadounidense *Odyssey Marine Exploration*) propuso el proyecto *Don Diego* en el cual pretende extraer arenas ricas en fosfato del fondo marino en la Bahía de Ulloa (Baja California Sur).<sup>41</sup> El impacto al ambiente y actividad pesquera del proyecto Don Diego ha provocado preocupación entre la sociedad mexicana (comunidad científica, asociaciones civiles, SEMARNAT y Cámara de Diputados).<sup>42,43</sup> En la bahía de Ulloa habitan, temporal o permanentemente, especies biológicas de gran importancia comercial (como langostas, tiburones y cangrejos) y ecológica (p.ej. ballenas, tortugas y aves); asimismo se localiza cerca de la *Reserva de la Biósfera Desierto del Vizcaíno*.<sup>44</sup> Existen propuestas científicas internacionales para asesorar en políticas públicas relacionadas con la protección del mar profundo, por ejemplo la *Iniciativa de Gestión del Mar Profundo* (DOSI por sus siglas en inglés).<sup>45</sup>

Aproximadamente sólo el 30% de la superficie terrestre nacional ha sido inspeccionada, razón por la cual este tipo de minería es prioritaria para la iniciativa privada.<sup>40</sup>

Toda incursión minera en aguas internacionales debe realizarse con concesiones otorgadas por la AIFM. Para las empresas mexicanas, la Cámara Minera de México es el órgano que orienta y capacita sobre la realización de trámites ante cualquier autoridad con injerencia en minería.<sup>40</sup>

## Conclusiones

Debido a su ubicación geográfica, México cuenta con una gran variedad de recursos biológicos y minerales<sup>37,40</sup> y es responsabilidad del pueblo de México protegerlos y explotarlos de forma sustentable. En toda actividad minera debe minimizarse el impacto ambiental, que puede provocar daños irreversibles. Una opción sustentable es la *minería urbana*, específicamente el reciclaje de residuos eléctricos y electrónicos para satisfacer la creciente demanda de metales.<sup>46,47</sup>

La regulación actual mexicana permite concesiones mineras en mares territoriales,<sup>29</sup> pero aún no existe una ley especializada en minería marina. La participación de los expertos en mar profundo, las instituciones especializadas (como SEMARNAT o SGM), la sociedad civil y el gobierno serán clave para el desarrollo de una ley en la materia.

## Referencias

1. Coelho PCS, Teixeira JPF, Gonçalves ONBSM. *Environ Heal*. 2011. 3:788–802. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444522726004888>
2. Stewart RH. Texas A&M University. 2008. 358 p. Disponible en: [https://www.colorado.edu/oclab/sites/default/files/attached-files/stewart\\_textbook.pdf](https://www.colorado.edu/oclab/sites/default/files/attached-files/stewart_textbook.pdf)
3. Lara-Lara J. Capital natural de México. CONABIO. 2008. p. 135–59. Disponible en: [http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/105\\_Losecosistemasmar.pdf](http://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/105_Losecosistemasmar.pdf)

