



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería en Organización Industrial

**Impacto social del ciclo de vida de un producto
electrónico: fase de extracción de minerales**

Autor:

Mateo Gutiérrez, Sonsoles

Tutor(es):

**Cáceres Gómez, Santiago
Departamento de Tecnología
Electrónica de la Universidad de
Valladolid**

Valladolid, julio 2020.

RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es realizar un análisis del impacto del ciclo de vida social de los productos electrónicos, centrándose en la etapa de extracción de minerales utilizados para su fabricación.

Para ello, se han identificado los puntos críticos presentes dentro de las distintas etapas del ciclo de vida, y posteriormente se ha enfocado el estudio en la fase mencionada. Dentro de esta fase se estudian los principales minerales usados en la electrónica, distinguiendo cuáles son críticos y de conflicto. De estos últimos se describen sus propiedades, usos e impacto social en los recursos humanos tanto externos como internos.

Para finalizar, se ha realizado el análisis de las principales leyes, sobre los minerales de conflicto, en Europa y Estado Unidos, con el fin de obtener una visión global, indicando cuales son los minerales y países de los mencionados en el estudio que se ven afectados por las legislaciones.

PALABRAS CLAVE

Ciclo de vida social, Minerales de conflicto, Impacto social, Ciclo de vida de la electrónica, Responsabilidad social de la ingeniería

ABSTRACT

The main objective of this work is to carry out an analysis of the impact of the social life cycle of electronic products, focusing on the stage of extraction of the minerals used for their manufacture.

To this end, the critical points present within the different stages of the life cycle have been identified, and subsequently the study has been focused on the aforementioned phase. Within this phase, the main minerals used in electronics are studied, distinguishing which ones are critical and conflict. Off the later, their properties, uses and social impact on both, internal and external human resources, are described.

Finally, the analysis of the main laws on conflict minerals, in Europe and United States has been carried out in order to obtain a global vision. It indicates which are the minerals and countries mentioned in the study that are affected by the laws.

KEYWORDS

Social life cycle, Conflict minerals, Electronics life cycle, Social responsibility of engineering.

ÍNDICE

RESUMEN	3
PALABRAS CLAVE.....	3
ABSTRACT	5
KEYWORDS	5
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	9
1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	13
1.1. INTRODUCCIÓN.....	13
1.2. JUSTIFICACIÓN	15
1.3. OBJETIVOS.....	19
2. CICLO DE VIDA Y ASPECTOS SOCIALES.....	23
2.1 CICLOS DE VIDA INVOLUCRADOS EN LOS PROYECTOS	23
2.1.1. CILO DE VIDA DEL PROYECTO	23
2.1.2. CICLO DE VIDA DEL PROCESO.....	24
2.1.3. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO	25
2.2 CICLOS DE VIDA DE LOS TRES PILARES DE LA SOSTENIBILIDAD	26
2.2.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL	28
2.2.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA ECONÓMICO	29
2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SOCIAL.....	30
3. EXTRACCIÓN DE MINERALES.....	37
3.1. MINERALES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS ELECTRÓNICOS.....	37
3.1.1. MINERALES CRÍTICOS.....	40
3.2. IMPACTO SOCIAL EN LA EXTRACCIÓN DE MINERALES	42
3.2.1. MINERALES DE CONFLICTO.....	42
3.2.2. INDONESIA.....	44
3.2.3. GHANA.....	50
3.2.4. REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO	55
3.2.5. CHINA	69
3.2.6. EL TRIÁNGULO DEL LITIO.....	74
3.2.7. CONCLUSIONES GENERALES EN LO RELATIVO AL IMPACTO DE LA EXTRACCIÓN DE MINERALES	80

3.3	NORMATIVAS VIGENTES ACERCA DE LOS MINERALES DE CONFLICTO	81
4.	CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
4.1.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	89
4.2.	CONCLUSIONES.....	90
	REFERENCIAS	95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ciclo de vida del proyecto: fuente: (Labuschagne & Brent, 2005)	24
Ilustración 2: Ciclo de vida del proceso: fuente: (Labuschagne & Brent, 2005)	25
Ilustración 3: Ciclo de vida del producto: fuente(Labuschagne & Brent, 2005)	25
Ilustración 4: Relación entre los ciclos de vida: fuente(Labuschagne & Brent, 2005)	26
Ilustración 5: Elementos utilizados en la electrónica. Elaboración propia a partir de: (Rick Row, 2010)	37
Ilustración 6: Residuos electrónicos. Fuente: (Baldé et al., 2017)	38
Ilustración 7: Elementos presentes en un ordenador portátil. Fuente: (Benoit et al., 2012)	39
Ilustración 8: Elementos presentes en un teléfono móvil. Fuente: (Brunning, 2019)	40
Ilustración 9: Minerales críticos. Fuente: (Manuel Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014)	41
Ilustración 10: Producción de estaño. Elaboración propia a partir de: (British Geological Survey, 2018)	45
Ilustración 11: Producción de oro. Elaboración propia a partir de:(British Geological Survey, 2018)	50
Ilustración 12:Extracción de cobalto, fuente: (U.S. Geological Survey, 2020)	58
Ilustración 13: Minería en la República Democrática del Congo; fuente: (La Rédaction, 2018)	63
Ilustración 14: Mapa político de la RDC en la actualidad. Fuente: (United States Government Accountability Office, 2016)	64
Ilustración 15:Producción de tierras raras. Elaboración propia a partir de:(U.S. Geological Survey, 2020)	70
Ilustración 16: Estados de oxidación de las tierras raras: fuente:(Sáez Puche et al., 2000)	70
Ilustración 17: El triángulo del litio: fuente (Herranz García et al., 2017)	74
Ilustración 18: Producción y reservas mundiales de litio: fuente(U.S. Geological Survey, 2020)	75
Ilustración 19: Crecimiento de venta de coches eléctricos. Fuente: (Shankleman et al., 2017)	76
Ilustración 20: Determinaciones de la empresa sobre las fuentes de minerales de conflicto: fuente(United States Government Accountability Office, 2018)	86

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1. INTRODUCCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCIÓN

El ser humano interactúa constantemente en mayor o en menor medida con el entorno que le rodea, esta interacción tiene una serie de impactos, tanto negativos como positivos. A su vez, la ingeniería es la disciplina fundamental del progreso y desarrollo de la sociedad y que ha impulsado la historia de la humanidad. Por lo tanto, los mayores impactos producidos por el hombre en el entorno se deben a su práctica.

Paralelamente, existe una creciente preocupación y concienciación en la sociedad por la búsqueda de lo sostenible. Sin embargo, cuando se habla de sostenibilidad, de su cuantificación y cualificación, se suele relacionar principalmente con la dimensión ambiental frente a las otras dos dimensiones (económica y social). “Incluso a pesar de construir tres sistemas entrelazados que se encuentran en equilibrio como si de una balanza o triángulo se tratase, en su origen hay una rama que es la que adquirió mayor peso, importancia, tiempo de desarrollo, profundidad y evolución en la investigación de técnicas, metodologías y herramientas.”(López Alonso, 2017, p. 42)

Como bien expone Silvia López, son muchos los autores que toman conciencia de la importancia de la dimensión social dentro de la sostenibilidad y de reforzarla fomentando su estudio y desarrollo. En consecuencia, se está produciendo un cambio en el que el pilar social está adquiriendo cierta presencia, aunque todavía dista de los otros dos, el económico y el ambiental. Este crecimiento supone un mayor interés no solo en el campo de investigación, sino en la sociedad.

Por otra parte, el concepto de ciclo de vida nació en la década de los noventa y hace alusión a cada una de las etapas consecutivas e interrelacionadas de un producto, desde la adquisición de la materia prima o la generación de esta, a partir de recursos naturales, hasta su disposición final (López Alonso, 2017).

Siguiendo lo analizado por Carin Labuschagne (2005), durante la realización de un proyecto intervienen tres ciclos de vida, el del proyecto, el proceso y el producto. Existiendo estrechas relaciones entre diferentes etapas de cada uno de los tres ciclos de vida. De igual forma, existen tres ciclos de vida asociados a cada uno de los pilares de la sostenibilidad, siendo el ciclo de vida social el menos estudiado. En parte esto se debe a que en ocasiones puede generar debate, principalmente porque depende de los contextos culturales y por falta de fundamento en una especialidad objetiva. Por consiguiente, se ha considerado tratar en el presente trabajo acerca del ciclo de vida que actualmente se encuentra menos estudiado, el ciclo de vida social.

Existen dos instituciones que desempeñan un papel fundamental en el estudio y desarrollo de métodos, técnicas y herramientas relacionadas con el ACV (Análisis del Ciclo de Vida) a través de “La Iniciativa del Ciclo de Vida”, la UNEP (United Nations Environment Programme) y la SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry). Otro de los objetivos de esta iniciativa es buscar un desarrollo sostenible durante todo el ciclo de vida. Estas instituciones han sido clave para la dimensión social, ya que son grandes referencias en las metodologías para su estudio.

Por su parte, la ingeniería es esencial para la búsqueda del desarrollo sostenible. Además, actualmente no se concibe una sociedad en la que la tecnología no esté presente en la vida diaria de las personas. Siendo la industria electrónica una de las industrias con mayor impacto y presencia en la sociedad. El consumo de productos electrónicos ha crecido de forma casi lineal en los últimos años y según estimaciones seguirá creciendo. Este consumo se ha visto amentado debido al rápido desarrollo de los dispositivos, provocando que su ciclo de vida se vea acortado. El aumento de la demanda de estos dispositivos conlleva un crecimiento paralelo en la necesidad de materias primas para su fabricación.

Según algunos de los documentos estudiados acerca del ciclo de vida social de los productos electrónicos como son los escritos por Ciroth y Franze (2011), Benoit et. al (2012) o por Sibaud y The Gaia Foundation (2013); se pueden observar *hotspots* o puntos críticos que reflejan problemas de sostenibilidad asociados. Sin embargo, en los documentos que identifican los *hotspots* durante el ciclo de vida de los productos electrónicos no se ha encontrado una profundización de la realidad del impacto. Es por esto, por lo que se ha considerado realizar este trabajo, primeramente, haciendo alusión a los *hotspots* de todo el ciclo de vida de estos productos, y posteriormente enfocándolo en una de las etapas con la información encontrada dentro de documentos más concretos.

El presente trabajo está enfocado en la etapa de obtención de materias primas, dentro de la cual se encuentra su extracción. El motivo de elección de esta etapa se debe a que, según los documentos estudiados, es una de las etapas que mayor impacto genera. Asimismo, esta etapa está generando una gran controversia en la actualidad.

La mayoría de los minerales usados como materias primas en la fabricación de dispositivos electrónicos son considerados como críticos en los países de fabricación de los mismos. De manera que existe una gran dependencia de los países en los que se extraen estos minerales. Los *hotspots* relacionados con la etapa escogida para este trabajo se encuentran presentes en el momento en el que estos minerales pasan a ser denominados “minerales de conflicto”,

debido a las vulneraciones de algunos derechos humanos o el favorecimiento de la presencia de grupos armados en los países de extracción.

Generalmente el concepto de los “minerales de conflicto” hace alusión a las 3T (tungsteno, tántalo y estaño) y al oro, y principalmente se asocia con la minería en la República Democrática del Congo (RDC). Además, las leyes existentes que regulan el comercio de los minerales de conflicto, La ley de Dodd Frank (2010) en Estados Unidos y el Reglamento Europeo (2017a) en la Unión Europea, contemplan en su mayoría el comercio de las 3T y el oro, y se encuentran centradas en la RDC. Sin embargo, y como se pretende demostrar en este trabajo con algunos ejemplos de los elementos más utilizados para la fabricación de productos electrónicos, el impacto de la extracción de los minerales asociados a la electrónica está relacionado con numerosos minerales y países.

Para el estudio se han tomado países con producción de grandes porcentajes de algunos de los minerales más usados en la electrónica, en aquellos países donde la minería conlleva un gran impacto en la sociedad. De este modo, durante el desarrollo de este trabajo se procura llevar un esquema en el estudio de cada uno de ellos. En primer lugar, comentando las propiedades de cada uno de los minerales que les hacen ser tan preciados en la industria electrónica, además de sus principales usos. Y posteriormente, se procura analizar de la manera más verídica posible, tanto las condiciones laborales de los trabajadores, como el impacto en las poblaciones cercanas.

Finalmente, con los datos obtenidos durante el estudio del impacto social de la extracción de estos minerales se pretende analizar las políticas existentes en relación con los minerales de conflicto. De forma que se pueda obtener una visión global de la situación.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Anteriormente, se ha comentado que la ingeniería tiene un papel clave dentro de la búsqueda y desarrollo la sostenibilidad debido a los grandes impactos que tiene en cada una de las tres dimensiones. Dentro de distintos acuerdos, alianzas y acreditaciones internacionales entre diferentes países, con el fin contribuir al aumento de la movilidad de los ingenieros profesionales alrededor del mundo, se expone la importancia de que los futuros ingenieros salgan con una formación no solo científica y técnica, sino con valores que estén comprometidos con la sociedad y el medio ambiente.

La obtención de estas acreditaciones proporciona a las universidades una verificación de la calidad de la enseñanza proporcionada, de modo que se

demuestre que se cumplen con los estándares internacionales de la educación en ingeniería.

Como claros ejemplos de estos acuerdos, alianzas y acreditaciones se encuentran:

- ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology) agencia de acreditación de programas dentro de EE. UU., aunque otras universidades fuera de EE. UU. también buscan obtener esta acreditación. Se encarga de asegurar que los programas en ciencias aplicadas, computación, ingeniería y tecnología cumplen los estándares de calidad internacionales exigidos para dichas disciplinas.
- International Engineering Alliance formado por 41 jurisdicciones en 29 países diferentes con el objetivo de reconocer títulos de enseñanza de la Ingeniería y de la competencia profesional. Dentro de esta alianza, el acuerdo que hace referencia a los ingenieros profesionales es el acuerdo de Washington, con el objetivo de buscar un entendimiento acerca de la calidad de los ingenieros que entran en un espacio de trabajo conectado globalmente.
- CEAB (Canadian Engineering Accreditation Board) en Canadá, con el propósito de identificar los programas de ingeniería cuyos graduados estén académicamente cualificados para ejercer como ingenieros profesionales en Canadá.
- ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education) en la Comunidad Europea, cuyo objetivo consiste en promover y mejorar la calidad de la educación de los graduados en ingeniería para facilitar su movilidad profesional y potenciar su capacidad individual y colectiva de modo que satisfagan las necesidades de la sociedad y los mercados.

En todos y cada uno de los acuerdos y alianzas mencionados existen apartados referenciados a la importancia de una educación comprometida con la sociedad y el medioambiente. Sin embargo, son algunas como la canadiense o el acuerdo de Washington las que hacen más énfasis en esta parte de la educación. Cabe destacar la definición que se da a la ingeniería dentro del acuerdo de Washington:

“Actividad esencial para satisfacer las necesidades de las personas, el desarrollo económico y la preservación de servicios a la sociedad. La ingeniería implica la aplicación intencional de las ciencias matemáticas y naturales y un cuerpo de conocimientos, tecnología y técnicas de la ingeniería. La ingeniería busca producir soluciones cuyos efectos se predigan en el mayor grado posible en contextos algunas veces inciertos. Si bien aporta beneficios, las actividades de la ingeniería tienen posibles consecuencias adversas. Por tanto, la ingeniería debe llevarse a cabo de manera responsable y ética, usar los

recursos disponibles de manera eficiente, ser económico, salvaguardar la salud y la seguridad, ser ambientalmente responsable y sostenible, y en general, gestionar los riesgos durante todo el ciclo de vida de un sistema.”(International Engineering Alliance, 2013, p. 1).

En dicho acuerdo se expone como algunos de los atributos de los ingenieros formados la comprensión del impacto de la ingeniería en los ámbitos: económico, social, cultural, ambiental y de sostenibilidad, conociendo además, los problemas que supone en ocasiones la práctica de la ingeniería en las disciplinas ética y en la salud pública (International Engineering Alliance, 2013).

Siguiendo lo descrito en el anterior documento, los graduados deben tener conocimientos acerca de la responsabilidad, evaluación de la sostenibilidad y el impacto de la ingeniería en el medioambiente y la sociedad. Así como, conocimientos sobre cómo aplicar principios éticos que se comprometan con la sociedad y las normas de la práctica de la ingeniería, los requisitos legales y reglamentarios.

En el caso de otra de las acreditaciones internacionales como es la ABET (Accreditation Board of Engineering and Technology) (2018), se establece que todos los programas que buscan dicha acreditación necesitan demostrar una serie de criterios. Entre estos criterios se estipula que como resultados esperados en los alumnos están, por una parte, “la habilidad de reconocer responsabilidades éticas y profesionales durante la práctica de la ingeniería y hacer juicios informados que consideren el impacto de las soluciones de la ingeniería en contextos globales económicos, ambientales y sociales”(2018, p. 5). Por otra parte, “la capacidad de aplicar la ingeniería para producir soluciones que satisfagan necesidades específicas con consideración de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, ambientales y económicos”(2018, p. 5).

Dentro de esta acreditación, más concretamente en el apartado de ingenierías del ámbito de gestión se espera que “los graduados estén preparados para comprender las relaciones de ingeniería entre las tareas de gestión de planificación, organización, liderazgo, control y el elemento humano en las organizaciones de producción, investigación y servicio”(2018, p. 22).

Una de las acreditaciones más completas con respecto a la educación ambiental y ética es la acreditación CEAB (Canadian Engineering Accreditation Board) (2019). Esta acreditación, “espera de sus miembros que formen ingenieros con competencia en ingeniería, así como con una comprensión de la ingeniería en la sociedad” (2019, p. 6). De este modo, “los programas de acreditación de ingeniería no solo deben contener las matemáticas adecuadas, ciencias e ingeniería, sino que también deben desarrollar las habilidades de comunicación y una comprensión de los impactos ambientales, culturales, económicos y sociales de la ingeniería en la sociedad, los conceptos de

desarrollo sostenible y la capacidad de aprendizaje a lo largo de la vida”(2019, p. 6).

Considera como atributos requeridos para los graduados: “la habilidad de diseñar soluciones que presten la atención adecuada a los riesgos a la salud y la seguridad, las normas aplicables y las consideraciones económicas, ambientales, culturales y sociales”(2019, p. 7); “el entendimiento de las funciones y responsabilidades del ingeniero profesional en la sociedad, especialmente el papel primordial de la protección del público y el interés público”(2019, p. 8); “la capacidad de analizar aspectos sociales y medioambientales de las actividades de la ingeniería”(2019, p. 8); la comprensión de los conceptos de diseño y desarrollo sostenibles y la administración del medioambiente; y “la capacidad de aplicar la ética, responsabilidad y equidad profesional”(2019, p. 8).

Esta acreditación establece que, para trabajar los objetivos éticos y comprometidos con la sociedad y el medioambiente, los planes de estudio de las ingenierías que pasen por esta acreditación deben contener un mínimo de 225 horas lectivas de estudios complementarios que incluyan humanidades, ciencias sociales, arte, idiomas, gestión, ingeniería económica y comunicaciones. Estos estudios se consideran esenciales en la educación del ingeniero. En consecuencia, el plan de estudios debe contener estudios relacionados con diversos campos como: profesionalidad, ética, equidad y derecho; el impacto de la tecnología y la ingeniería en la sociedad; o el desarrollo sostenible y administración medioambiental.

Por último, dentro la Unión Europea, como se ha mencionado antes, está presente la ENAEE (European Network for Accreditation of Engineering Education) (2015). Esta autoriza a agencias de calidad conceder el sello EUR-ACE (EURopean-ACcredited Engineer) a los programas acreditados para alcanzar sus objetivos. Dicho sello se encuentra actualmente otorgado a algunas de las ingenierías de la Escuela de Ingenierías Industriales de Valladolid.

Decreta que los alumnos que obtienen el Título de Grado deben contar con las destrezas necesarias para identificar, formular y resolver problemas de ingeniería en sus campos de estudio; y las destrezas para desarrollar y diseñar productos complejos, procesos y sistemas., así como, saber seleccionar y aplicar los métodos analíticos, computacionales y experimentales convenientes. Teniendo en cuenta en todo momento la importancia de las limitaciones no técnicas (sociales, sanitarias, medioambientales, económicas e industriales) de modo que se elijan y apliquen las metodologías adecuadas (ENAEE, 2015).

Los graduados deben tener según esta acreditación “conocimientos necesarios relativos a las implicaciones no técnicas (sociales, sanitarias, de seguridad, medioambientales, económicas e industriales) de la práctica de la

ingeniería”(2015, p. 8) y saber “recopilar e interpretar datos relevantes y gestionar su complejidad en su ámbito de especialidad para emitir juicios informados sobre cuestiones sociales y éticas” (2015, p. 8).

Se obtiene como conclusión un claro crecimiento del interés a nivel global por buscar una ingeniería comprometida con el entorno, que tenga en cuenta las tres dimensiones (social, económica y medioambiental). Es por ello por lo que he considerado realizar el presente Trabajo de Fin de Grado centrándome en la dimensión de la que existe menor conocimiento e investigación, la dimensión social, con el fin de buscar una ingeniería comprometida con la sociedad en todo el ciclo de vida de los productos.

Más concretamente, como estudiante de Ingeniería en Organización Industrial es fundamental saber cómo gestionar la cadena de suministro de una industria. Para ello es necesario conocer adecuadamente a los proveedores y sus políticas de trabajo. De este modo, con este trabajo se pretende conocer las condiciones de extracción de los minerales más usados actualmente en la electrónica, así como las leyes vigentes en Europa y Estados Unidos que deben cumplir los proveedores en relación con las condiciones de extracción de minerales y su posterior comercialización.

1.3. OBJETIVOS

El presente Trabajo de Fin de Grado cuenta con los siguientes objetivos:

- Conocer qué es el ciclo de vida social.
- Identificar los impactos sociales significativos de los dispositivos electrónicos a lo largo de su vida.
- Examinar los impactos sociales más significativos en la etapa de obtención de materias primas.
- Analizar las principales políticas desarrolladas sobre minerales de conflicto.

CAPÍTULO 2: CICLO DE VIDA Y ASPECTOS SOCIALES

2. CICLO DE VIDA Y ASPECTOS SOCIALES

El concepto del ciclo de vida nació en la década de los noventa con el objetivo de analizar y desarrollar una metodología para la evaluación del impacto ambiental de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida.

En el presente trabajo tomaremos como referencia para el estudio del ciclo de vida del producto la Norma ISO 14000 donde está definido como ciclo de vida de un producto o servicio: “Etapas consecutivas e interrelacionadas de un sistema de producto (o servicio), desde la adquisición de materia prima o su generación a partir de recursos naturales hasta la disposición final.” (AENOR, 2015, p. 15)

Previamente a hablar en concreto del ciclo de vida del producto y de las tres dimensiones que se le confiere actualmente es conveniente relacionarlo con el ciclo de vida de un proyecto tomando como base la tesis de Carin Labuschagne (2005).

2.1 CICLOS DE VIDA INVOLUCRADOS EN LOS PROYECTOS

Un proyecto se define como “un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”(Project Management Institute, 2017, p. 4). Las empresas son responsables del impacto de los proyectos en la sociedad, el medioambiente y la economía. Por tanto, el proyecto tendrá una serie de consecuencias en el entorno, y será durante su ciclo de vida, un modo de implementar un cambio en los productos o servicios.

Este trabajo trata sobre la industria de procesos. Por consiguiente, es importante diferenciar entre los tres ciclos de vida que intervienen:

- Ciclo de vida del proyecto
- Ciclo de vida del proceso
- Ciclo de vida del producto

2.1.1. CILO DE VIDA DEL PROYECTO

Según Carin Labuschagne (2005) no existe un ciclo de vida del proyecto definido, cada proyecto puede ser emprendido de diversas maneras según el enfoque dado. Pero para su estudio se puede utilizar un ciclo de vida del proyecto genérico:



Ilustración 1: Ciclo de vida del proyecto: fuente: (Labuschagne & Brent, 2005)

Las fases definidas dentro de este ciclo de vida genérico para el estudio son:

- Generación de ideas
- Pre viabilidad
- Viabilidad
- Desarrollo
- Ejecución y supervisión
- Lanzamiento
- Cierre del proyecto

2.1.2. CICLO DE VIDA DEL PROCESO

Dentro de la norma ISO se define proceso como “Conjunto de actividades interrelacionadas o que interactúan, que transforman las entradas en salidas.”(AENOR, 2015, p. 15)

Muchas veces el ciclo de vida del proyecto y el del proceso son vistos como uno solo, sin embargo, es el proyecto el que implementa el proceso. El proceso está formado por una serie de operaciones destinadas a obtener el producto (Labuschagne & Brent, 2005).

Siguiendo lo descrito por Labuschagne, existen diferencias significativas entre el proyecto y las operaciones como son: el proyecto tiene inicio y final determinados, es único, produce una nueva entrega específica, y tiene un equipo multidisciplinar y temporal, mientras que una operación es continua, tiene como resultado un producto y tiene un personal estable y con aptitudes específicas.

Si tomamos las fases de diseño como una sola y las fases de inicio y puesta en marcha como parte de la fase de construcción nos queda un esquema simplificado en cuatro partes:

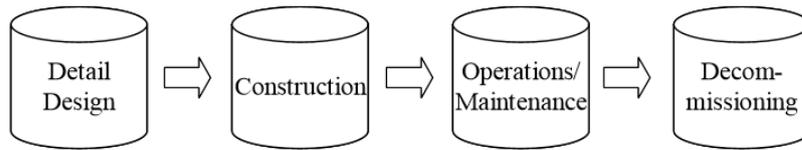


Ilustración 2: Ciclo de vida del proceso: fuente: (Labuschagne & Brent, 2005)

Como se puede ver en el esquema superior esas cuatro fases diferenciadas son: diseño detallado, construcción, operaciones y desmantelamiento.

2.1.3. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

Por último, se encuentra el ciclo de vida del producto. El objetivo principal del proceso es obtener un producto final o mejorar las condiciones de fabricación de manera que se satisfaga al cliente.

Desde el punto de vista del ACV (Análisis de Ciclo de Vida), el ciclo de vida del producto consiste en cinco fases:



Ilustración 3: Ciclo de vida del producto: fuente(Labuschagne & Brent, 2005)

Dichas fases son: fase previa a la fabricación, fabricación del producto, transporte del producto, uso y gestión de los desechos.

El siguiente esquema muestra gráficamente la relación existente entre los diferentes ciclos de vida del proyecto hablados:

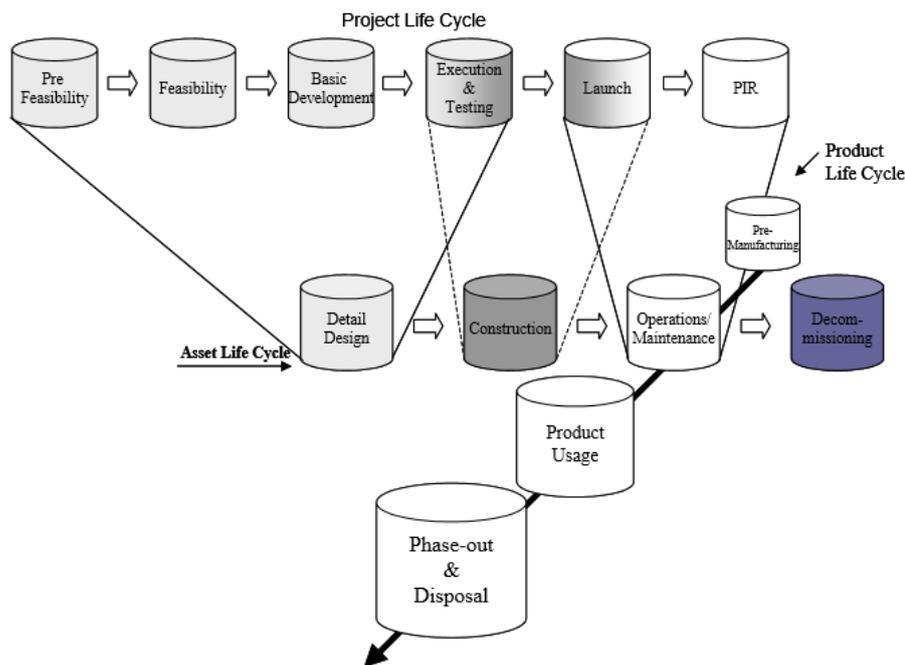


Ilustración 4: Relación entre los ciclos de vida: fuente(Labuschagne & Brent, 2005)

En el esquema superior se pueden observar relaciones claras. La primera fase del proceso se realiza a partir de la primera fase del proyecto. Una vez finalizada la ejecución y testeado del proyecto se dispone de toda la información para finalizar el diseño del proceso. Del mismo modo, durante la ejecución y testeado, del proyecto, el proceso se encuentra en construcción y al finalizar se corresponde con el fin de la etapa de lanzamiento del proyecto. Durante la fase de lanzamiento del proyecto serán necesarias tareas de control y mantenimiento del proceso. Llegados al punto del final de la construcción del proceso, el proyecto estará prácticamente terminado. En este caso finalizará con la obtención de la realidad industrial.

2.2 CICLOS DE VIDA DE LOS TRES PILARES DE LA SOSTENIBILIDAD

A lo largo de los años el concepto de ciclo de vida ha adquirido importancia y se ha ido introduciendo a nivel internacional dentro de la comunidad científica. Como se ha mencionado anteriormente, fue la perspectiva ambiental la que provocó el comienzo del interés por el análisis del ciclo de vida, provocando el comienzo de investigaciones y estudios. Esto permitió un desarrollo en mayor

profundidad y amplitud frente a las otras dos dimensiones del ciclo de vida conocidas actualmente (López Alonso, 2017).

Como expone Silvia López en su tesis sobre El Ciclo de Vida Social existen dos instituciones que tienen un papel fundamental en el estudio y desarrollo de métodos, técnicas y herramientas relacionadas con el ACV a través de lo que se conoce como: “La Iniciativa del Ciclo de Vida”. Estas son: la United Nations Environment Programme (UNEP), es decir, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC), la Sociedad de Toxicología y Química Ambiental.

Esta organización recoge que “el objetivo de la iniciativa del Ciclo de Vida consiste en poner el concepto del ciclo de vida en práctica y mejorar las herramientas de apoyo a través de mejores datos e indicadores. Y su misión es desarrollar y difundir herramientas prácticas para evaluar las oportunidades, los riesgos, y las ventajas y desventajas asociadas con los productos y servicios a través de todo su ciclo de vida para lograr el desarrollo sostenible.”(UNEP/SETAC, 2009, p. 28)

El ciclo de vida como se ha mencionado a lo largo de este trabajo presenta tres pilares fundamentales de la sostenibilidad: económico, social y ambiental. Cada uno tiene un ciclo de vida que se centra en cada dimensión por separado: Análisis del Ciclo de Vida Ambiental (ACV), Análisis del Ciclo de Vida Económico o Análisis de Costes del Ciclo de Vida (ACV Económico) y el Análisis de Ciclo de Vida Social (ACV Social). Si bien en los últimos años se han realizado avances significativos en el ciclo de vida ambiental, todavía se requieren métodos más robustos y consistentes en lo relativo a los ciclos de vida social y económico.

El nivel superior que engloba el análisis del Ciclo de Vida de estos tres pilares es denominado “Análisis del Ciclo de Vida de la Sostenibilidad (ACVS)”.

Las etapas que se tomarán de referencia para el Ciclo de Vida del producto en este trabajo son las definidas en la Norma ISO 14000:

- Adquisición de materias primas
- Diseño
- Producción
- Transporte/entrega
- Uso
- Tratamiento al finalizar la vida
- Disposición final

2.2.1. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA AMBIENTAL

Conviene comenzar comentando esta dimensión debido a que es la que más estudios, análisis y desarrollo tiene en la actualidad. Para ello es importante hablar de la norma ISO 14001¹ debido a que es la normativa que a nivel internacional tiene mayor peso respecto a este pilar.

Dentro de esta normativa se expone que el objetivo de la ISO 14001 es el siguiente: “proporcionar a las organizaciones un marco de referencia para proteger el medio ambiente y responder a las condiciones ambientales cambiantes, en equilibrio con las necesidades socioeconómicas. (AENOR, 2015, p. 9).

También es importante la definición que se da dentro de la UNEP/SETAC debido a que, como se ha mencionado anteriormente, es una organización de referencia: “Técnica que tiene como objetivo abordar los aspectos ambientales de un producto y sus potenciales impactos ambientales a lo largo de la vida del producto. El término producto se refiere tanto a bienes como servicios.”(2009, p. 33)

Dentro de la Norma ISO 14001 se especifica los requisitos de los sistemas de gestión para aquellas organizaciones que buscan mejorar la gestión de sus responsabilidades ambientales de manera que contribuya al pilar ambiental de la sostenibilidad. Esta normativa es aplicable a cualquier tipo de organización independientemente de su tamaño, tipo y naturaleza.

La organización debe controlar todas las etapas del ciclo de vida, verificando que los procesos se han llevado a cabo según la normativa estipulada. Cada organización además debe determinar cuáles son sus aspectos ambientales y los impactos asociados a estos para analizar aquellos que sean significativos y necesitan ser abordados dentro de su sistema de gestión ambiental.

Al hablar de impactos ambientales cabe destacar la relación causa-efecto que se da dentro de la norma ISO14001: “Los cambios en el medio ambiente ya sean adversos o beneficiosos, que son el resultado parcial o total de los aspectos ambientales, se denominan impactos ambientales. Los impactos ambientales pueden ocurrir a escala local, regional y global, y también pueden ser de naturaleza directa, indirecta o acumulativa. La relación entre los aspectos ambientales y los impactos ambientales es una relación causa-efecto.”(AENOR, 2015, p. 34)

Uno de los puntos más importantes y representativos para este trabajo en esta normativa se refiere al hecho de que una organización además de los aspectos ambientales que puede controlar de forma directa debe determinar en qué

¹ La ISO (Organización Internacional de Normalización) es una federación mundial de organismos nacionales de normalización.

aspectos puede influir. Estos aspectos pueden referirse a bienes y servicios suministrados por otras organizaciones o que es la misma organización la que los suministra a otros, incluidos los asociados con procesos contratados a empresas externas. De este modo es la empresa la que determina el grado de control que es capaz de ejercer, en qué aspectos puede influir y la medida en que ejerce dicha influencia.

2.2.2. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA ECONÓMICO

La definición recogida en la UNEP/SETAC (2009, p. 35) define el Análisis de Costes del Ciclo de vida como: “recopilación y evaluación de todos los costes relacionados con un producto, a lo largo de su ciclo de vida”.

Como se expone en la tesis de Silvia López “El objetivo de esta técnica es llegar a la solución económicamente viable entre un conjunto de alternativas, partiendo de los flujos monetarios en relación con el ciclo de vida de un producto.”(2017, p. 58)

Este término nació debido a que en muchos productos “el precio de compra solo refleja un mínimo del coste causado por el producto”(UNEP/SETAC, 2009, p. 35).

Una empresa no solo tiene que sobrevivir, sino que debe mantener su propia salud y viabilidad. Además de que algunos afirman que la primera responsabilidad de las empresas con la sociedad es mantenerse, los negocios inviables no pueden contribuir al sistema económico a nivel local, nacional y/o global. Otro argumento afirma que la primera responsabilidad de las empresas es con sus dueños y accionistas (Labuschagne & Brent, 2005).

Carin Labuschagne también sostiene que el ciclo de vida tiene como objeto evaluar la sostenibilidad económica de manera que contribuya al desarrollo de aquellas iniciativas que garantizan la supervivencia de la empresa. De este modo la dimensión económica tiene una perspectiva interna mientras que el estudio de los impactos fuera de la empresa está recogido dentro de la sostenibilidad social como impactos socioeconómicos.

Esta misma tesis recoge que la dimensión de la sostenibilidad evalúa la estabilidad de las empresas a corto, medio y largo plazo y su capacidad de mantenerse. Existen cuatro criterios que pueden usarse como son: salud financiera, rendimiento económico, posibles beneficios financieros o las oportunidades de negocio.

Por tanto, la dimensión económica está más enfocada hacia el mantenimiento económico, la búsqueda de beneficio y garantizar una prosperidad dentro de la empresa. Para estudiar los impactos del ciclo de vida económico del producto

o servicio en la sociedad ajena a la empresa será necesario hacer un análisis del ciclo de vida social para determinar los impactos socioeconómicos.

2.2.3. ANÁLISIS DEL CICLO DE VIDA SOCIAL

Se trata como queda definido en la UNEP/SETAC (2009, p. 37) de “la técnica de evaluación de un impacto social (y el impacto potencial) que tiene como objetivo evaluar los aspectos sociales y socioeconómicos de los productos y sus posibles impactos positivos y negativos a lo largo de su ciclo de vida que abarca la extracción y procesamiento de materias primas; fabricación; distribución; uso; reutilización; mantenimiento; reciclaje; y descarte final”.

El objetivo no es decidir si un producto debe ser o no fabricado, sino mejorar o promover métodos de mejora de las condiciones sociales y socioeconómicas, así como las condiciones de bienestar de los implicados a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos o servicios.

Las empresas están incrementando su atención hacia la dimensión social del ciclo de vida, principalmente debido a la creciente preocupación de la sociedad. Esta preocupación está presionando a las empresas a buscar un mayor compromiso con los implicados a lo largo del ciclo de vida.

Sin embargo, este pilar es en la actualidad el más débil en la sostenibilidad debido a su falta de fundamentos analíticos y teóricos. Esto se debe principalmente a que los indicadores sociales suelen generar problemas producidos por dos razones: las cuestiones sociales no tienen ningún fundamento en una especialidad objetiva y dependen mucho del contexto cultural. Es fundamental para realizar un correcto análisis la comunicación e interacción con los implicados en el ciclo de vida (Labuschagne & Brent, 2005).

La sostenibilidad social de una empresa se puede ver desde diferentes perspectivas, diferenciando principalmente entre interna y externa. Esto se debe a que los implicados durante el ciclo de vida del producto o servicio existen dentro y fuera de la empresa. Por consiguiente, las empresas deberán realizar un análisis del impacto de su actividad en la sociedad y los implicados. Entendiéndose estos últimos como aquellas personas afectadas de algún modo por la actividad de las empresas. Es necesario tener en cuenta en todo momento para realizar el análisis que el impacto de la empresa puede ser a nivel regional, nacional o global (Labuschagne & Brent, 2005).

Al hablar de la sostenibilidad social cabe hablar de los siguientes implicados:

- Recursos humanos internos: referidos a los trabajadores de la empresa. A pesar de los derechos que los trabajadores han ido adquiriendo a lo largo de los años, existen todavía ocasiones en las que los trabajadores son solo vistos como factores de producción a ser usados. Los trabajadores deben ser vistos como una parte valiosa de la empresa.

Para ello se debe procurar por parte de la empresa que los trabajadores tengan una remuneración justa por su trabajo, un horario dentro de lo reglamentario y unas condiciones de trabajo que garanticen su seguridad y salud. Además, es preferible que los trabajadores se sientan cómodos en su lugar de trabajo confiriendo un espacio de respeto mutuo dado que la eficacia de los trabajadores depende en gran medida del ambiente en el que desempeñan su trabajo.

Una parte muy importante para cumplir por parte de la empresa son los derechos humanos evitando así, la discriminación en todos sus sentidos, el trabajo forzado o el trabajo infantil, permitiendo también la libertad de expresión para construir un ambiente más agradable de trabajo.

Es más sencillo para las empresas controlar y procurar que estos derechos se cumplan en los entornos más cercanos y países con unas leyes que defiendan los derechos de los trabajadores más sólidas. Sin embargo, y como pasa en muchas empresas, parte de su actividad se realiza en países donde la situación es más inestable y los derechos de los trabajadores no son tan fuertes y en ocasiones no son reconocidos. Es responsabilidad de las empresas, en la medida de sus capacidades, procurar que los derechos humanos se cumplan a lo largo de todo el ciclo de vida de los productos y servicios. Procurar que, en especial cuando parte de su trabajo se realice en estos países de inestabilidad, se evite el trabajo forzado, la explotación laboral, el trabajo infantil o la discriminación, así como intentar garantizar la seguridad y salud de los empleados.

- Recursos humanos externos: la empresa debe estar comprometida con la comunidad de donde obtiene sus recursos o donde desarrolla su actividad. Las empresas dependen de la salud, estabilidad y prosperidad de los territorios en los que operan. Carin Labuschagne cita concretamente: “La comunidad es la base de toda actividad económica, sin comunidad no hay empresa.”(Labuschagne & Brent, 2005, p. 50) Es por ello por lo que la empresa debe tener en cuenta el impacto que genera en estas sociedades, procurando que se afecte a la calidad de vida de una manera positiva. Los recursos humanos externos están estrechamente relacionados con la dimensión ambiental, los cambios en el entorno de una población pueden cambiar drásticamente su modo de vida, produciendo en ocasiones desplazamientos dentro del mismo país o emigración. Además, dentro de la responsabilidad social de la empresa se debe garantizar la salud de la población, muchas veces la actividad de la empresa en ciertas comunidades produce un impacto ambiental severo sobre los sustentos básicos de la población como son la tierra de cultivo o el agua.

La actividad industrial, el proceso de obtención de recursos y el desecho de productos al final de la etapa de uso, en especial, causan

generalmente un impacto severo que cambia la vida de las poblaciones cercanas, las empresas deben procurar que su instalación en las zonas que ella considere contribuya de forma positiva a la población, respetando en todo momento la cultura y forma de vida de la comunidad en la que se instalan.

Un punto que se ha comentado anteriormente y que conviene tratar es el impacto socioeconómico. Este aspecto como bien expresa Carin Labuschagne (2005, p. 56), alude a “los impactos económicos externos de las operaciones de la empresa en una escala mayor que solo la comunidad local en la que opera.” De modo que la empresa procure contribuir al bienestar económico de la región o país.