4. Lalli CM, Parsons TR. Second Edition. Burlington: Elsevier. 2013. 337 p. Disponible en: [http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB\\_ECOLOGIA/OF\\_files/54210854-Biological-Oceanography-an-Introduction.pdf](http://www.sisal.unam.mx/labeco/LAB_ECOLOGIA/OF_files/54210854-Biological-Oceanography-an-Introduction.pdf)
5. Gornitz V. International Geophysics. Elsevier Inc. 2001. p. 97–119. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0074614201800085>
6. Food and Agriculture Organization. United Nations. Rome. 2016. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
7. United Nations. C 1982. Disponible en: [http://www.un.org/depts/los/convention\\_agreements/texts/unclos/unclos\\_e.pdf](http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf)
8. Thistle D, Tyler PA, editor. Elsevier. 2003. p. 582. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.473.3524&rep=rep1&type=pdf>
9. International Seabed Authority [citado 01/01/2018]. Disponible en: <https://www.isa.org.jm/>
10. Sharma R, editor. Springer International Publishing. 2017. 535 p. Disponible en: <http://www.springer.com/us/book/9783319525563>
11. Senanayake G. Miner Eng. 2011. 24(13):1379–96. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2011.06.003>
12. Nautilus Minerals Inc. [citado 23/03/2018]. Disponible en: <http://www.nautilusminerals.com>
13. Neptune Minerals Inc. [citado 23/03/2018]. Disponible en: [www.neptuneminerals.com](http://www.neptuneminerals.com)
14. Food and Agriculture Organization. United Nations [citado 10/04/2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/provisioning-services/en/>
15. Sharma R. Entrevista personal.
16. Van Dover CL, Ardron JA, Escobar E, et al. Nat Geosci. 2017. 10(7):464–5. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2983>
17. Lodge MW. 88th Meeting of the Ocean Studies Board. Washington D.C. National Academies of Science; 2017. p. 1–6. Disponible en: <https://www.isa.org.jm/sites/default/files/documents/EN/SG-Stats/osb.pdf>
18. MaWB, Qi CL, Liu Q, Ding YH, Zhu W. Appl Clay Sci. 2017. 148(April):118–22. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169131717303629>
19. Jones DOB, Kaiser S, Sweetman AK, et al. PLoS One. 2017. 12(2). Disponible en: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0171750>
20. Nautilus Minerals Inc. Entrevista personal.
21. UNESCO. Vol. 84, IOC Technical Series. Paris; 2009. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001824/182451e.pdf>
22. Spalding MD, Fox HE, Allen GR, et al. Bioscience. 2007. 57(7):573–83. Disponible en: <https://academic.oup.com/bioscience/article-lookup/doi/10.1641/B570707>
23. United Nations. 1992. Disponible en: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>
24. Amon DJ, Ziegler AF, Dahlgren TG, et al. Sci Rep. 2016. 6(July):1–12. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/srep30492>
25. Escobar Briones E. Entrevista personal.
26. U.S. Geological Survey. Vol. 1, Mineral Commodity Summaries 2017. 202 p. Disponible en: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2017/mcs2017.pdf>
27. Smith Lab [citado 12/01/2018]. Disponible en: <https://craigsmithlab.com/abysline/>
28. Servicio Geológico Mexicano [citado 04/04/2018]. Disponible en: [www.gob.mx/sgm](http://www.gob.mx/sgm)
29. H. Congreso de la Unión. Estados Unidos Mexicanos. México: Diario Oficial de la Federación. Ley Minera. 1992 p. 34. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151\\_110814.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/151_110814.pdf)
30. González-Rodríguez J de J. México D.F.; 2011. Report No.: 121. Disponible en: <http://www3.diputados.gob.mx/camara/content/view/full/258443>
31. Subsecretaría de Minería. Secretaría de Economía. [citado 11/01/2018]. Disponible en: <http://www.siam.economia.gob.mx/es/siam/DG>
32. CAMIMEX. 2017. Disponible en: <https://www.camimex.org.mx/files/9515/0058/4028/02-Info17.pdf>
33. Jackson T, Green KP. Fraser Institute. 2017. Disponible en: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/survey-of-mining-companies-2016.pdf>
34. Fraser Institute [citado 12/01/2018]. Disponible en: <https://www.fraserinstitute.org/>
35. Guzmán-López F. Rev Geogr Agrícola. 2016. (57):109–28. Disponible en: [https://chapingo.mx/revistas/geografia/?section=article&id\\_articulo=2289&doi=10.5154/r.rga.2016.57.010](https://chapingo.mx/revistas/geografia/?section=article&id_articulo=2289&doi=10.5154/r.rga.2016.57.010)
36. Leyes y Normas Oficiales Mexicanas [citado 04/04/2018]. Disponible en: [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_190118.pdf), [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/146_190118.pdf), [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263\\_190118.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_190118.pdf), [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16\\_240316.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16_240316.pdf) <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/124.pdf>, <http://www.cofepriis.gob.mx/MJ/Paginas/Normas-Oficiales-Mexicanas.aspx>
37. Servicio Geológico Mexicano. Entrevista personal.
38. Escobedo-Hinojosa W, Pardo-López L. Pathog Dis. 2017. 75(5):1–9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28535299>
39. Pardo-López L. Entrevista personal.
40. CAMIMEX. Entrevista personal.
41. SEMARNAT [citado 27/03/2018]. Disponible en: <http://consultaspublicas.semarnat.gob.mx/expediente/bcs/estudios/2014/03B52014M0007.pdf>
42. Cámara de Diputados. 2015 [citado 27/03/2018]. Disponible en: [http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2015/12/asun\\_332075\\_5\\_20151215\\_1449612022.pdf](http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2015/12/asun_332075_5_20151215_1449612022.pdf)
43. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. 2015 [citado 27/03/2018]. Disponible en: <http://www.cemda.org.mx/el-gobierno-de-bcs-establece-que-el-proyecto-de-mineria-submarina-don-diego-pudiera-exacerbar-un-conflicto-de-indole-internacional/>
44. Ramírez-Rodríguez M, De la Cruz-Agüero G, Marín-Monroy EA, Ojeda-de la Peña MÁ, Ponce-Díaz G. La Paz. 2010. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/HQ003\\_Anejo5\\_Carac\\_Socioeco\\_Golfo\\_Ulloa.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/HQ003_Anejo5_Carac_Socioeco_Golfo_Ulloa.pdf)
45. Deep Ocean Stewardship Initiative. 2013 [citado 28/03/2018]. Disponible en: <http://dosi-project.org/>
46. Arora R, Paterok K, Banerjee A, Saluja MS. IIMB Manag Rev. 2017. 29(3):210–24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iimb.2017.06.001>
47. Van Eygen E, De Meester S, Tran HP, Dewulf J. Resour Conserv Recycl. 2016. 107:53–64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.10.032>