Las dimensiones sociales y económica del ciclo de vida se suelen ver como un complemento del ciclo de vida ambiental, sin embargo, como se mencionó en la justificación del presente trabajo las tres dimensiones están estrechamente relacionadas e influyen del mismo modo en el transcurso de cada etapa del ciclo de vida de un producto o servicio.

Además, las dimensiones social y económica del ACV no cuenta con una norma ISO propia, pero se puede utilizar como base la UNE-EN ISO 14044. Además, cabe destacar un documento dentro de la UNEP/SETAC que proporciona el marco teórico para la aplicación del enfoque social del ACV y describe las adaptaciones o complementos necesarios en la norma ISO para incorporar la perspectiva social (López Alonso, 2017).

El presente trabajo como se ha mencionado anteriormente estará centrado en la dimensión social del ciclo de vida de los productos. Más concretamente se tratará acerca del ciclo de vida social de los productos electrónicos, debido a que en la actualidad es una de las mayores industrias, que, además, posee un gran impacto en la sociedad en cada una de las etapas de su ciclo de vida.

En los últimos años el desarrollo de las tecnologías de la comunicación y su incorporación en el día a día de la mayor parte de la población a nivel mundial ha producido que esta industria haya crecido de forma considerable. Estas tecnologías aportan innumerables beneficios en la calidad de vida de las personas, sin embargo, es necesario estudiar todos los impactos que hay detrás de toda la vida de los productos electrónicos, una industria que, además, se encuentra en constante desarrollo. Este constante desarrollo y avance provoca que su ciclo de vida haya quedado reducido en cuanto a tiempo de uso, aumentando de este modo notablemente la producción.

De este modo conviene hacer alusión al término *hotspots* o puntos críticos. La UNEP/SETAC define como *hotspots*: “Procesos unitarios situados en una región en la que se produce una situación que puede ser considerada un problema, riesgo o una oportunidad, en relación con un tema social de interés. El tema social de interés representa cuestiones que se consideran una amenaza para

el bienestar social o que pueden contribuir a su desarrollo posterior”(2009, p. 60).

El análisis de los *hotspots* se está utilizando con el fin de abordar desafíos importantes de la sostenibilidad, a través de ayudar a enfocar en una era de información sobrecargada. Al aplicar la evaluación del ciclo de vida, el análisis de los *hotspots* incluye asegurar el enfoque en las cuestiones prioritarias, en la etapa correcta del ciclo de vida y en los actores adecuados, asimismo, entender las implicaciones de las compensaciones y asignar los recursos a las acciones de modo que sean eficaces (UNEP/SETAC, 2017).

Tomando como referencia las etapas de la Norma ISO 14000, para realizar el análisis del ciclo de vida es importante marcar cuales son los *hotspots* durante el ciclo de vida de los productos electrónicos:

- Adquisición de materias primas: esta etapa se encuentra relacionada con la cadena de suministro de una industria, concretamente con las condiciones en las que obtiene las materias primas para poder realizar su actividad. Dentro de esta etapa se incluye, como bien se expone dentro de la norma ISO14000, la extracción de las materias primas. El punto crítico al que es necesario hacer alusión dentro del ciclo de vida de los productos electrónicos será las condiciones de extracción de los minerales, especialmente al extraerse la mayoría de las materias primas para los productos electrónicos en países inestables gubernamentalmente y/o subdesarrollados.
- Producción: El punto crítico dentro de la producción se encuentra en las condiciones laborales de los trabajadores en las industrias y en su calidad de vida, además del impacto que supone la actividad de las industrias en la población local. Según lo descrito por Ciroth y Franze (2011), existen problemas debido al uso de sustancias peligrosas durante la fabricación de algunos componentes, además del consumo de recursos como el agua y energía. De este modo, afecta al medioambiente, y en consecuencia a las poblaciones locales. Siguiendo lo expuesto por Ciroth y Franze las condiciones de trabajo en algunos países como es el caso de China, no son las adecuadas. Asimismo, existe discriminación en factores como es el sexo.
- Uso: Conviene el estudio como punto crítico de la ética de la tecnología y el impacto de los productos electrónicos en la sociedad actual globalmente conectada.
- Tratamiento al finalizar la vida/Disposición final: El punto crítico dentro de estas etapas radica en cómo se gestionan los desechos electrónicos. Anualmente se producen entre 20 y 50 toneladas de desechos electrónicos, muchos de estos desechos terminan en países como la India o China que se están convirtiendo en vertederos electrónicos. Como un claro ejemplo que además refleja el aumento del consumo de

estos productos, desde 2007 hasta 2020, en países como Sudáfrica o China los desechos electrónicos han saltado desde el 200 hasta el 400 por ciento (Benoit et al., 2012).

Estos *hotspots* no se encuentran actualmente suficientemente analizados, requieren todavía investigaciones y métodos para poder tratarlos y mejorar las condiciones de las personas afectadas. Este trabajo está centrado en la etapa del ciclo de vida de adquisición de materias primas más concretamente en la extracción de estas.

CAPÍTULO 3: EXTRACCIÓN DE MINERALES

3. EXTRACCIÓN DE MINERALES

3.1. MINERALES USADOS EN LA FABRICACIÓN DE PRODUCTOS ELECTRÓNICOS

Al hablar de la cadena de suministro de la industria de productos electrónicos es conveniente empezar comentando todos los elementos de la tabla periódica que se usan dentro de la fabricación de estos productos, que, como se ve en la ilustración inferior, son la mayoría los que están implicados en mayor o menor medida. Esto supone una mayor complejidad en la cadena de suministro y el análisis y conocimiento de los proveedores.

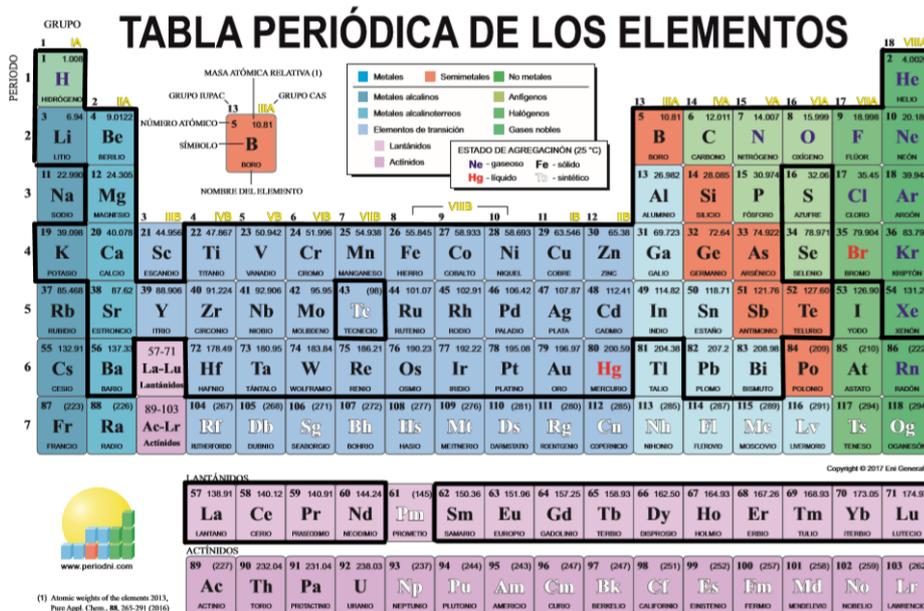


Ilustración 5: Elementos utilizados en la electrónica. Elaboración propia a partir de: (Rick Row, 2010)

Conocer exactamente qué materiales forman los dispositivos electrónicos llega a ser muy complicado debido especialmente a dos razones: la ventaja frente a la competencia y la poca transparencia de la cadena de suministro, debido a que la fabricación de un solo dispositivo electrónico supone la participación de decenas de países y cientos de compañías debido a todos los componentes que presenta (Sibaud & Gaia Foundation, 2013).

Cabe destacar dentro de esta cadena de suministro la importancia de los minerales, presentes en mayor medida dentro de los productos electrónicos, más concretamente de su extracción, como se ha comentado anteriormente.

Los minerales requeridos para la fabricación de productos electrónicos varían mucho según el producto a fabricar o la empresa y cambian constantemente con el desarrollo de la tecnología. Estos minerales se pueden conseguir bien por reciclado de otros productos ya obsoletos o bien extrayéndose de la tierra a través de la minería.

Debido a la continua evolución de las tecnologías de la información, el ciclo de vida de los productos electrónicos se ha reducido considerablemente con el paso de los años, provocando un aumento de los residuos de estos productos (e-waste). Debido a que algunos de los componentes usados son altamente tóxicos, el problema generado por las grandes cantidades de residuos ha supuesto un aumento paralelo de la preocupación por su reciclaje (Arroyo López et al., 2012).

Según los últimos datos recogidos por The Global E-waste solo en 2016 se generaron 44,7 millones de toneladas de residuos electrónicos y de acuerdo con la ilustración inferior se estima que los residuos electrónicos aumentarán casi de forma lineal (Baldé et al., 2017).



Ilustración 6: Residuos electrónicos. Fuente: (Baldé et al., 2017)

Se estima que solo el 20% del e-waste generado es reciclado, es decir, de las 44,7 millones de toneladas de residuos generadas en 2016, aproximadamente se reciclaron 1,7 millones de toneladas (Baldé et al., 2017). Esto supone que la mayoría de las materias primas utilizadas para la fabricación de productos

electrónicos son de primer uso, entre estas materias primas destacan los minerales, fundamentales para la fabricación de estos dispositivos.

El continuo desarrollo de los productos electrónicos, comentado anteriormente, requiere cada vez más minerales para su fabricación, en esto también juega un papel fundamental la estética. En la fabricación de ciertos componentes se utilizan aleaciones muy específicas que además dificultan el reciclaje de dichos minerales. Además, los consumidores en la mayoría de los casos no conocen la gran variedad de minerales que hay detrás de la fabricación de productos electrónicos presentes en su vida diaria, sino que están fascinados por su estética y propiedades visibles como son la ligereza o la elegancia.

Un claro ejemplo de la cantidad de minerales usados en un solo dispositivo electrónico es el caso de un ordenador portátil. Solo dentro de la fabricación de un dispositivo se pueden encontrar 16 minerales diferentes como son los indicados en la siguiente ilustración. Entre ellos destacan algunos como el estaño, el cobre o el oro.

HARDWARE	PREDOMINANT METALS
Solders	Tin
Wires, cables	Copper, beryllium
Printed circuit boards	Copper, tin, gold
Component lead frames or contacts, including connectors, brass parts	Copper, gold, palladium
Capacitors	Aluminum
Springs	Copper
Heatisnks	Copper, aluminum
Heatpipes	Copper
Battery electrode substrate	Copper, aluminum
Batteries	Cobalt, nickel, manganese
Hard disk drive media coatings	Cobalt
Hard disk drive	Nickel, lanthanide, neodymium
Housing, frames, lids, covers, screws, hinges	Aluminum, steel, magnesium
LCD screens	Indium, yttrium and europium

Ilustración 7: Elementos presentes en un ordenador portátil. Fuente: (Benoit et al., 2012)

Otro ejemplo de todos los minerales presentes en un dispositivo electrónico es el caso de la siguiente ilustración, esta hace referencia a los elementos de la tabla periódica presentes en un teléfono móvil. Se puede observar que se utilizan alrededor de 56 elementos para la fabricación de un solo dispositivo.

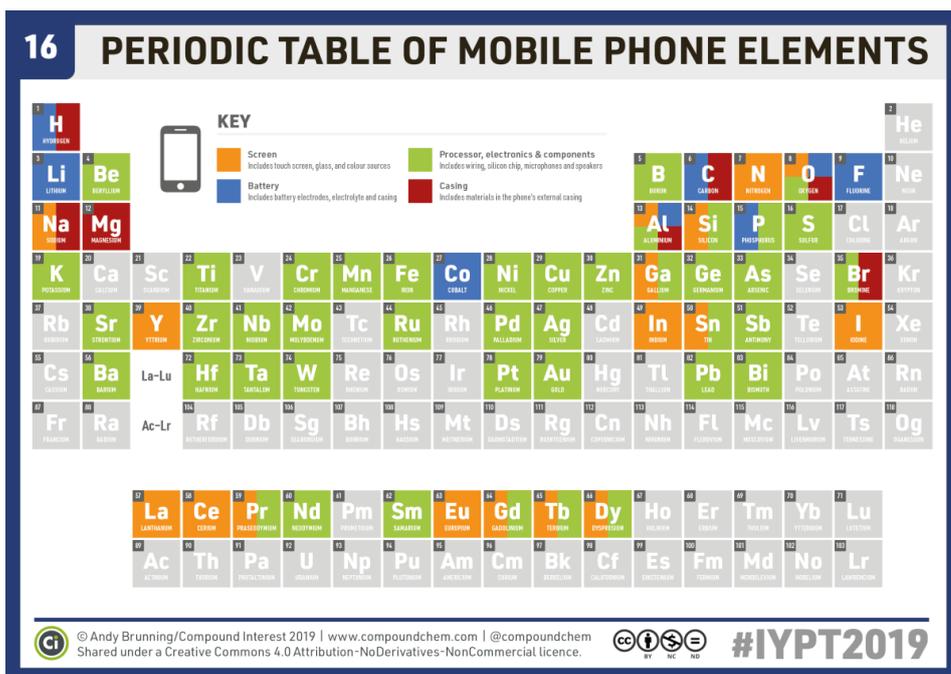


Ilustración 8: Elementos presentes en un teléfono móvil. Fuente: (Brunning, 2019)

3.1.1. MINERALES CRÍTICOS

Antes de proceder al estudio de las condiciones de extracción de algunos de estos minerales, es importante remarcar el hecho de que para países como Estados Unidos o estados miembros de la Unión Europea muchos de estos minerales usados para la fabricación de productos electrónicos son considerados críticos.

“Un mineral se considera crítico cuando el riesgo de que se produzca escasez en el suministro de ese mineral y el impacto de esa escasez sobre la economía es mucho mayor que el de cualquier otra materia prima.”(Manuel Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014, p. 1)

Haciendo alusión al mismo artículo, el término crítico se refiere a algo “vital, importante, esencial, crucial o relevante”(2014, p. 2). Es de interés mencionar lo que se denomina mineral estratégico, para complementar al concepto de mineral crítico, que confiere una orientación política y se emplea para aquellos minerales que necesitan un plan de abastecimiento.

Siguiendo el artículo de Regueiro y Gonzalez-Barros, cualquier mineral podría ser o convertirse en crítico. Depende de factores como su importancia en la industria en el momento, su disponibilidad, su restricción de suministro o su sustituibilidad. De este modo, la medida de criticidad de un mineral no sigue ninguna linealidad, sino que depende de la evolución de las tecnologías de producción y del desarrollo de los productos.

Las metodologías más usadas para estudiar la criticidad de los minerales son la norteamericana y la europea. En ambas se utiliza una matriz donde se cruzan las dos dimensiones de la criticidad de los minerales: la importancia de su empleo y su disponibilidad. Para valorar la importancia de su empleo es necesario basarse en el estudio del ciclo de vida de los minerales y su relevancia en la industria. Tanto en la dimensión de importancia de empleo del mineral como en su disponibilidad es de relevante importancia el factor tiempo, debido a que a corto o medio plazo (menos de 10 años) se tienen más dificultades para responder de manera eficaz a los cambios en el mercado.

La criticidad de los minerales no solo depende de los factores mencionados anteriormente, sino que varía según la región o el país debido a que la industria en diferentes partes del mundo utiliza diferentes materiales.

En el primer estudio realizado por la Unión Europea en 2010 sobre los minerales críticos en la industria señaló 14 sustancias como críticas: Antimonio, Magnesio, Fluorita, Tántalo, Galio, Niobio, Wolframio, Indio, Germanio, Berilio, Grafito, Niobio, metales del grupo Platino, las Tierras Raras y el Cobalto (Manuel Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014).

La siguiente figura muestra los 41 minerales estudiados en un gráfico que relaciona la importancia de cada mineral dentro de la Unión Europea (eje x) frente al riesgo de suministro para la industria europea (eje y). Los minerales del grupo superior marcado son los que se establecieron como minerales críticos en Europa.

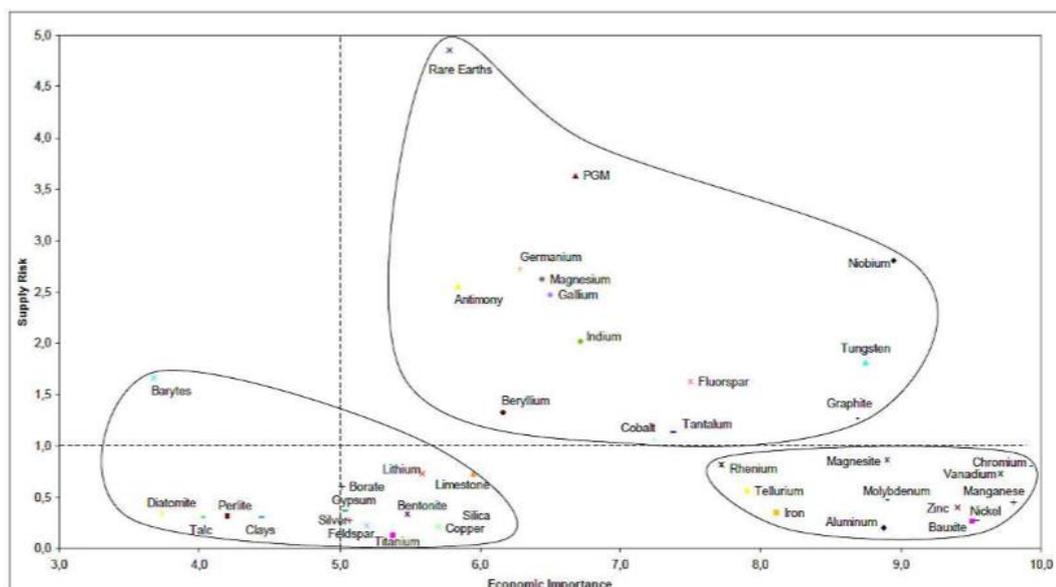


Ilustración 9: Minerales críticos. Fuente: (Manuel Regueiro & Gonzalez-Barros, 2014)

En 2013 se llevó a cabo una revisión en la cual se han añadido materias abióticas, materias bióticas y seis nuevas materias: boratos, cromo, carbón de coque, magnesita, rocas fosfatadas y silicio metálico. A su vez se mantuvieron los minerales del estudio previo a excepción del tantalio debido a la disminución del riesgo de falta de suministro.

Estos estudios de criticidad de los minerales son de especial importancia para diseñar estrategias en el país o región, lo conlleva realizarlos periódicamente para estudiar su evolución.

3.2. IMPACTO SOCIAL EN LA EXTRACCIÓN DE MINERALES

Como se ha mencionado anteriormente, el presente trabajo está centrado en el impacto social que supone la extracción de minerales para la industria electrónica, debido que al hacer el análisis del ciclo social asociado se observa que existen *hotspots* claros. La extracción de minerales se encuentra dentro de la etapa de obtención de materias primas del ciclo de vida tomado de la ISO 14000, en este caso para la fabricación de productos electrónicos.

La mayoría de estos minerales no se encuentran presentes en el continente europeo, por lo tanto, deben ser importados. A pesar de todos los minerales utilizados dentro de la industria electrónica, como se comentó previamente, es conveniente analizar con especial énfasis aquellos que suponen un mayor impacto en los países de extracción, estos minerales son denominados “minerales de conflicto”.

3.2.1. MINERALES DE CONFLICTO

El término “minerales de conflicto” generalmente hace alusión a la definición descrita en la sección 1502 de la Ley de Dodd Frank (2010), relativa al comercio de los minerales de conflicto en Estados Unidos. En esta ley se encuentra redactada la definición de minerales de conflicto como: “columbita-tantalita (coltán), casiterita, oro, wolframita o sus derivados; o cualquier otro mineral o sus derivados determinados por el Secretario de Estado para financiar el conflicto en la República Democrática del Congo” (2010, p. 2218).

Los minerales de conflicto usados para la fabricación de productos electrónicos en países miembros de la Unión Europea o en Estados Unidos, entre otros, son aquellos provenientes de las denominadas “zonas de conflicto”. La Unión Europea en el reglamento aprobado para la gestión de la adquisición de algunos de los minerales de conflicto define como zona de conflicto o de alto riesgo: “las zonas que se encuentren en situación de conflicto armado o de

posconflicto frágil, así como las zonas con gobiernos o seguridad precarios o inexistentes, como los Estados fallidos, y con vulneraciones generalizadas y sistemáticas del Derecho internacional, incluidas las violaciones de los derechos humanos”(Unión Europea, 2017b, p. 6).

Los minerales de conflicto más analizados, a los que hace alusión su definición y para los que se está comenzando a instaurar las leyes mencionadas que los regulen, son las “3TGs”: estaño, tungsteno, tántalo y oro (tin, tungsten, tantalum and gold). Sin embargo, existen más minerales de conflicto que no están incluidos dentro de las definiciones establecidas en estos reglamentos, como son las tierras raras, el litio o el cobalto, entre otros. Estos minerales de conflicto no incluidos en las leyes existentes provocan un impacto similar a los que sí están incluidos, como es el caso del cobalto en la República Democrática del Congo.

Todos estos minerales, al ser muy valiosos en la actualidad dentro la industria electrónica, corresponde conocer mejor cual es el impacto que genera en la sociedad su extracción, para analizar todo el sistema de producción comenzando por la etapa de obtención de materias primas.

Por tanto, conviene analizar el impacto no solo de los minerales mencionados en las leyes y reglamentos, sino de todos aquellos que puedan suponer un problema de sostenibilidad social, para así poder conocer hasta donde alcanza el problema. Del mismo modo, es importante estudiar el impacto en distintos países en los que la minería pueda causar problemas en la población, y no solo en aquellos pertenecientes al continente africano, como se establece como principales en las leyes y reglamentos vigentes.

El mineral del cual se extrae el metal se denomina mena, y ganga a la roca acompañante, los minerales extraídos en los países que se van a estudiar tienen forma de mena, antes de ser refinados en la cadena de suministro (Alboan & Tecnología Libre de Conflicto, s. f.).

A continuación, se tratarán los principales impactos de la extracción de cada uno de los minerales de conflicto mencionados, analizando como se denominó dentro del ciclo de vida social los recursos humanos tanto internos como externos, con el objetivo de tener una visión global de la situación. Para ello, se ha tomado algunos países como claros ejemplos de esta falta de sostenibilidad social haciendo hincapié en la República Democrática del Congo, uno de los países más pobres del mundo y centro de conflictos en el continente africano.

La extracción de algunos minerales que serán tratados en este trabajo como son los casos del estaño o el oro y su impacto social se suelen asociar a las “3TGs” y de la misma manera a la extracción en la República Democrática del Congo y otros países del centro del continente africano. Sin embargo, la República Democrática del Congo como es en el caso de la minería de estaño,

no se encuentra entre los cinco principales productores de estaño y actualmente produce unas cantidades bastante alejadas de los principales productores, situación que ocurre de una manera similar en el caso del oro. Esto, por supuesto, no quiere decir que no sea conveniente estudiar el impacto que causa la extracción de estos minerales en la República Democrática del Congo, sino que conviene que, además, se lleven a cabo un estudio de las condiciones en las que otros países extraen estos minerales.

Es importante tener en cuenta que en todos los países estudiados existe una minería industrial que opera a gran escala y de la cual se obtienen grandes cantidades del mineral de interés. Las condiciones en estas minas son generalmente mejores para los trabajadores y con mayor nivel tecnológico. No obstante, para la realización de este trabajo, se hace alusión generalmente a la minería artesanal en pequeña escala, ya que, como se comentará dentro de cada país, son muchos mineros los que siguen usando métodos rudimentarios para la extracción. Estos métodos no solo son ineficientes y de los cuales se extraen pocas cantidades del mineral, sino que ponen en peligro la salud y seguridad de los mineros.

La UNEP define la minería artesanal y en pequeña escala como aquella minería “que realizan los mineros que trabajan en explotaciones pequeñas o medianas, usando técnicas rudimentarias”(UNEP, 2008, p. 4).

Para la realización del presente trabajo se ha procurado seguir un esquema claro, comentando primeramente propiedades de los minerales y sus principales usos en la electrónica, y posteriormente tratando la minería en cada país y su impacto tanto sobre los propios trabajadores de las minas, como sobre las comunidades locales. Sin embargo, no en todos los casos se ha encontrado una información clara y verídica para poder realizar todo el esquema, dado que es un tema que se encuentra en investigación y que puede crear polémica en algunos casos.

Los países que se han escogido para realizar el análisis del impacto de la minería son aquellos con alto porcentaje de producción en los minerales descritos dentro de cada uno y en los cuales existe una gran cantidad de la población afectada por la actividad de esta minería.

3.2.2. INDONESIA

Al considerar la extracción de minerales en Indonesia se va a tratar más concretamente el caso de la isla de Bangka, principal lugar de extracción del mineral en el país, y la minería del estaño. Ya que como se observa en la Ilustración 10, Indonesia se sitúa como el segundo país productor de estaño a nivel mundial. Para la realización de este gráfico se han tomado datos del

Centre for Sustainable Mineral Development (Centro para el Desarrollo Sostenible de la Minería) de Reino Unido, comparando los países que en el 2018 hayan producido más de 10000 toneladas de estaño. Se observan como los principales productores a nivel mundial de estaño: China, Indonesia, Birmania, Bolivia, Perú y Brasil.

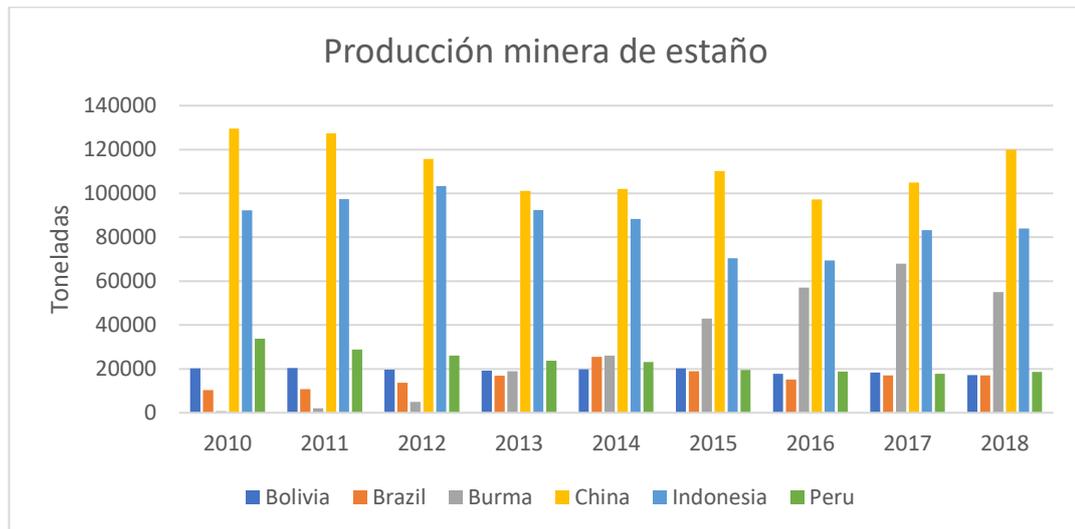


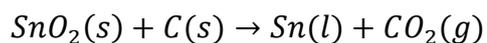
Ilustración 10: Producción de estaño. Elaboración propia a partir de: (British Geological Survey, 2018)

Se saca en conclusión que Indonesia es el segundo país que más estaño produce anualmente, solo precedido por China. Sin embargo, se ha considerado estudiar el caso de Bangka debido a toda la minería ilegal que se produce en esta isla. Primeramente, se exponen las propiedades del estaño y su uso principal en la electrónica:

ESTAÑO

El estaño es un elemento metálico con símbolo Sn y número atómico 50, su principal característica es que tiene el punto de fusión más bajo de los elementos del mismo grupo de la tabla periódica (231,9°C). El estaño es uno de los minerales con mayor historia debido a que ya era usado en civilizaciones como la egipcia o la mesopotámica (Sojo Cardozo, 2019).

Siguiendo lo descrito por Sojo Cardozo, el estaño no se encuentra en abundancia en la corteza terrestre y no existe de forma pura, se encuentra principalmente dentro del mineral de la casiterita como óxido de estaño IV, SnO₂. Al fusionar este mineral a altas temperaturas con coque como reductor se extrae el mineral en estado líquido según la siguiente reacción:



Uno de los principales usos del estaño dentro de la electrónica es la soldadura. Generalmente esta une dos elementos de metal (cobre, latón o hierro son los más habituales). Esta unión con estaño ayuda a garantizar una continuidad eléctrica entre los elementos que se van a unir.

La mayoría del estaño se utiliza como una capa protectora o como aleación junto con el plomo o el zinc. Su aplicación en la electrónica representa en torno al 36% del consumo mundial. En 2007, el 53% se utilizó en soldadura; concretamente en ordenadores el 8% y en dispositivos móviles el 1% (Resolve, 2010).

MINERÍA DE ESTAÑO EN INDONESIA

Al estudiar el impacto social que produce la extracción de estaño conviene estudiar, como se ha comentado, el caso de la isla de Bangka en Indonesia. De donde se extrae aproximadamente una tercera parte del estaño a nivel mundial, siendo el segundo país con mayor producción. Esta isla con una superficie de 11900 km² tiene una población de casi un millón de habitantes y se encuentra frente a la costa oriental de la isla de Sumatra del Sur. La minería de estaño es una de las fuentes económicas de la región, sin embargo, su extracción se llega a producir en el mar, e incluso zonas protegidas de bosques y ecosistemas marinos (Nurtjahya et al., 2016).

Siguiendo lo estudiado en el artículo anterior, la minería de estaño en la isla no está severamente supervisada ni regulada por el gobierno de Indonesia. En 2001 el gobierno liberalizó la industria provocando que el pueblo tuviese libertad en la minería. Esto desembocó en un crecimiento notable en el número de minas dentro de la isla, existiendo en el año 2013, 80 dragas y alrededor de 4000 islas flotantes frente a la costa, además de, hasta 50000 minas artesanales de pequeña escala y aproximadamente 30 fundiciones independientes. La producción en las minas artesanales de pequeña escala constituye en torno al 80% de las exportaciones de estaño del país. En la actualidad el gobierno ha tratado de perseguir minas ilegales, aunque la mayoría de la minería se sigue llevando a cabo en pequeñas minas sin regulación a lo largo de toda la isla.

La minería ayuda al desarrollo de la economía de la isla dado que supone un alto porcentaje de las exportaciones del país, pero el reparto de la riqueza no ha sido equitativo. Dado que son generalmente los intermediarios los que más provecho sacan del mineral. Además, para su práctica no se tiene en cuenta

las condiciones de extracción, entre ellas la salud y seguridad de los trabajadores y el impacto sobre la tierra y el medio ambiente.

En las minas de interior se usan distintos métodos de extracción del mineral, pero destaca la minería tradicional a pequeña escala, en la que el mineral se excava y se transporta hasta baldes donde se lava y concentra. Aunque otras veces se utiliza agua a presión para poder extraer este mineral de manera más cómoda. Para el transporte posterior hasta las líneas de lavado y separación se suelen usar mangueras y un sistema de bombeo.

Pero al hablar en concreto de esta isla, cabe destacar la extracción de estaño en el mar, para ello se utilizan plataformas no muy seguras e inestables en medio del mar. Estas plataformas contienen un mecanismo de bombeo, mientras los submarinistas se sumergen hacia el fondo del mar con un tubo conectado al sistema que aspira todo lo existente, otros remueven el lecho marino con largos palos para levantar la arena del fondo y poder obtener el mineral. Una vez bombeado, el mineral más pesado se deposita en el fondo de la plataforma y el resto se devuelve al mar (Fagotto, 2014).

Este último método descrito es utilizado generalmente por mineros ilegales que operan a pequeña escala. Las mayores cantidades de mineral extraídas del lecho marino son las obtenidas por el método de dragado por succión, donde se utilizan grandes embarcaciones con mayores niveles tecnológicos.

Condiciones laborales de los trabajadores

Como se ha comentado la minería ha producido un desarrollo de la economía de la isla dado que en torno al 30 - 40% de los habitantes de la isla trabaja en este sector. Sin embargo, este desarrollo no se ha producido de forma sostenible y conlleva un alto precio, no siempre favoreciendo a toda la población. Muchos mineros trabajan diariamente jornadas laborales excesivas y continúan en la pobreza (Fagotto, 2014).

Debido a la falta de una regularización firme de la minería en la isla y la existencia de la minería ilegal, en ocasiones se producen vulneraciones de los derechos humanos y atentados contra la salud y la seguridad de los trabajadores de las minas.

Según datos, el 63,3% de la población de la isla no ha terminado la escuela primaria, lo que indica una limitación de salidas y que sean muchos los que ven en la minería una fuente de subsistencia (Rosyida & Sasaoka, 2018).

Los principales peligros a los que se enfrentan diariamente los trabajadores en cuestión de seguridad en la minería de interior son los accidentes producidos por derrumbes y deslizamientos de la tierra, que producen frecuentemente

mueres o fracturas óseas, además de problemas musculares. Estos daños físicos, debido a las malas condiciones del sistema sanitario del país, son difíciles de tratar y en ocasiones los afectados no pueden llegar a recuperarse.

Pero sin lugar a duda, según el testimonio de Fagotto (2014), en el caso de la minería en Bangka, los mineros que están expuestos a los mayores peligros son los que ejercen su labor en el mar, no solo por las dificultades para respirar con tubos no adecuados, sino también por las altas temperaturas a las que están expuestos agravadas por las emisiones de los tubos de escape de los motores diésel usados para el bombeo en las plataformas. Estos trabajadores no utilizan un equipamiento adecuado para la labor que desempeñan. Además, están expuestos a su vez a derrumbes dentro del agua o falta de visión debido a la batida de la tierra. Algunos de estos trabajadores eran antiguos pescadores, que al observar que la minería estaba mejor pagada, y que, debido a la contaminación de las aguas, la pesca no producía suficientes beneficios, decidieron cambiar de trabajo a pesar del peligro que conlleva.

A su vez, los mineros que operan a pequeña escala ven su labor dificultada por la presencia de barcos que practican la minería a través del método de dragado por succión debido a que las zonas de extracción se superponen. Además, debido a la falta de legalidad de la minería a pequeña escala, estos mineros no tienen otra solución que buscar distintas zonas donde realizar su actividad (Rosyida & Sasaoka, 2018).

Uno de los problemas que atentan contra los derechos humanos en este sector es el trabajo infantil. Son muchos los niños que trabajan en minas ilegales, especialmente en el lavado del estaño al ser bombeado para su concentración. Este trabajo infantil se ve en ocasiones forzado dado que el trabajo de los padres no es suficiente para poder mantener a las familias. Los beneficios para los mineros de la extracción a pequeña escala, pese a las largas jornadas laborales, son escasos debido a los bajos precios a los que se vende el estaño a intermediarios.

Impacto sobre la sociedad local

El impacto que ha tenido la minería sobre la sociedad local está estrechamente asociado con el impacto ambiental que ha supuesto la minería en la región. Esta actividad ha generado una inestabilidad medioambiental que afecta de forma considerable la forma de vida y al sustento de los habitantes.

La mayoría de los pozos o yacimientos agotados acaban en su mayoría abandonados, aunque las autoridades exigen que al finalizar su uso sean cubiertos y replantada la vegetación. Estas exigencias no se llegan a cumplir en las minas ilegales debido a la falta de una persona responsable de la

explotación, produciendo que la isla muestre grandes y numerosas áreas que exhiben la práctica de minería y el posterior abandono (Fagotto, 2014).

Haciendo referencia en concreto al impacto sobre el mar, cabe destacar la agresividad que supone el uso de los tubos de succión que absorben todo lo existente en el fondo marino, ya sean peces, corales o tierra. Esto ha supuesto en las zonas afectadas por la minería un descenso del 40% en las especies de plancton presentes, un 70% de la vegetación del fondo marino y un 70% de los peces presentes, además de reducirse al 25% la cobertura de corales en el fondo marino (Nurtjahya et al., 2016).

Este impacto ambiental afecta directamente a los pescadores locales que han visto reducida la pesca de forma constante los últimos años, de manera que no solo les es difícil poder comercializar con la pesca diaria, sino que en ocasiones se ven en dificultades de dar de comer a sus propias familias. Según testimonios los ingresos de los pescadores han llegado a disminuir hasta el 75%. Sin embargo, la minería seguirá siendo permitida debido a los altos beneficios que proporciona a intermediarios. Por consiguiente, aunque los pescadores estén en su mayoría en contra, los factores económicos y sociopolíticos les obliga a aceptarlo (Rosyida & Sasaoka, 2018).

La deforestación que se produce debido a la constante apertura de nuevas minas de donde extraer el estaño que, como se ha comentado antes muchas son abandonadas sin reforestación, atenta de manera considerable contra la biodiversidad de fauna y flora de la isla. La actividad de la minería ha supuesto un descenso de la calidad del agua con una contaminación de ríos y zonas costeras. También ha provocado un cambio en la tierra de cultivo debido a la presencia de metales pesados que impide el crecimiento de los cultivos y supone la pérdida de las cosechas (Nurtjahya et al., 2016).

Recuperar la biodiversidad de las especies locales de plantas es difícil por dos motivos principales: las especies plantadas sobre los terrenos de la minería recuperados son en su mayoría especies para la búsqueda del beneficio económico, principalmente el caucho y algunas plantas frutales; y los suelos tras la minería en muchos casos quedan contaminados con metales, impidiendo su uso para cultivos. La recuperación de las tierras tras la minería supone mucho tiempo y un elevado coste (Nurtjahya et al., 2016).

La minería también tiene otro tipo de impactos como son los sismos agravados por la inestabilidad del terreno al realizarse minas sin estudio o las inundaciones intensificadas por la falta de capacidad de absorción de la tierra. Además, debido a su situación geográfica Indonesia es un país propenso a sufrir las consecuencias devastadoras de los terremotos que en ocasiones llegan a producir tsunamis.

Por tanto, la minería en esta isla ha supuesto un cambio en la forma de vida de los habitantes, de donde algunos sacan provecho otros tienen que buscar la manera de poder subsistir en ocasiones poniendo en riesgo su vida. Y en donde muchos agricultores o pescadores han tenido que buscar en la minería una nueva forma de poder obtener dinero debido a la amenaza que ha supuesto la minería para poder desempeñar su trabajo.

3.2.3. GHANA

Siguiendo los datos obtenidos del British Geological Survey, como se observa en el gráfico inferior China es uno de los mayores productores a nivel mundial de oro, Sin embargo, existen múltiples países, entre estos 19 potenciales mostrados en el gráfico de producción de oro, en los que las condiciones de extracción de un porcentaje importante del total no son las adecuadas. En el presente trabajo se tratará el caso de Ghana, país con mayores niveles de extracción dentro del continente africano y con graves problemas provocados por las condiciones de extracción del oro, como un claro ejemplo de lo que sucede en algunos países africanos como es el caso de Mali o su país vecino, Burkina Faso.

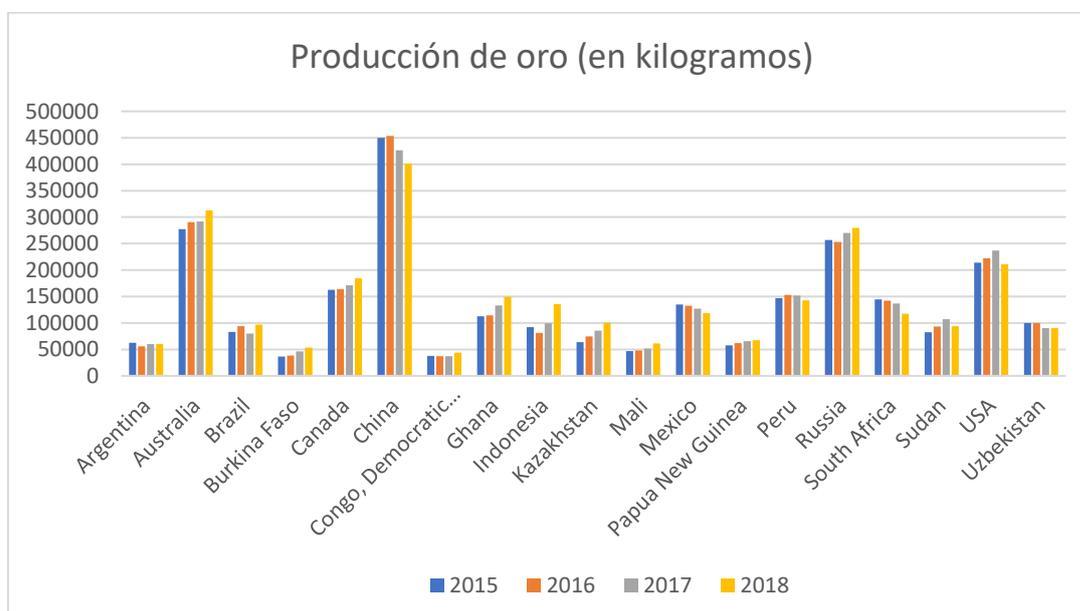


Ilustración 11: Producción de oro. Elaboración propia a partir de:(British Geological Survey, 2018)

Como se observa en el grafico superior la extracción del oro en Ghana aumenta casi de forma lineal cada año. Al igual que en el caso del estaño previamente

es necesario comentar cuales son las propiedades del oro y su uso en la electrónica.

ORO

El oro es un elemento químico de número atómico 79 representado por Au, Pertenece al grupo de los metales de transición y su estado habitual en la naturaleza es sólido. Las propiedades que caracterizan principalmente este mineral son: su elevada dureza, sus altos puntos de ebullición y fusión (1065,18°C), su buena conductividad eléctrica y térmica, su maleabilidad y su resistencia a la corrosión (Callón Vazquez, s. f.).

Sin embargo, la propiedad que le hace ser tan codiciado dentro de la industria electrónica es su conductividad, siendo considerado como un conductor superior. Su resistencia a la corrosión hace que la resistencia del contacto eléctrico sea casi nula y su alta conductividad térmica asegura una rápida disipación del calor cuando sea usado para contactos (Schipper & de Haan, 2015).

El sector tecnológico sigue teniendo una tendencia positiva respecto al consumo de oro para la fabricación de productos electrónicos, en el tercer trimestre del 2017 se contabilizó en 84,2 toneladas usadas para cableado eléctrico, dispositivos móviles y led, además de sensores 3D como los de reconocimiento facial (Pedraza, 2017).

MINERÍA DEL ORO EN GHANA

Ghana es el principal productor de oro en África, seguido de Sudáfrica, como se observa en la Ilustración 11 presentada anteriormente, a la que ha superado en producción en los últimos años. La mayoría del oro que se produce en Ghana está controlada por empresas extranjeras, incluyendo las sudafricanas. Las minas controladas por estas compañías extraen el oro de manera industrial, con lo que están altamente mecanizadas y extraen el oro en minas a cielo abierto o subterráneas. Estas empresas generan bastantes empleos en el país, sin embargo, han dado lugar a protestas contra el impacto que tienen en el medio ambiente y ha causado conflictos con los mineros artesanales (Kippenberg, 2015).

La minería a nivel industrial es la mayor productora de oro en Ghana, no obstante, la minería artesanal sigue estando muy presente en numerosas minas. En ella trabaja un porcentaje importante de la población por todo el país, donde el mineral es extraído manualmente con herramientas no avanzadas,

portado por las personas, y lavado y separado manualmente. Otros mineros dependen de los residuos provenientes de grandes corporaciones. Estos mineros buscan dentro de las montañas de tierra ya procesadas a nivel industrial en busca de pequeñas partículas de oro que se puedan comercializar.

La minería del oro artesanal y en pequeña escala es una fuente importante de ingreso en algunas comunidades y regiones que buscan salir de la pobreza. Existen por lo menos 100 millones de personas en más de 50 países que tienen como principal sustento esta minería (UNEP, 2008). Según lo descrito por la UNEP en el mismo documento: “Se calcula que en la minería del oro artesanal y en pequeña escala participan entre 10 y 15 millones de mineros, de los cuales 4,5 millones son mujeres y 1 millón son niños” (2008, p. 2).

Como se ha definido anteriormente, pero es importante volver a recalcar, la minería artesanal o en pequeña escala es aquella que se lleva a cabo con “una inversión limitada, una maquinaria simple y una gran fuerza de trabajo”(Kippenberg, 2015, p. 16).

Siguiendo lo expuesto en el documento mencionado, escrito por Kippenberg, estas minas artesanales no son propiedad de una sola persona o una compañía, sino que están controladas normalmente por un pequeño grupo de personas que facilitan las herramientas o maquinaria para la minería. Y a pesar de que el gobierno requiera la obtención de una licencia, la mayoría de las minas trabajan sin haberla obtenido y el oro que producen se escapa a su control. La minería artesanal y los mineros que operan en estas minas reciben comúnmente el nombre de “galamsey” proveniente de “gather and sell” (recoger y vender). Este término se usa generalmente para referirse a la minería ilegal.

Condiciones laborales de los trabajadores

Los trabajadores emplean largas jornadas laborales por un salario bajo que les permita subsistir y poder mantener a sus familias. Generalmente el dinero que ganan en un día depende de la cantidad de oro extraída. Frecuentemente, los comerciantes, que actúan como intermediarios, acuden a zonas cercanas a las minas donde los mineros les venden el oro extraído con el que posteriormente comercializan con otros intermediarios. El precio del oro va aumentando a medida que pasa por todos los intermediarios presentes durante el proceso de comercialización hasta llegar a las empresas que tratan el mineral y fabrican los productos finales, de este modo el beneficio que obtienen los mineros en proporción al precio de venta final es mínimo. El precio de compra y venta del oro depende de las subidas o bajadas que tenga en la bolsa. Los cambios de

precio de compra y venta del oro son controlados sobre todo por los comerciantes ya cercanos al trato con las empresas y que según la cadena va llegando hasta los mineros.

Dentro de las pequeñas minas artesanas e ilegales es más común que se produzca el trabajo infantil y los trabajadores realicen su labor en condiciones que afecten a su salud y seguridad (Kippenberg, 2015). Estas situaciones disminuyen considerablemente en minas con licencia y formalizadas, donde el gobierno es capaz de regular más las condiciones de los trabajadores, especialmente si se trata de minas a nivel industrial y pertenecientes a grandes corporaciones extranjeras.

Los trabajadores del negocio del oro en este país dentro de la minería artesanal transportan pesadas cargas que producen problemas de dolor musculares o en las articulaciones, además de que, como es en el caso de los pozos, se enfrentan a constantes peligros de derrumbes dentro de las minas, que en el peor de los casos conlleva la muerte del trabajador. Existen pozos que pueden llegar hasta los 70 metros de profundidad y en los que los trabajadores se adentran sin ningún tipo de equipo de protección individual, además de que los métodos usados para evitar derrumbes son generalmente rudimentarios y en muchas ocasiones escasos o inexistentes. Además, son usuales los múltiples problemas respiratorios por la inhalación del polvo producido por la trituración del mineral.

Los accidentes como derrumbes o colapsos en los pozos ocurren de forma regular dentro de estas minas y según una estimación del gobierno calculan que en dos años pueden llegar a morir por ellos más de 300 personas. Asimismo, pueden causar lesiones musculares, fracturas, lesiones de medula y laceraciones. El uso de explosivos también es una causa importante de daños sobre la salud de los trabajadores (Kippenberg, 2015).

El gobierno de Ghana no ha realizado una reforma para regular, profesionalizar y formalizar el sector de la minería artesanal y en pequeña escala. Del mismo modo, permite el uso del mercurio para la minería. Las leyes actuales en materia de medio ambiente y laborales no son sólidas. En estos países existe una amplia corrupción asociada al negocio de la minería, algunas autoridades han permitido la minería sin licencia a cambio de sobornos, mientras que desde otra parte el gobierno procura cerrarlas, encontrándose en algunos casos con grupos armados que defienden las minas (Kippenberg, 2015).

[El uso del mercurio en la minería del oro](#)

Uno de los mayores peligros de salud a los que están expuestos los trabajadores es el trabajo con mercurio, un metal altamente tóxico, “la minería

del oro artesanal y en pequeña escala es, por si sola, la mayor fuente de liberación internacional de mercurio del mundo”(UNEP, 2008, p. 2). Aunque no solo están expuestos los trabajadores, sino que el uso del mercurio en la minería afecta a las poblaciones. El mercurio se libera en el medio ambiente contaminando del ecosistema y generando problemas en los sustentos de estas poblaciones como son el agua o la tierra de cultivo. Ante esta exposición las mujeres en edad de procrear y los niños son los más vulnerables (UNEP, 2008).

Como sigue describiendo la UNEP acerca del uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala, muchos países prohíben el uso del mercurio para la extracción del oro. Sin embargo, en países donde se realiza esta actividad sigue aumentando su demanda. Este método domina frente a otros debido a que se considera fácil de usar y menos costoso.

“El mercurio se utiliza habitualmente para separar el metal del mineral, y generalmente lo manejan personas cuya conciencia de los riesgos que implica, capacitación para minimizar esos riesgos y disponibilidad de equipo de seguridad son mínimas o nulas.”(p. 4) durante el proceso usado: “el mercurio se adhiere al oro, formando una amalgama que facilita su separación de la roca, arena u otro material”(p. 4), cuando se realiza manualmente parte del mercurio se absorbe a través de la piel. Posteriormente se procede al quemado de la amalgama, la cual se coloca en una pala o cazo de metal y se quema directamente sobre el fuego al aire libre. Esta parte del proceso generalmente se realiza sin la protección adecuada, como es el uso de la retorta, un tipo de tapadera donde se concentran los vapores. Estos vapores con alto contenido en mercurio, por consecuencia, se liberan al ambiente, y son inhalados por los mineros y personas que se encuentren cercanas al lugar. La inhalación de estos gases es la parte más preocupante del proceso, aunque estos vapores también se depositan en las áreas cercanas, contaminando el lugar donde se realice la práctica, como son casas, comida o el agua (UNEP, 2008).

Los trabajadores no son conscientes de las consecuencias que causa el mercurio en la salud. El mercurio ataca al sistema nervioso central, pudiendo causar discapacidad de por vida e incluso la muerte, es común que la esperanza de vida debido a la manipulación de este material durante varios años no llegue a los 50 años.

El trabajo infantil

Uno de los asuntos más importantes a tratar al hablar de la extracción del oro en Ghana es el trabajo infantil. Miles de niños trabajan en las minas de oro artesanales y de pequeña escala en pésimas condiciones en lo referido a salud

y seguridad, a pesar de las prohibiciones del gobierno acerca del trabajo en las minas de menores de 18 años (Kippenberg, 2015).

La mayoría de los menores que trabajan en las minas son niños, mientras que las niñas suelen realizar otros trabajos en los lugares mineros como la venta de alimentos. Estas niñas se enfrentan a al riesgo de acoso sexual, llegando en algunos casos a la explotación sexual y a la violación.

El gobierno de Ghana ha realizado esfuerzos para abordar el problema del trabajo infantil en la minería sin embargo los métodos usados son ineficientes, el trabajo no se realiza de forma sistemática y las instituciones dedicadas a erradicar estos problemas son débiles y no poseen fondos suficientes. En los últimos años la tasa cobrada por el gobierno para la escolarización de los niños en Ghana ha aumentado, los fondos que se destinan por parte del gobierno para la escuela pública son insuficientes, en consecuencia, la educación no es gratuita y accesible para todos los niños (Kippenberg, 2015). Es importante considerar, que la educación forma la base del desarrollo, Sin educación los países subdesarrollados se mantienen estancados y con oportunidades más limitadas.

La causa principal que hace que estos niños acaben trabajando en las minas es la pobreza. Acaban trabajando con su familia o son enviados a trabajar por su cuenta. Estos niños trabajan para ayudar a sus familias, las cuales a veces no tienen otra solución que enviar a sus hijos a las minas para poder mantener a toda la familia debido a los bajos ingresos; o para ganar dinero para ellos mismos, en ocasiones con el fin de poder pagar la matrícula del colegio. Muchos sí asisten a la escuela y trabajan en las minas posteriormente, mientras que otros ni siquiera asisten a la escuela y llegan a realizar jornadas de hasta 14 horas diarias, extrayendo mineral, cargándolo, lavándolo y desmenuzándolo (Kippenberg, 2015).

Si las condiciones laborales en la minería artesanal ya son suficientemente duras para personas en edad adulta, lo son aún más para los niños en edad de crecimiento. El contacto con el mercurio o el transporte de pesadas cargas pueden generar graves problemas sobre su salud. Además, estos niños muchas veces sufren de desnutrición por su mala alimentación y poseen problemas respiratorios severos por la inhalación casi constante del polvo de la mina.

3.2.4. REPÚBLICA DEMOCRÁTICA DEL CONGO

Al tratar de la República Democrática del Congo se asocia principalmente la extracción de las “3TGs” (Tin, Tungsten, Tantalum and Gold), estaño, tungsteno, tántalo y oro respectivamente. Sin embargo, son otros también los

minerales que se extraen en este país y se causan un impacto sobre la sociedad similar, como es el caso del cobalto.

Antes de proceder a analizar la situación social fruto de la extracción de estos minerales en la República Democrática del Congo conviene hablar de las propiedades de cada uno y sus usos en la electrónica, uso que les hace ser minerales tan preciados en la industria en la actualidad. Anteriormente se ha tratado sobre las propiedades del oro y del estaño, metales también fruto de conflicto en este país.

TUNGSTENO

El tungsteno o wolframio es un elemento químico de número atómico 74, aislado por primera vez en 1783 en España a partir del mineral de la wolframita $(Fe, Mn) WO_4$. El wolframio es un metal raro en la corteza terrestre, situándose el 57° en la clasificación de abundancia de esta. En la actualidad se obtiene de forma muy similar a la que se usó por primera vez, formando el óxido WO_3 a partir de minerales que contienen wolfratos. Su forma física una vez tratado es un polvo de color gris opaco (Sánchez-Benítez, 2019).

De acuerdo con Sánchez-Benítez, sus propiedades principales son un altísimo punto de fusión ($3422^{\circ}C$), lo que le permite soportar altas temperaturas sin experimentar deformación, su elevada densidad ($\approx 19 \text{ g/cm}^3$), su alta resistencia a la tracción y su coeficiente de dilatación térmica más bajo que cualquier otro metal puro.

Continuando con lo descrito por Sánchez-Benítez el wolframio es un metal muy resistente al ataque de oxígenos, ácidos y bases. Además de que posee un elevado número de estados de oxidación, siendo los más estables +4 y +6.

Este metal al calentarse produce un brillo intenso que ha producido que se haya usado en filamentos de lámparas incandescentes y reflectores. Dentro de la electrónica tiene numerosos usos como son en pantallas LCD, tubos de televisión, impresoras láser, lunetas térmicas, bocinas, conmutadores o sistemas de vibración de teléfonos móviles.

La República Democrática del Congo es uno de los principales productores de tungsteno, aunque más del 80% de la producción mundial proviene de China (Sibaud & Gaia Foundation, 2013). Existen controversias en los datos de producción de algunos minerales como es el caso del tungsteno debido a que estos muestran a Ruanda como un potencial productor. No obstante, los datos de crecimiento de la minería en los últimos años no son coherentes con los datos de producción. Investigaciones realizadas por organizaciones de derechos humanos, como Amnistía Internacional o África Foundation, llevan a

pensar que la mayoría de los minerales exportados por países vecinos como Uganda y Ruanda provienen de contrabando desde la República Democrática del Congo (Medina Hidalgo, 2016).

TÁNTALO

El tantalio (Ta) de símbolo atómico es un metal de transición con número atómico 73. Este metal se extrae del coltán, forma coloquial de denominar a la columbita/ tantalita, junto con otro metal de transición, el niobio (Nb).

Es uno de los metales más demandados en la actualidad para la industria electrónica. Las propiedades que le hacen tan preciado son su superconductividad y su resistencia eléctrica. Aunque el tántalo se usa para fabricar aleaciones resistentes al ataque de ácidos, “la principal utilidad que ha llevado a la denominada guerra del coltán, es su uso como capacitores² muy eficaces” (Carrillo Hermosilla, 2015).

El tántalo está presente en muchos dispositivos electrónicos de uso diario como son teléfonos móviles, automóviles eléctricos, portátiles o electrodomésticos. Con el aumento del desarrollo de las tecnologías su demanda seguirá creciendo debido que actualmente no se conoce un sustituto.

Como indica Fernando Carrillo los principales productores de tántalo en la actualidad son Australia, Brasil y Canadá junto con algunos países africanos como son Nigeria o la República Democrática del Congo de la que se tratara en el presente trabajo. Se calcula que en torno al 80% de las reservas mundiales del coltán se encuentran en este último país, especialmente en la región de Kivu, provincia del este de la RCD.

COBALTO

El cobalto (Co) es un metal de la primera serie de transición dentro del grupo 9 de la Tabla Periódica de los Elementos con número atómico 27. En la naturaleza se encuentra el trigésimo en abundancia (0,0029% p/p) (Baran, 2018).

El cobalto es un metal ferromagnético y que por tanto tiene unas propiedades magnéticas muy apreciadas. Pero lo que realmente hace que este metal sea tan preciado es que al usarlo tanto de forma pura como dentro de aleaciones posee propiedades de resistencia al desgaste y a la corrosión incluso a

² Capacitores: término proveniente del inglés equivalente a condensadores.

temperaturas muy altas. Además, su alta dureza y resistencia a la tensión lo hace idóneo para ser usado como material en maquinaria industrial.

La sociedad actual cada vez es más dependiente de baterías recargables, presentes en muchos dispositivos electrónicos como móviles u ordenadores portátiles. Este crecimiento está impulsando la demanda de extracción de cobalto, un componente clave de las baterías recargables de iones de litio. Actualmente el mercado de las baterías se ha ampliado mucho más debido al impulso del coche eléctrico.

A parte de que la mayoría de su uso sea en baterías de iones de litio el cobalto tiene muchos otros usos dentro de la electrónica como son los circuitos integrados, tubos de vacío, cintas magnéticas, resistencias, transformadores y condensadores (Cobalt Development Institute, 2006).

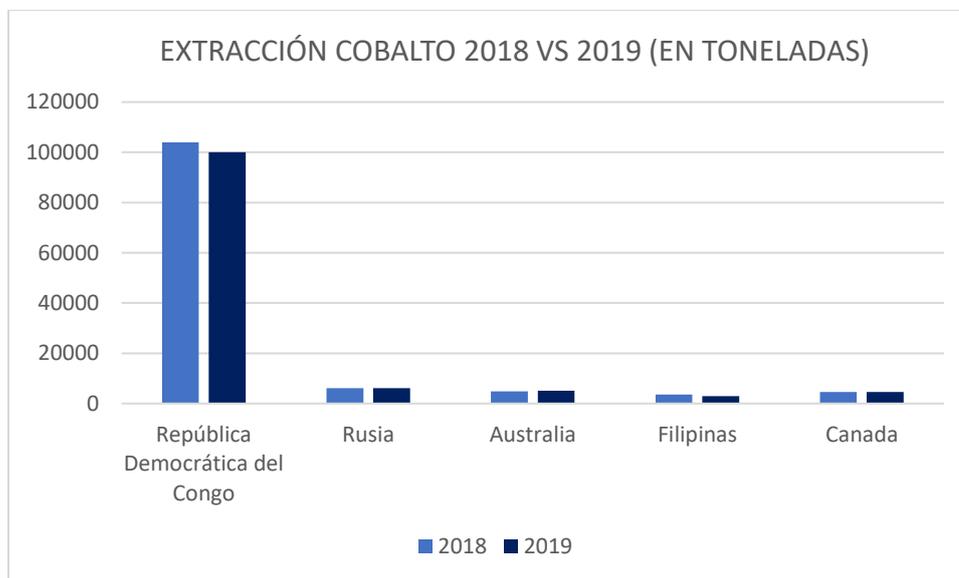


Ilustración 12: Extracción de cobalto, fuente: (U.S. Geological Survey, 2020)

Como se observa en la gráfica superior la República Democrática del Congo es el mayor productor de cobalto con una gran diferencia respecto a los siguientes principales productores.

A continuación, se expondrán las condiciones de la minería en la República Democrática del Congo, uno de los países más ricos en recursos en el mundo, haciendo alusión al tungsteno, tántalo, estaño, oro y cobalto debido a que las condiciones en las que se realiza la actividad de la minería son muy similares. A pesar de ser uno de los países más ricos del mundo en recursos, esto parece que le ha llevado a la pobreza y una historia asociada a constantes conflictos armados y vulneraciones de los derechos humanos.

La República Democrática del Congo es el país con mayor impacto social relacionado con la extracción de minerales. Uno de los principales problemas que atañen es la presencia de grupos armados que controlan la explotación y comercio de estos minerales. Para entender el problema político y la situación inestabilidad en este país es importante entender el origen del conflicto. De este modo, el esquema seguido en los anteriores países será alterado para poder introducir un breve resumen de la historia del país relacionada con la extracción de materias primas.

Breve resumen de la historia de la República Democrática del Congo

Conviene comenzar a tratar la minería en la República Democrática del Congo (RDC) haciendo alusión a la historia del país estrechamente relacionada con el control de los recursos naturales que posee y que supone el trasfondo de lo que sucede en el país actualmente.

“La república democrática del Congo parece haber sido víctima de la llamada “maldición de los recursos”, una teoría que sostiene que una mayor cantidad de recursos naturales en las naciones en desarrollo crea un mayor riesgo para la guerra civil y el desarrollo más lento.”(Carpenter, 2012, p. 2)

Para entender las raíces de la corrupción, matanza e inestabilidad política en RDC hay que buscar en el pasado, hace alrededor de 150 años cuando el explorador británico Sir Henry Stanley viajó por el río Congo y descubrió las riquezas de esas tierras en 1871 (Carpenter, 2012).

Fue en 1885 cuando este territorio se denominó Estado Libre del Congo, tras la Conferencia de Berlín, donde los países colonizadores acordaron el reparto del territorio africano, de este modo el Estado Libre del Congo quedó bajo el mandato del rey Leopoldo II de Bélgica (González Nieto & Díez Modino, 2017). El reparto del continente africano sin tener en cuenta la historia de los pueblos e imponiendo fronteras fijas lejos de la realidad local provocaron numerosas disputas entre tribus que no comprendían las nuevas divisiones del territorio.

Leopoldo, pese a no visitar nunca el territorio, lo explotó buscando especialmente el marfil y el caucho, materiales muy codiciados en la sociedad europea en el momento. Para ello cometió actos de esclavitud, asesinatos y secuestro de mujeres y niños para poder sacar beneficio económico. Debido a los abusos en la RDC contra los derechos humanos, a partir de 1900 comenzaron movimientos en Europa y Norteamérica que denunciaban la situación que estaba sufriendo el país. Estos movimientos y la presión social provocaron que Leopoldo se viera obligado a renunciar a la colonia belga, quedando la RDC en manos del estado belga (Medina Hidalgo, 2016).

En 1960, Patrice Lumumba firmó la independencia del país y se convirtió, tras las primeras elecciones democráticas en Primer ministro con Joseph Kasavu como presidente (González Nieto & Díez Modino, 2017). Lumumba prometía un futuro independiente para el país no solo políticamente sino también económicamente de las antiguas naciones imperialistas, con la esperanza de tener el control sobre los recursos del país. Sin embargo, aun después de ser destituido por Kasavu, debido a sus ideas, Estados Unidos y Bélgica enviaron ayuda a los contrarios a él y en 1961 Lumumba fue asesinado (Carpenter, 2012).

Siguiendo con lo descrito por Carpenter, su sucesor fue el general Mobutu Sese Seko, que tomó el poder mediante un golpe de estado apoyado por Estados Unidos en 1965. Desde 1971 Mobutu cambió el nombre del país por Zaire. Bajo el poder de Mobutu se permitió la explotación internacional y comenzó junto con sus personas más cercanas el saqueo a gran escala de los recursos naturales del país. Fue apoyado durante su mandato por el gobierno de Estados Unidos donde le veían como fuente de estabilidad frente al comunismo tras la Guerra Fría.

Conflicto en la actualidad

El conflicto actual es extremadamente complejo, e incluye razones políticas y económicas. A pesar de que muchos de los motivos de que los conflictos sigan presentes en el país tienen que ver con los motivos políticos y étnicos, su principal motivo es económico por el control de la riqueza en recursos naturales que posee el país (Carpenter, 2012).

De acuerdo con Carpenter, el país en la actualidad sigue siendo víctima de abusos por otros recursos como el oro, los diamantes o minerales, en especial el coltán, llamado comúnmente “oro negro”, actualmente el recurso natural más rentable en el país, muy valorado en la industria electrónica. Destaca la extracción del coltán en este país frente a otros como Australia o Canadá por la fácil accesibilidad a este preciado mineral, siendo alcanzable cerca de la superficie terrestre.

El conflicto que persiste en la actualidad comenzó tras el genocidio de Ruanda. Después de 1994 alrededor de 1,2 millones de hutus huyeron a la RDC por temor a las represalias de los tutsis que habían llegado al gobierno. Gran parte de estos hutus estuvieron involucrados en el genocidio, mientras que el resto eran refugiados. Como medio de supervivencia muchos de los refugiados acabaron uniéndose a grupos armados. En 1995 Mobutu permitió la entrada a la RDC de los hutus que huían de Ruanda con el fin de atacar a la tribu de tutsis que estaba establecida en el país, los Banyanmulenge (Carpenter, 2012).

Siguiendo lo descrito por Carpenter, en 1996 Ruanda, Uganda y Burundi como la Alianza de las Fuerzas Democráticas de Liberación del Congo-Zaire (ADFL) invadió la RDC para detener los ataques del grupo rebelde hutu, el FDLR (Fuerzas Democráticas de Liberación de Ruanda), que había encontrado refugio en la RDC. Sin embargo, como ha pasado a lo largo de la historia de la RDC, algunos expertos, como bien expone Carpenter, creen que fue por el control de los recursos naturales del país. Destituyeron al líder Mobutu y posicionaron en su lugar a Laurent Kabila, quien dejó libre acceso a los países invasores a los recursos naturales. Además, Kabila volvió a restaurar el nombre de la República Democrática del Congo.

Los aliados de Kabila se volcaron al poco tiempo en su contra, provocando una rebelión apoyada por Ruanda y Uganda en 1998. Muchos países del continente africano se posicionaron, comenzando una devastadora guerra conocida como la Guerra Mundial Africana, el conflicto que más vidas ha costado después de la Segunda Guerra Mundial (Manini Williams, 2012).

De acuerdo con Manini Williams, en 1999, el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas creyó conveniente intervenir en esta guerra y creó la Misión de Naciones Unidas en la República Democrática del Congo (MONUSCO), con el fin de garantizar la seguridad de los refugiados y la creación de un estado de Derecho que garantizase el cumplimiento de los derechos humanos y libertad tanto de los ciudadanos como de las empresas internacionales que operasen en el país.

La guerra oficialmente terminó en 2002, bajo el acuerdo de que Ruanda y Uganda retirarían sus tropas y la promesa de Kabila de perseguir a los miembros de la FDLR. Tras las elecciones de 2006 el gobierno pasó al hijo de Kabila, Joseph, mientras que Kabila había sido asesinado en 2001. A pesar de tener una supuesta paz los ataques de Ruanda y Uganda por los recursos no se detuvieron. Comenzaron a financiar grupos rebeldes a la vez que otros grupos rebeldes también seguían saqueando el país, como es el CNDP (Congreso Nacional para la Defensa del Congo) apoyado en sus convicciones contra el gobierno y las tropas de la ONU debido a la presencia de los FDLR. La presencia de estos innumerables grupos rebeldes provoca una explotación violenta de los recursos minerales y genera un descontrol en la población e inestabilidad política (Carpenter, 2012).

Carpenter expone que, a pesar de que en 2008 se declaró un alto al fuego con 25 grupos rebeldes, los combates continúan en todo el país, y algunos grupos rebeldes, como es especialmente el FDLR, donde los soldados están bien formados, causan todavía numerosos estragos, realizando redadas sin control alguno. Algunos expertos, de acuerdo con lo descrito por Carpenter, afirman que el acuerdo fomentó la importancia de las milicias y sirvió para ocultar la participación de países y agentes internacionales.

La presencia de grupos armados en la actualidad es destacable en el este del país donde se destaca la actividad de la minería. “Lo más grave de estos brotes violentos es que ha estado a punto de desequilibrar cada vez con mayor fuerza la ya de por sí frágil estabilidad de las provincias de Kivu del Sur y Kivu del Norte y ha creado un vacío de poder para las autoridades congoleñas de la que se están beneficiando grupos armados hace poco relativamente controlados” (Cervera Vallterra, 2014, p. 135). Aunque según lo descrito por González Nieto y Díez Molino (2017), en la actualidad, se encuentran activos al menos 70 bandos, que pueden adoptar distintas formas, siendo la mayoría pequeños grupos formados por menos de 200 soldados. Y según datos del Instituto Español de Estudios Tecnológicos (2020) por la región de los kivus campan 130 grupos armados.

Siguiendo lo expuesto por González Nieto y Díez Molino (2017) los grupos armados se benefician de los recursos de tres maneras distintas: controlándolos físicamente, controlando su comercio o estableciendo una serie de tasas. Los grupos armados, pueden llevar la exportación directa de los recursos mineros, gestionando el comercio y la explotación de los mismos o controlando y explotando las minas de forma directa. Otra forma de control de los minerales de forma indirecta puede ser el caso de la tasación en el origen, es decir en minas y vías de comunicación, o imposición de tasas a compañías aéreas que realizan el transporte a los comptoirs, término muy usado en este país para definir las oficinas de compra del mineral y de exportación.

Por tanto, la violencia, las guerras y todas las vulneraciones de los derechos humanos que ha sufrido la RDC desde su colonización han estado muy relacionados con la búsqueda del control de los recursos económicos y por tanto del beneficio económico. Además, los repartos del territorio africano a finales del siglo XIX, sin tener en cuenta la localización de las diferentes tribus continúan generando problemas y aumentado la inestabilidad dentro del país. Todavía quedan resquicios de estos conflictos y el país sigue sufriendo abusos por la riqueza en minerales que posee. La violencia, el caos y la inestabilidad política permiten a los grupos armados poder ejercer el control sobre territorios sin casi intervención alguna del gobierno. A pesar de los esfuerzos del gobierno por controlar la situación del país y el comercio de los minerales; y el comienzo en los países occidentales de procurar que los minerales y recursos importados no sean fruto de conflictos ni favorezcan la perpetuación de los grupos armados, el proceso hasta llegar a formar un país estable y seguro será largo y costoso.

Las provincias del país con mayor concentración de minas y por consecuente con mayor presencia de grupos armados que controlan la explotación en minas ilegales son Katanga, Kivu Norte y Sur y la provincia Oriental (según la situación de las provincias hasta 2005), como bien se muestra en la Ilustración 13. El

emplazamiento de las minas sigue siendo el mismo pero la distribución de las provincias del país fue modificada en 2005, mostrada en la Ilustración 14. Cabe destacar el hecho de que muchos grupos armados exportan estos minerales a países como Uganda y Ruanda, países cercanos a las provincias mencionadas, para su posterior venta a empresas multinacionales, que posteriormente exportan a países como China, Estados Unidos o Estados miembros de la Unión Europea. Solo en un año los grupos armados pueden llegar a obtener una ganancia de hasta 185 millones de dólares con el comercio de minerales, destaca la mina de Bisie, en el Distrito de Walikale en Kivu del Norte, principal productora de estaño (Alboan & Tecnología Libre de Conflicto).

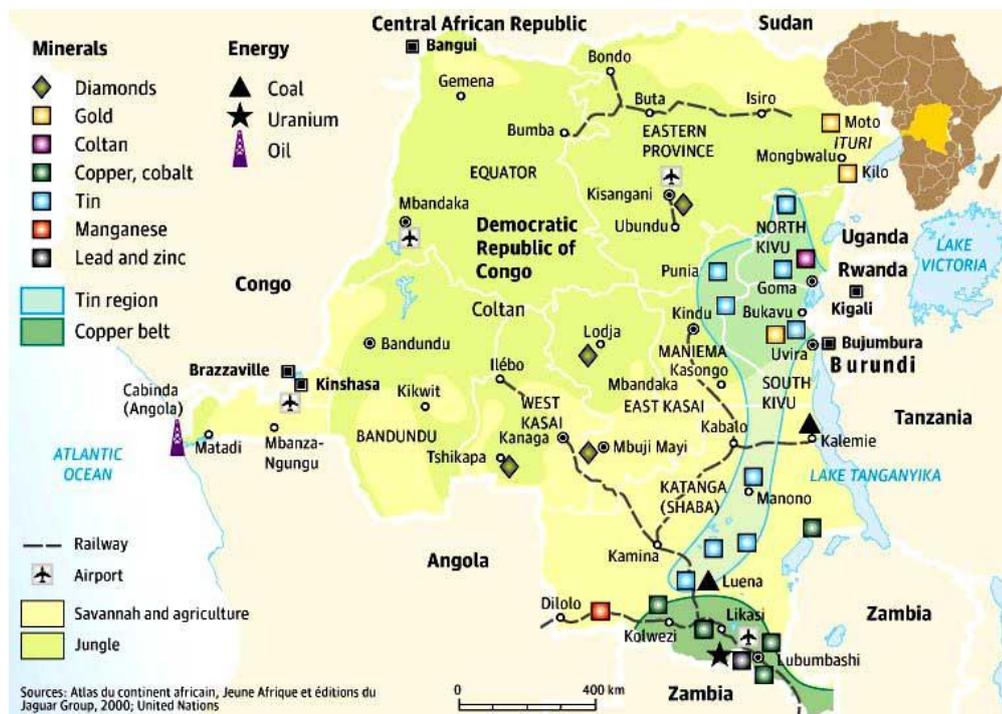


Ilustración 13: Minería en la República Democrática del Congo; fuente: (La Rédaction, 2018)



Ilustración 14: Mapa político de la RDC en la actualidad. Fuente: (United States Government Accountability Office, 2016)

LA MINERÍA EN LA RDC

La minería en la RDC está dividida en dos partes: la formal y la informal. El sector formalizado está controlado por grandes empresas multinacionales que operan a nivel industrial, mientras que en la parte no formalizada se encuentran lo que hemos denominado anteriormente como mineros artesanales o a pequeña escala. Cabe destacar que estas formas de minería interactúan ya que parte del producto extraído por mineros artesanales acaba en manos de las grandes empresas para ser exportado (Nordbrand & Bolme, 2007). Como se comentó en el caso de oro existen mineros que buscan beneficio en los escombros producidos por la minería a nivel industrial.

En el presente trabajo, como se ha hecho anteriormente, se analizará el trabajo de los mineros artesanales, pese a que la mayoría de los minerales exportados provengan de la minería industrial, son muchos los trabajadores que en todo el país siguen trabajando de forma artesanal. Son pocas las variaciones presentes entre los modos de extracción y las condiciones laborales de los trabajadores de un mineral a otro, por tanto, se ha considerado generalizar para toda la minería presente en la RDC.

Se estima que solo en las dos provincias de Kivu existen alrededor de 400000 mineros artesanales, existiendo solo en la provincia de Kivu del Sur en torno a 900 minas artesanales (Comisión Justicia y Paz, 2012).

Condiciones laborales de los mineros

El gobierno considera que tiene controlado la forma de extracción del mineral en algunas minas, denominadas minas con luz verde, en las que los trabajadores desempeñan su labor con salarios justos y el trabajo infantil o la explotación laboral no estén presentes. Sin embargo, como se ha comentado antes la RDC es un país con alta inestabilidad política y donde la corrupción está presente, por tanto, no se puede garantizar del todo que se cumpla todo lo estipulado, por parte del gobierno, en estas minas.

Los mineros artesanales venden el producto extraído a empresas comerciantes o a intermediarios. Trabajan de forma independiente, para empresas sin ningún tipo de contrato o, en peor de los casos bajo el control de los grupos armados. Los mineros que trabajan para algunas empresas reciben un salario en proporción a la cantidad de mineral extraído, sin embargo, a pesar del aumento del valor del cobalto el porcentaje que obtienen los mineros en proporción es muy bajo. Como se mencionó en el caso de Ghana y el oro, hay muchos intermediarios que sacan provecho del comercio del mineral.

Los salarios por los que trabajan los mineros están lejos de ser sostenibles y de lo estipulado por el gobierno, lo que les hace difícil mantener a sus familias y desemboca en ocasiones en el trabajo infantil. Es importante destacar que en la RDC la media de hijos por familia es mucho más alta que en países como España y que la educación no es del todo gratuita. Es necesario pagar una pequeña tasa por hijo para poder acudir a la escuela. Muchos prefieren trabajar en el sector artesanal debido que los salarios son algo mayores que en el sector formal (Nordbrand & Bolme, 2007). Según la normativa del país las zonas para la minería artesanal deberían de estar delimitadas, pero esto no sucede así. Los mineros trabajan donde pueden y muchas veces sin la licencia que el gobierno requiere para practicar la minería artesanal.

Uno de los mayores problemas a tratar como se comentó también en el caso del oro es el trabajo infantil. A pesar de que ha disminuido en los últimos años, el trabajo infantil sigue estando presente en muchas minas artesanales. UNICEF estimó en 2014 que aproximadamente 40000 menores estaban trabajando en minas en el sureste de la RDC (Amnesty International & AfreWatch, 2016). Alrededor del 70% de los niños de las regiones afectadas no van a la escuela (Carpenter, 2012). Los niños suelen realizar las tareas de tamización y lavado de los minerales, pero en ocasiones trabajan dentro de

pozos, debido a que por su tamaño les resulta más fácil adentrarse en ellos. La mayoría de los niños trabajan de forma independiente y no dentro de empresas en pequeñas minas ilegales. Algunos solo trabajan fuera del horario escolar, mientras que otros han dejado la escuela para poder ayudar a sus familias debido a que no pueden pagar las cuotas escolares. Las tasas de mortalidad en las minas muestran que son más altas en niños y adolescentes y las enfermedades varían desde irritaciones oculares debidas al polvo hasta cáncer. También es importante considerar los problemas óseos y musculares que causa el transporte de elevadas cargas (Amnesty International & AfreWatch, 2016).

Uno de los grandes peligros a los que se enfrentan los mineros radica en los derrumbes y colapsos de las minas. Los mineros en ocasiones se introducen en profundos pozos cavados en las rocas sin ninguna protección. Estando expuestos a su vez a la inhalación de grandes cantidades de polvo y bajos niveles de oxígeno, causando así graves problemas pulmonares. El transporte de pesadas cargas también afecta a los adultos provocando problemas óseos y musculares (Amnesty International & AfreWatch, 2016). Es importante considerar que el manejo de estos metales muchas veces conlleva otro tipo de consecuencias graves para la salud. Por ejemplo, en el caso del oro también se utiliza mercurio, un metal altamente tóxico. Pero durante el procesamiento de otros minerales también se utilizan productos químicos sin ninguna protección y que son fuente de enfermedades.

Pese a que este trabajo esté centrado en la minería artesanal, conviene comentar que tanto la minería formal realizada por grandes empresas como la minería en pequeña escala llevan a cabo vulneraciones de los derechos humanos e infracciones de la normativa del país. La exposición de los trabajadores a constantes peligros contra su salud y su seguridad, bajos salarios, discriminación entre congoleños o extranjeros, son ejemplos claros.

Repercusión sobre la población local

Al hablar de la repercusión de la minería sobre la población local, hay que hacer referencia con especial énfasis a los grupos armados, mencionados anteriormente. Cuando un grupo armado decide instaurarse en una zona causa grandes estragos en las poblaciones cercanas; saqueos, trabajos forzados, trabajo infantil y violaciones y agresiones contra las mujeres son parte de sus repercusiones en la zona. De este modo consiguen sembrar el miedo entre los habitantes y su sumisión para su beneficio.

Siguiendo el documento escrito por González Nieto y Díez Modino (2017) los grupos armados buscan otras fuentes de financiación como son la tasación del

comercio y cría de ganado, la producción de carbón vegetal y la agricultura. Además, son comunes las usurpaciones y las colectas forzadas a la población. Estas últimas se realizan bajo aviso o en ocasiones de sorpresa. Consideran que esto a mayores de las tasas por la extracción y comercio de los minerales es un pago por su “protección” de la localidad.

Otro caso relacionado con los niños es el caso de los niños soldados, reclutados por los grupos armados a los que se les otorga un fusil y participan bajo su mandato. Muchos de estos niños son reclutados por la fuerza y sin el consentimiento de sus familias. Sin embargo, en otros casos, como describen González Nieto y Díez Molino (2017) y debido a la pobreza de algunas familias, son los mismos padres los que animan a sus hijos a ejercer como soldados pensando que a cambio los grupos armados les darán víveres, sustento y seguridad. Pero no son solo los grupos armados los que llevan a cabo este atentado contra la infancia ya que las FARDC, el ejército gubernamental, se ha visto también involucrado en este ataque contra la infancia. Estos niños son sometidos a duros entrenamientos militares y dentro de su formación se encuentra el asesinato y la violación, y en ocasiones son ellos quienes son víctimas de violencia sexual.

Según la ONG Humanium los niños son reclutados porque son más dóciles, obedientes y manipulables. Además, no son tan conscientes del peligro y es posible que no perciban las consecuencias de la muerte (Humanium, s. f.). Solo en el grupo armado UPC (Unión de Patriotas Congoleños) 30000 niños fueron forzados a luchar (Carpenter, 2012). Según datos del IEEE³ se calcula que “el 30% de los componentes de los grupos guerrilleros son menores de ambos sexos utilizados para combatir, como escudos humanos, espías, mensajeros, cocineros, porteadores u objetos sexuales”(Palacín de Inza, 2015, p. 7).

Las mujeres y niñas parecen ser el sector de la población que más sufre opresión a mano de grupos armados. En las zonas controladas por rebeldes las violaciones son usadas como tácticas de guerra y en ocasiones debido a la brutalidad ejercida por los violadores llegan a la muerte de la víctima. Existen investigaciones por parte de Estados Unidos que estiman que aproximadamente 400000 mujeres son violadas cada año en el país (Deiros Bronte, 2020). Son los rebeldes quienes organizan los secuestros y violaciones, que son aprobados por los altos mandos a mujeres de todas las edades al considerarse un pago a los soldados combatientes. A pesar de que estos delitos están considerados crímenes contra la humanidad y de la existencia de leyes que protegen los derechos de las mujeres, se producen por parte de las fuerzas de seguridad del estado y de los grupos rebeldes. Esto es fruto también de una falta de reconocimiento de los derechos de las mujeres. Muchos soldados consideran que las mujeres solo deben desempeñar labores

³ La IEEE es la mayor organización para el desarrollo tecnológico a nivel mundial.

domésticas y trabajar en la agricultura, mientras que los hombres son quienes deben realizar tareas de protección y tomar las decisiones (Medina Hidalgo, 2016). Son muchas las mujeres que tras sufrir violencia sexual son rechazadas por parte de su familia por considerarse una vergüenza y una deshonra. Esto agrava los problemas psicológicos de las víctimas, que al esconderlos es muy difícil que los lleguen a superar. La situación se ve agravada por las lesiones que sufren con frecuencia debido a la violencia empleada y la transmisión de enfermedades sexuales.

Como expresó en una entrevista para la BBC el ginecólogo congoleño Denis Mukwege, especialista en víctimas de violencia sexual: “El conflicto en la República Democrática del Congo no es entre grupos fanáticos religiosos. Tampoco es un conflicto entre Estados. Es un conflicto causado por intereses económicos, y la forma en que se está librando está destruyendo a las mujeres congoleñas”(Redacción, 2018). Su hospital atiende a más de 3500 mujeres al año, llegando a realizar hasta 10 operaciones por día. Además, es importante destacar el hecho de que las enfermedades de transmisión sexual en este país son mucho más frecuentes y aumentan en gran número debido a todos los abusos sexuales de los que las mujeres son víctimas.

Otra de las repercusiones que tiene la violencia sexual, los grupos armados o la explotación de los recursos naturales en la RDC son los desplazados internos. Como se menciona en el trabajo de Medina Hidalgo, el Comité Internacional de la Cruz Roja definió en 2008 a los desplazados como: “personas o grupos de personas que han sido forzadas u obligadas a huir de sus hogares o lugares de residencia habitual, o abandonarlos, en partícula a causa de un conflicto armado, de situaciones de violencia generalizada, de violaciones de los derechos humanos o desastres naturales o causados por el hombre, y que aún no han cruzado una frontera reconocida internacionalmente entre Estados o que lo hacen a fin de evitar los efectos de todo ello”(Medina Hidalgo, 2016). Según datos expuestos por ACNUR se estima que entre 2017 y 2019 se han producido en torno a 5 millones de desplazamientos en las regiones de Kasai, Tanganyika, Ituri y Kivu, de los cuales muchos han huido a paises cercanos como son Zambia y Angola (Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados, s. f.).

Muchos de los desplazados se concentran en campos de refugiados donde las condiciones de vida son difíciles y más teniendo en cuenta que la RDC es uno de los países más pobres del mundo, por lo que las necesidades son mucho mayores y las condiciones de vida difíciles, ya que las ayudas para cubrir las necesidades básicas no llegan a todos los campos, como son el agua o alimentos y las personas que allí viven tienen que buscar la manera de poder subsistir (Medina Hidalgo, 2016)

Otro de los mayores problemas en los campos de refugiados como bien indica Medina Hidalgo es la seguridad. Existen personas doblemente vulnerables en estos campos como son los niños, las mujeres o los ancianos, los cuales, en ocasiones son fruto de abusos por parte de los grupos armados, además de sufrir marginación. En el caso de las mujeres lleva en ocasiones a la prostitución como medio de poder alimentar a sus familias, arriesgándose a contraer enfermedades de transmisión sexual difíciles de tratar en el país. A todos estos problemas en los campos hay que sumar el problema de las condiciones de higiene y salubridad en las que conviven miles de personas. Las malas condiciones en las que conviven provocan un gran aumento de transmisión de enfermedades epidémicas como son la fiebre el sarampión o el cólera (Medina Hidalgo, 2016).

El impacto ambiental como se ha comentado en anteriores apartados está muy ligado a las repercusiones sobre la sociedad. La contaminación del agua o las tierras de cultivo afecta directamente a los sustentos de algunas poblaciones, llegando a conllevar el desplazamiento de las poblaciones cercanas a los lugares contaminados. Además del uso de materiales altamente tóxicos como son el mercurio en la extracción del oro, comentado previamente en el caso de Ghana. El mayor problema asociado a estos materiales es el desconocimiento de la población acerca de todas las consecuencias que tiene su manejo. Otro hecho a destacar y que se da en el caso de Ghana e Indonesia también, es el desconocimiento de la población del uso de todos los minerales extraídos en sus países.

3.2.5. CHINA

Al considerar los impactos sociales importantes relacionados con la minería en China, es importante recalcar la minería de las tierras raras, pese a que China, como se ha indicado anteriormente, es uno de los mayores productores de diversos minerales.

La extracción de las tierras raras se lleva a cabo principalmente en Asia, donde se concentran el 80% de las reservas mundiales de estos elementos, destacando la extracción en China que cuenta con la mayor mina, Bayan Obo, descubierta como mina de hierro y posteriormente de fluorita (Ali, 2014). China se sitúa como el principal proveedor de tierras raras de Estados Unidos y Europa. Este es un aspecto clave en la guerra comercial entre Estados Unidos y China. Como se observa en la Ilustración 15, China es el principal productor de estos elementos con gran diferencia respecto a otros países.

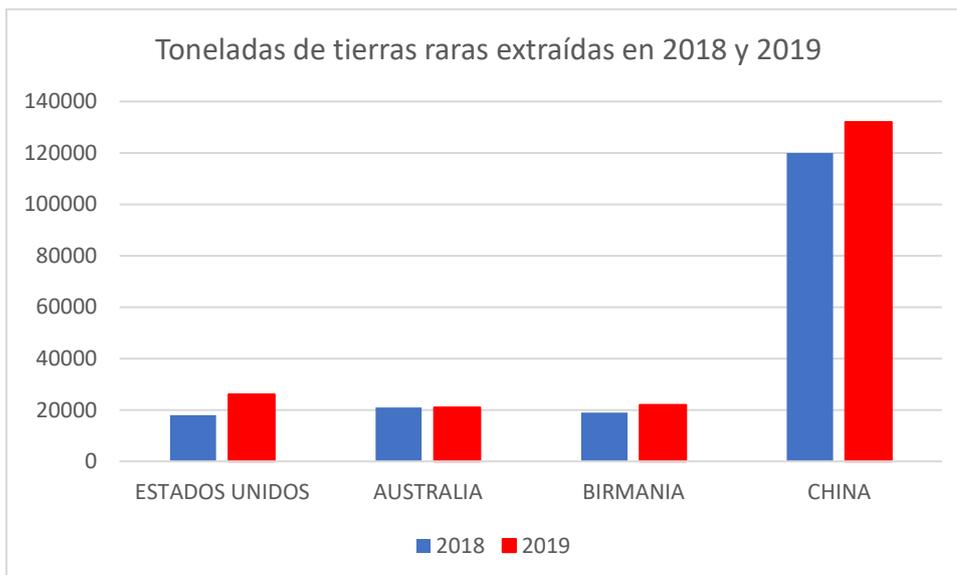


Ilustración 15: Producción de tierras raras. Elaboración propia a partir de: (U.S. Geological Survey, 2020)

TIERRAS RARAS

Las tierras raras están constituidas por un grupo de 17 elementos enmarcados dentro del grupo 3 de la Tabla Periódica, comprendidos desde el Lantano (La) con número atómico 57 y el Lutecio (Lu) con número atómico 71 (Lantano, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Prometió, Samario, Europio, Gadolinio, Terbio, Disproseo, Holmio, Erblio, Tulio, Iterbio y Lutecio), junto con el elemento de número atómico 21, el Sc (Escandio) y el Y (Itrio) de número atómico 39 (Sáez Puche et al., 2000). En la siguiente ilustración se indican los estados de oxidación más frecuentes de las tierras raras.

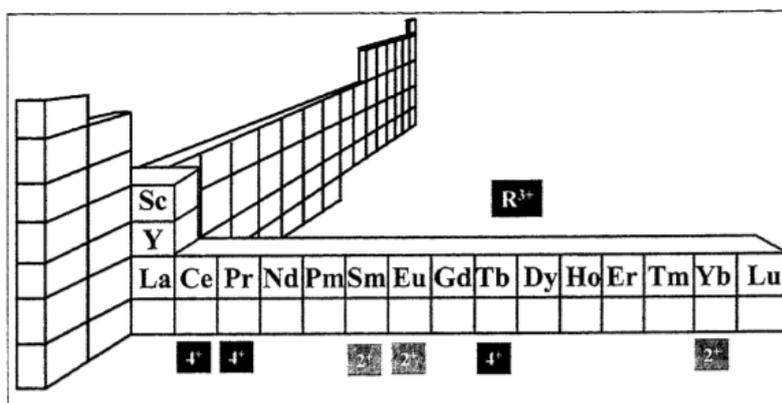


Ilustración 16: Estados de oxidación de las tierras raras: fuente: (Sáez Puche et al., 2000)

De acuerdo con Sáez Puche, Cascales, Porcher y Maestro (2000), al contrario de su nombre estos elementos no son raros, sino que son más abundantes que otros más conocidos y se encuentran en una cantidad de alrededor del 0,08% en la corteza terrestre, siendo el más abundante el Cerio.

Siguiendo lo escrito en el anterior artículo, estos elementos no se encuentran como puros en la naturaleza, sino que forman parte de óxidos y silicatos y muchas veces son impurezas. Son sus propiedades electroquímicas y magnéticas las que les hacen tan preciados.

Las propiedades de las tierras raras se deben a su estructura atómica, especialmente a su configuración electrónica. Este grupo de elementos químicos ha tenido una gran repercusión no solo industrial sino en relación con la mejora de la calidad de vida desde el comienzo de su uso.

Las tierras raras son componentes de los materiales avanzados y muy presentes en la industria electrónica debido a sus propiedades excepcionales, teniendo como ejemplos representativos de su uso:

- Imanes permanentes
- Materiales ópticos basados en compuestos de tierras raras como son las lámparas luminiscentes
- Energías renovables como en aerogeneradores
- Pantallas LCD o LED presentes en móviles, ordenadores y televisores
- Fibra óptica.
- Baterías
- Memorias de computadoras

MINERÍA DE LAS TIERRAS RARAS EN CHINA

La explotación de tierras raras en China comenzó en 1957 en la mina mencionada, Byan Obo, situada en la región de Mongolia Interior. Al comienzo la extracción tenía escaso valor añadido y baja concentración mineral. Fue con la creciente demanda de las tierras raras para el sector tecnológico y con el decrecimiento de la producción de Estados Unidos, en la mina de Mountain Pass, cuando la producción china comenzó a ganar protagonismo y a ampliar sus yacimientos en distintas partes del país (Perez Lagüela, 2018).

Existen diferencias entre las condiciones de extracción y procesamiento de tierras raras en países como Australia o Estados Unidos frente a otros como China o Malasia especialmente en materia de medioambiente, debido a que en los primeros se encuentra bajo normas mucho más estrictas. Esto ha producido

que la minería y procesamiento de las tierras raras se haya trasladado en su mayoría a países asiáticos los cuales son los principales proveedores y donde la extracción se produce de forma masiva. De este modo, las mayores preocupaciones acerca de las condiciones de extracción y procesamiento de las tierras raras están centradas en este continente.

Es importante remarcar que el gobierno chino declaró desde los años 90 las tierras raras como minerales protegidos y estratégicos, por tanto, “los inversores extranjeros tienen prohibida su explotación, y solo pueden participar de manera restringida en los procesos de fundición y separación, salvo si lo hacen de manera conjunta con empresas chinas”(Pérez Lagüela, 2018, p. 133). De este modo las tierras raras están vistas con una gran importancia política para la seguridad y economía nacional del país.

El proceso de extracción de las tierras raras depende del tipo de mineral y los elementos acompañantes que se extraigan. El mayor problema con estos elementos se produce en el momento de su tratamiento, ya que al no ser puros y no encontrarse en grandes concentraciones requieren un tratamiento muy costoso y complejo.

Según cita (Manzanaro, 2019) el español experto en geología Juan Diego Rodríguez-Blanco, expuso que los métodos utilizados “son muy ineficientes y medioambientalmente agresivos. Muchas veces se pierde más del 50% de las tierras raras del yacimiento en su proceso de separación”.

Al igual que con otros metales para su procesamiento se usan una combinación de procesos de extracción por disolvente y por flotación, junto con algunos procesos electrolíticos. Gran parte de la preocupación por la contaminación proviene del material de desecho presente en la ganga⁴, principalmente por contener torio. Este material crea controversia debido a que por sus propiedades podría tener bastante uso posteriormente (Ali, 2014).

Cabe destacar una de las plantas de procesamiento de las tierras raras, la Planta de Materiales Avanzados de Lynas en Kuantan (Malasia) que ha llevado a un activismo internacional por su falta de compromiso social y ambiental. Las tierras raras que son procesadas en esta planta son las provenientes de la mina de Mount Weld en el este de Australia (Ali, 2014). Pese a todas las críticas sufridas especialmente por el tratamiento de los residuos, actualmente, la planta de Lynas es la única planta de procesamiento a nivel mundial fuera de China y se encuentra en negociaciones por el tratamiento de los minerales.

⁴ Ganga: Mezcla entre el material de desecho y el material deseado en un depósito de mineral.

Impacto de la minería en la sociedad local

Al hablar del impacto social que supone la minería de las tierras raras en China es más relevante, considerar los impactos en las poblaciones cercanas a las minas, ya que al contrario de lo que pasaba con los países de los que se ha hablado anteriormente, no se han encontrado datos acerca de las condiciones laborales de los trabajadores.

El impacto social sobre las poblaciones cercanas está estrechamente ligado al impacto ambiental que supone la práctica de esta minería. Repercute de manera directa en la vida de las poblaciones cercanas, produciendo un abandono de los campos de cultivo y un éxodo de la población debido a los altos niveles de contaminación de la zona especialmente del agua y la tierra. En su mayoría debida a la impureza radioactiva producida durante extracción y tratamiento, el torio. “Parte de la basura final de la purificación consiste en ácido sulfúrico, soda cáustica, fluoruros, sulfuros, e ingentes cantidades de agua, así como elementos radioactivos”(Echeverri L & Parra B., 2019, p. 295).

Un claro ejemplo de esta situación es el caso de la provincia de Jiangxi, al sur de China. En esta zona se encuentran repartidos cientos de pequeñas minas a cielo abierto. Estas minas vierten sus aguas junto con los productos químicos, formando así un lodo toxico. Los agricultores de la zona no tienen más remedio que utilizar fertilizantes muy potentes para poder disolver las tierras raras. Asimismo, la minería masiva ha dejado el terreno erosionado y con estancamientos de residuos estériles. El gobierno calcula que la reparación de estos daños tendrá un coste en torno a 6000 millones de dólares estadounidenses (Sibaud & Gaia Foundation, 2013).

El sector para poder cumplir con las legislaciones y poder evitar las preocupaciones sociales necesita un sistema de vigilancia deliberado y detallado que se adapte a los cambios tecnológicos.

Uno de los puntos a tratar como se ha mencionado es la radioactividad de algunos elementos que se extraen en conjunto con las tierras raras. Estas en sí mismas contienen algunos isotopos radioactivos que deben ser tratados en función al grado del mineral. La mayor preocupación respecto a la radiación se encuentra durante la fase de procesamiento del mineral, fase que puede conducir a la producción del torio, dado que el principal proceso de descomposición del torio conlleva emisiones de partículas alfa. Es importante contar con un método de vigilancia en torno a las fuentes de las partículas alfa. Estas emisiones no viajan muy lejos, pero causan un mayor daño celular, especialmente cuando se inhala. Existen investigaciones sobre la vigilancia de las emisiones alfa del radón, gas radioactivo natural que ha causado grandes preocupaciones de salud pública (Ali, 2014).

La cantidad de radiación de emisión hasta el momento no ha dado resultados significativos debido a que las muestras tomadas para su estudio han sido demasiado pequeñas y no son relevantes.

“Las partículas alfa pueden causar mucho más daño en la misma dosis que las partículas beta o de rayos gamma”(PNUMA, 2016, p. 7), sin embargo, es más fácil impedir el paso de las partículas alfa. Como se ha mencionado antes el mayor daño a la salud está presente en el momento en el que se inhalan, al ser inhaladas se retienen en los pulmones, llegando a causar desde problemas respiratorios hasta cáncer de pulmón (PNUMA, 2016).

3.2.6. EL TRIÁNGULO DEL LITIO

Como expone Herranz Gómez (2017, p. 22) “casi la mitad de la producción mundial de litio proviene de las salmueras de litio de una región de las montañas de los Andes, que abarca parte de Argentina, Chile y Bolivia”. Esta zona es conocida de forma coloquial como “Triángulo de litio”, mostrada en la Ilustración 17.



Ilustración 17: El triángulo del litio: fuente (Herranz García et al., 2017)

Estos datos se corroboran con lo expuesto en el informe publicado por el U.S. Geological Survey en 2020 como se muestra en la Ilustración 18. En este se informe se incluye a Bolivia como una de las mayores reservas a nivel mundial con 21 millones de toneladas. Sin embargo, la explotación en este país está controlada por parte del gobierno y no por empresas multinacionales como es el caso de sus países vecinos. Actualmente la producción en Bolivia es mucho menor respecto a estos otros dos países debido a que todavía se encuentra en proceso de lanzamiento. Como bien expone Ströbele-Gregor (2012), el salar de Uyuni, en Bolivia, es de lejos la mayor reserva de litio a nivel mundial.

	Mine production		Reserves ⁵
	2018	2019 ^e	
United States	W	W	630,000
Argentina	6,400	6,400	1,700,000
Australia	58,800	42,000	⁶ 2,800,000
Brazil	300	300	95,000
Canada	2,400	200	370,000
Chile	17,000	18,000	8,600,000
China	7,100	7,500	1,000,000
Namibia	500	—	NA
Portugal	800	1,200	60,000
Zimbabwe	1,600	1,600	230,000
Other ⁷	—	—	1,100,000
World total (rounded)	⁸ 95,000	⁸ 77,000	17,000,000

Ilustración 18: Producción y reservas mundiales de litio: fuente(U.S. Geological Survey, 2020)

El motivo por el que se ha decidido hablar en conjunto de los tres países es debido a que los impactos son muy similares. Aun cuando la minería en Chile o Argentina ya está mucho más desarrollada que en Bolivia, donde la explotación de las minas ha estado más restringida y es actualmente cuando está comenzando a crecer. Siendo este el motivo por el cual Bolivia no se sitúa entre los principales productores de litio en la actualidad.

El mayor problema asociado en los tres países es el impacto que tiene en las comunidades indígenas, el cual se encuentra estrechamente relacionado con el impacto ambiental de la minería del litio.

Conviene comenzar comentando el metal como se ha hecho anteriormente.

LITIO

El litio (Li) es un metal blando y el más ligero de la tabla periódica. Físicamente tiene un aspecto blanco plateado. Entre sus propiedades destaca su facilidad de reaccionar con agua y aire. Este metal tiene el mayor potencial electroquímico de todos los metales, de este modo, sus densidades de energía

y potencia son muy altas y le confieren una larga vida útil en paquetes pequeños y ligeros (Herranz García et al., 2017). Estas propiedades le hacen un metal idóneo para la creciente demanda de las baterías eléctricas recargables, que han tenido un gran impulso en la última década.

Por su reactividad el litio no se encuentra como un elemento puro en la naturaleza, sino que se encuentra contenido en depósitos de minerales o sales, incluidos los lagos de salmuera y el agua de mar. Sin embargo, la concentración del litio es por lo general baja, siendo su media entre 60-65 ppm, teniendo en cuenta que es el vigésimo séptimo elemento más abundante en la corteza terrestre (Herranz García et al., 2017).

Siguiendo lo expuesto por Herranz García, el litio tiene otras propiedades que le hacen preciado, como son, su alto coeficiente de expansión térmica o su fundición al actuar como modificador de la viscosidad del vidrio. Sin embargo, para el presente trabajo nos centraremos en sus propiedades electroquímicas para su uso en las baterías recargables, debido a que actualmente es su principal uso en la industria electrónica y que su demanda para esta industria sigue creciendo. Destaca considerablemente el aumento de la demanda de litio con el reciente desarrollo de los coches eléctricos en la industria automotriz que según lo indicado en la Ilustración 19 crecerá considerablemente en los próximos años.

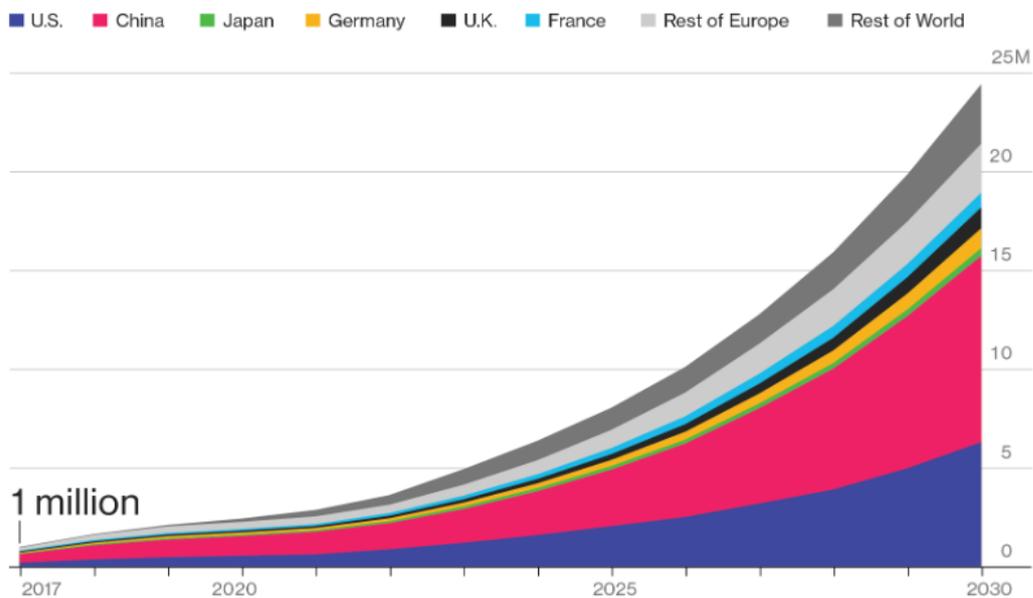


Ilustración 19: Crecimiento de venta de coches eléctricos. Fuente: (Shankleman et al., 2017)

LA MINERÍA DEL LITIO

Como bien se indica en el citado trabajo de Herranz García, el litio forma parte de algunos minerales, actualmente se explotan tres: espodumena, petalita y lepidolita; siendo el mineral con mayor concentración de litio la espodumena. Para la extracción de estos minerales la minería se realiza a cielo abierto y/o subterránea, posteriormente se tritura y se somete a procesos de separación de modo que se concentre la mena y se elimine la ganga (Herranz García et al., 2017).

Otro método mencionado para su extracción se da dentro de los lagos salados, donde se encuentran los cuerpos de salmuera de litio, “se forman cuencas donde el agua ha lixiviado el litio de la roca circundante en donde está atrapado y después se concentra por evaporación”(Herranz García et al., 2017, p. 22). El proceso de extracción en las salmueras se realiza por bombeo en una serie de estanques de evaporación donde se cristalizan previamente otras sales, dejando finalmente una salmuera rica en litio ($\approx 6\%$). Antes de su conversión al carbonato de litio o al cloruro de litio o para producir hidróxido de litio, esta salmuera se procesa para eliminar las posibles impurezas.

Haciendo alusión a Bolivia y en concreto al salar de Uyuni, este se encuentra ubicado a 3670 m de altitud y cuenta con una costra de sal de 10000 km², aun no se conoce la profundidad de este salar y por consecuente, los recursos que alberga. Otro yacimiento de litio en este país es el Salar de Coipasa, más pequeño y situado al norte de este (Ströbele-Gregor, 2012). Mientras que en Chile se encuentra el más conocido Salar de Atacama, mayor productor a nivel mundial y en Argentina los salares de la puna de Jujeña y Salteña, y el norte de Catamarca.

Siguiendo lo expuesto en este artículo, la situación de la explotación del litio en Bolivia, que la diferencia de Argentina y Chile es la estrategia económica que pretende alejarse de lo “neoliberal”, en la que el control se ejerza por el Estado por ser considerado un recurso estratégico y con alto interés económico. Al contrario de sus países vecinos donde, en Chile son empresas público-privadas las que extraen el metal o en Argentina donde el control esta exclusivamente bajo el control de empresas privadas. “La minería en el “triángulo del litio” se encuentra en distintas fases de desarrollo”(Gundermann & Göbel, 2018, p. 472).

Argentina también se enfrenta a un grave problema, en comparación con la explotación en Chile o en Bolivia. En Chile este recurso fue declarado un recurso estratégico en 1979. No obstante, esto no afectó a las concesiones otorgadas anteriormente, pero si a su manera de explotación; es por eso por lo que las explotaciones en el Salar de Atacama están permitidas, pero están limitadas. En el caso de Argentina la explotación de litio carece de una regulación especial

y se aplica a su extracción la ley de minería general, la cual es mucho más permisiva y favorable para las empresas extranjeras.

En el caso de estos países no existe constancia de unas malas condiciones de trabajo por parte de los trabajadores ni vulneraciones de los derechos humanos. El “hotspot” asociado a la extracción de minerales en este caso es el impacto que tiene la minería sobre las comunidades locales, especialmente en las comunidades campesinas indígenas.

Impactos de la minería en la sociedad local

La mayoría de las minas de litio, en este caso del triángulo de litio refiriéndose a los lagos de sal, se encuentran en territorios pertenecientes a comunidades indígenas. En los modos de vida de estas comunidades a pesar de todas las transformaciones que han experimentado, siguen teniendo un fuerte vínculo con los espacios donde viven y el entorno natural, ya que constituyen parte de su identidad local y étnica, además de sus creencias (Gundermann & Göbel, 2018).

Siguiendo lo descrito por Gundermann y Göbel, a pesar de que las leyes de los países aseguren que estas comunidades tienen el derecho de utilizar, desarrollar y controlar sus tierras, recursos y territorios, la falta de control de implementación de estas leyes supone muchos obstáculos para estas comunidades. Esto ha desembocado en una continua serie de conflictos entre los gobiernos y las sociedades indígenas que ven sus medios de vida alterados. Una de las consecuencias que está teniendo esta minería es la migración de las comunidades en busca de tierras en donde puedan llevar el modo de vida que han llevado durante generaciones, debido a que algunos indígenas afirman que poco ha cambiado a mejor en las zonas mineras.

El establecimiento de las minas en los salares genera un gran impacto ambiental en un ecosistema frágil. La preocupación más importante de las comunidades es el consumo desmesurado de agua por parte de los encargados de las explotaciones mineras. Un claro ejemplo es el caso del Salar de Uyuni, en Bolivia, donde el ecosistema es árido y muy delicado. La explotación de litio conlleva un consumo alto de agua, tanto durante los procesos químicos como en el consumo por parte de las instalaciones de producción secundarias. Sin embargo, las lluvias en esta región se limitan a la temporada de lluvias equivalente a tres meses por tanto se requiere el acceso a las reservas de agua subterráneas que tardan periodos largos de tiempo en renovarse. Este hecho afecta a las comunidades campesinas indígenas dedicadas a las agricultura y ganadería en estas regiones, a la vez que afecta

a las poblaciones cercanas. A esto hay que añadir las aguas residuales que en ocasiones no son tratadas correctamente (Ströbele-Gregor, 2015).

Otra preocupación recae sobre el impacto en la flora y la fauna. Las comunidades locales en ocasiones basan su actividad económica en el lago, bien mediante la extracción de sal, la cría del ganado alrededor del lago o a través del turismo. Por tanto, la alteración del ecosistema supone para ellos un gran obstáculo. Están viendo como las empresas, en el caso de Chile o Argentina sacan un provecho de millones de dólares de sus tierras, mientras que ellos se ven perjudicados.

En el caso de Argentina la ley declara que los Estados deben consultar con las comunidades indígenas involucradas para obtener su consentimiento libre, previo e informado antes de tomar medidas que afecten a sus comunidades. Además, aconsejan a las empresas que adopten medidas para reconocer la autoridad de los indígenas en las tierras que van a utilizar, de modo que se consulte con ellos previamente a la realización de las actividades y proyectos. Estas medidas según la ley deben aplicarse a todos los pueblos afectados, tanto si tienen el reconocimiento de derechos sobre esas tierras como si no (Marchegiani et al., 2019).

Siguiendo lo descrito en el anterior artículo, en Argentina, las declaraciones de algunas comunidades indígenas entran en controversia con lo estipulado, siendo una comunicación unilateral, en la que una parte no puede expresar libremente sus opiniones para llegar al entendimiento mutuo, de manera que no se ha consultado con las comunidades indígenas el modo de realización de su actividad.

Cabe destacar el hecho de que las empresas establecidas en estos territorios en ocasiones tienen como empleados a ciudadanos locales con el fin de ayudar a la economía local, a su vez procuran realizar donaciones que favorezcan a la población como a escuelas o centros de salud. Sin embargo, los salarios son bajos y las donaciones modestas, sobre todo si se comparan con los enormes beneficios que obtienen las empresas de la comercialización del litio. De este modo las empresas ayudan al desarrollo de las comunidades y proporcionan no solo beneficio económico, sino también en calidad de vida haciendo alusión a educación y sanidad, sin embargo muchos afirman que "las empresas se llevan más de lo que devuelven" (Marchegiani et al., 2019, p. 33). Existen declaraciones de ciudadanos locales que afirman que no todos son cogidos como empleados y todavía no hay suficiente acceso a la educación.

Pese a las quejas de las comunidades indígenas asentadas desde hace siglos en las tierras de extracción del litio las compañías afirman cumplir con lo establecido y que su presencia en la zona ayuda al desarrollo de las comunidades. Sin embargo, según datos recogidos los beneficios y servicios

prometidos por las empresas no son siempre visibles (Frankel & Whoriskey, 2016).

Respecto a este tema las conclusiones extraídas de los artículos leídos hacen alusión a que la minería en los casos de Chile y Argentina donde está controlada por grandes empresas extranjeras está teniendo un gran impacto en las comunidades indígenas. Este impacto no siempre ha sido negativo dado que esta minería ayuda al crecimiento económico y otros bienes básicos como se ha mencionado anteriormente. Sin embargo, las comunidades indígenas no están totalmente de acuerdo con la forma de actuar de las empresas ya que consideran que les tienen olvidados y que no siempre consideran sus opiniones. En estas comunidades donde el medio de vida esta tan estrechamente relacionado con la tierra y que estas tierras donde se encuentran, en muchos casos están consideradas su propiedad por derecho; exigen que las empresas realicen sus actividades y proyectos bajo su aprobación. Debido a que están viendo como sus vidas son alteradas y en ocasiones sus actividades, como es en el caso de la ganadería, imposibilitados, además de dificultar el acceso al agua dulce y limpia imprescindible para cualquier ser vivo.

En el caso de Bolivia la minería se encuentra en la actualidad en desarrollo, no siendo controlada como es el caso de sus vecinos, por empresas, sino por el gobierno, como se ha mencionado anteriormente. Esto está llevando a múltiples protestas por parte de los indígenas que ya han observado la vida de sus comunidades vecinas alterada y están comenzando a ver cómo la suya está sufriendo las mismas consecuencias, a pesar de las promesas de los gobiernos.

3.2.7. CONCLUSIONES GENERALES EN LO RELATIVO AL IMPACTO DE LA EXTRACCIÓN DE MINERALES

En conclusión, se detecta un claro problema de sostenibilidad social. Los afectados por la extracción de los minerales usados para la fabricación de productos electrónicos en los países estudiados son miles y van desde edades más tempranas hasta adultos. Este hecho repercute especialmente en zona de extrema pobreza y en países políticamente inestables.

También se ha podido comprobar la dependencia de los países occidentales de los estudiados en este trabajo, ya que estos últimos producen la mayoría de los minerales a nivel mundial de uno de los sectores más importantes de la sociedad occidental, el de la electrónica.

Las condiciones de los mineros en dichos países llegan a ser muy diferentes, especialmente al usarse métodos de extracción muy específicos en algunos

casos, como es la minería en el mar en Bangka. Por consiguiente, no se podría englobar la minería de estos minerales dentro de unos estándares, ni afirmar que el impacto social es el mismo en todos los casos. De esta forma, los *hotspots* asociados a la etapa de extracción dependen tanto del país del que se obtiene el mineral como del mineral extraído en sí.

Como se comentó, para la fabricación de un solo producto electrónico son necesarios numerosos elementos. Esto genera que para el estudio del impacto social de un solo dispositivo electrónico se necesite estudiar distintos países según el mineral extraído en cada uno, provocando que el estudio necesario sea amplio.

La minería artesanal a pequeña escala, al localizarse en zonas de mucha pobreza, supone que los trabajadores acepten unas condiciones de trabajo que pueden atentar contra su salud y seguridad por unos salarios bajos. El impacto de esta minería también afecta a la población local, estando estrechamente relacionado con el impacto ambiental. La contaminación del agua y las tierras o la deforestación suponen problemas graves en la obtención de recursos básicos, lo que provoca un cambio en su modo de vida y en la subsistencia de los habitantes.

A su vez, se han observado problemas que violan los derechos humanos como trabajo infantil, violencia sexual, falta de seguridad laboral, salarios injustos, violencia física, niños soldado, condiciones de cercanas a la esclavitud o trabajo bajo amenazas, entre otros. Además de la presencia de grupos armados que controlan el comercio y extracción de los minerales, y que provocan una crisis de refugiados.

El beneficio económico por parte de países interesados o de algunos intermediarios presentes durante el proceso de comercialización agravan el problema, favoreciendo su perpetuación. Asimismo, la inestabilidad política en la que se ven sumergidos algunos de los países estudiados en un claro factor que empeora la situación.

3.3 NORMATIVAS VIGENTES ACERCA DE LOS MINERALES DE CONFLICTO

Después de exponer las condiciones de obtención de materias primas utilizadas en la fabricación de productos electrónicos, es importante conocer las leyes que deben cumplir los proveedores para procurar que no se favorezca la perpetuación de estas situaciones. Para ello se hará alusión a las normativas en la Unión Europea y en Estados Unidos como importantes consumidores de estos productos.

Conviene comenzar comentando la ley pionera en materia de los minerales de conflicto, La ley de Dodd-Frank, aprobada en julio de 2010 en Estados Unidos. Esta ley está centrada en la República Democrática del Congo, pero, a su vez afecta a países vecinos. Dicta concretamente: “El Congreso considera que la explotación y el comercio de los minerales originados en el República Democrática del Congo están contribuyendo a financiar el conflicto caracterizado por niveles extremos de violencia en la parte oriental de la República Democrática del Congo, en particular la violencia sexual y de género, y contribuyendo a una situación humanitaria de emergencia en ese país.” (Estados Unidos, 2010, p. 2213)

Esta ley se centra en la extracción de las 3TG (estaño, tantalio, tungsteno y oro) tanto en forma de mineral como en materiales refinados. Aquellos productos que cumplan la normativa y puedan afirmar que los minerales usados no favorecen a la perpetuación del conflicto armado en los países centroafricanos, pueden etiquetarse como “libre de conflicto en la República Democrática del Congo”.

Siguiendo lo descrito por esta ley, se establece elaborar un mapa con ayuda de expertos de la República Democrática del Congo de las zonas con mayor concentración de minerales, además de las rutas comerciales y las áreas que se encuentran bajo el control de los grupos armados en la República Democrática del Congo y los países vecinos.

Por otro lado, se encuentra el Reglamento aprobado por la Unión Europea el 17 de mayo de 2017 y que entrará en vigor el 1 de enero de 2021. Este reglamento estará enfocado a procurar garantizar que los importadores de las empresas europeas de 3TG (estaño, tantalio, tungsteno y oro) cumplan lo establecido por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) respecto al abastecimiento responsable. Además de intentar contribuir a parar la explotación ilegal, los conflictos, la explotación y los abusos contra las comunidades locales, de modo que se favorezca al desarrollo local (Unión Europea, 2017a).

Dentro de este Reglamento se expone como se ha ejemplificado anteriormente que “las violaciones de los derechos humanos son habituales en zonas de conflicto o de alto riesgo ricas en recursos y pueden consistir en trabajo infantil, violencia sexual, desapariciones de personas, reasentamientos forzosos y destrucción de enclaves importantes desde el punto de vista cultural o ritual”(Unión Europea, 2017a, p. 1).

Como se describe dentro de este Reglamento, se aplicará directamente a las empresas que importan en la UE los minerales mencionados, con independencia de su país de origen. Para facilitar el trabajo a las empresas, dado que este puede ser un trabajo con bastante complejidad, la Comisión Europea recurrirá a un grupo de expertos que facilite una lista de las zonas de

conflicto y de alto riesgo, que será modificada periódicamente, de modo que esté constantemente actualizada, esta lista será orientativa y no exhaustiva. “Los importadores de la Unión que se abastezcan en zonas no mencionadas en dicha lista seguirán siendo responsables del cumplimiento de las obligaciones de diligencia debida con arreglo al presente Reglamento”(Unión Europea, 2017a, p. 14) El concepto de diligencia debida alude al “actuar con el cuidado que sea razonable y tomar decisiones ponderando previamente los elementos”(Comisión Europea, 2018).

Según datos de la Unión Europea este Reglamento se aplicará directamente a entre 600 y 1000 importadores de la UE, e indirectamente afectará a 500 fundiciones y refinerías de estaño, tantalio, wolframio y oro, independientemente de que tengan sede en la UE o no. De modo que el Reglamento afectará directamente a empresas con sede en la UE, pero indirectamente fomentará el abastecimiento de fundiciones y refinerías debido a que los importadores de la UE estarán obligados a identificarlas en su cadena de suministro y a verificar si cumplen con la normativa debidamente. “Los importadores de la Unión mantienen su responsabilidad individual de cumplir las obligaciones de diligencia debida que establece el presente Reglamento”(Unión Europea, 2017a, p. 3). Aun así se establece que: “La Comisión establecerá y mantendrá actualizado un registros de los programas reconocidos de diligencia debida de la cadena de suministro.”(2017a, p. 11) Denominada de forma más coloquial “lista blanca”. A lo que añade: “La Comisión adoptará actos de ejecución en los que se establezca o modifique la lista de nombres y direcciones de las fundiciones y refinerías a escala mundial responsables.”(2017a, p. 12)

El cumplimiento del Reglamento será comprobado por cada Estado miembro de la UE, de modo que los documentos e informes de auditoría serán examinados por las administraciones. Si fuese necesario se realizarían inspecciones in situ de los locales del importador.

Como bien expone la Unión Europea, esta constituye un mercado fundamental, con lo que la imposición de este Reglamento conlleva un gran paso en la lucha contra la vulneración de los derechos humanos relacionada con la extracción y comercio de estos minerales.

Es muy importante la aprobación de esta ley, especialmente debido al reconocimiento de la existencia de un grave problema que afecta a miles de personas en distintos países como se ha demostrado en el capítulo anterior. Como también se demostró son otros los minerales fruto de conflicto en algunos países y que se espera que en un futuro puedan ser regulados. Esta no es tarea fácil como se ha comprobado en Estados Unidos donde la ley de Dodd Frank lleva vigente desde 2011 y algunas empresas han afirmado tener problemas en comprobar el origen de sus materias primas.

Las exigencias de la UE son similares a las de La ley de Dodd Frank, donde las empresas deberán informar de donde procede su cadena de suministro de modo que realicen una RCOI (Reasonable Country of Origin Inquiry), de modo que quede especificado y si se han podido cumplir las exigencias. Como sucede con el Reglamento de la UE, esta ley es solo aplicada a empresas estadounidenses, sin embargo, los proveedores de estas empresas también deberán llevar a cabo una RCOI y una debida diligencia sobre el origen de los minerales.

La OCDE⁵, por su parte, también reconoce la existencia de un problema relacionado con los minerales de conflictos. Por esto mismo se redactó la Guía de Debida Diligencia de la OCDE para Cadenas de Suministro Responsable de Minerales en las Áreas de Conflicto o de Alto Riesgo (2013). En este documento se indica: “En las áreas de conflicto y de alto riesgo, las empresas involucradas en la minería y en el comercio de minerales tienen el potencial de generar ingresos, crecimiento y prosperidad, proporcionar sustento y promover el desarrollo local. En tales situaciones, las empresas también pueden estar en riesgo de contribuir en riesgo de contribuir o relacionarse con importantes impactos adversos, incluyendo graves violaciones a los derechos humanos y conflictos.”(2013, p. 17)

Siguiendo lo expuesto en el anterior documento, la OCDE proporciona un marco para la diligencia debida de forma que la gestión de la cadena de suministro de algunos minerales sea responsable. Ayudando a las empresas a formar parte del desarrollo sostenible y a tener un abastecimiento responsable en las áreas de conflicto y alto riesgo.

Es considerable mencionar también la ley promulgada por Joseph Kabila en 2018 en la República Democrática del Congo, el nuevo Código de Minería. Esta ley se redactó con el fin de favorecer al desarrollo económico y social del país, de modo que las empresas extranjeras no tengan plena libertad en la explotación de los recursos (Le Monde & AFP, 2018).

Son muchas las empresas que han comenzado a comprometerse con el uso de minerales libres de conflicto como es el caso de Intel que afirma en su página web: “Intel se ha dedicado a utilizar solo recursos de minerales libres de conflicto” (Intel, 2019), a lo que añade “utilizamos auditorías de terceros y validaciones directas por nuestra organización de la cadena de suministro”. Otro caso es el de Apple, quien declara: “Apple está profundamente comprometida con la defensa de los derechos humanos en toda su cadena de suministro global. Apple trabaja para salvaguardar el bienestar de las personas

⁵ La OCDE es la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico. Un Organismo Internacional intergubernamental, del que forman parte 37 países.

afectadas en su cadena de suministro, desde el nivel de la mina hasta las instalaciones donde se ensamblan los productos” (Apple, 2019, p. 1).

Conocer el 100% del origen de todos los productos de los minerales usados en estas empresas es verdaderamente difícil y así declara Intel en su página web: “Es importante tener en cuenta que la diligencia debida solo ofrece razonable, no absoluta, garantías sobre el origen de los minerales conflictivos de nuestros productos. Dependemos de la información de la cadena de suministro proporcionada por nuestros proveedores directos.”(Intel, 2019)

Para conocer cuál será el resultado del Reglamento de la UE, hay que analizar el proceso de adaptación de las empresas del país predecesor en este aspecto, Estados Unidos. En el caso de este son muchas las compañías que siguen encontrando dificultades a la hora de comprobar el origen de los minerales usados. Según investigaciones el 67% de las empresas no pueden confirmar el origen de los minerales de conflicto de sus productos, y en torno al 97% informan que no pueden determinar si los minerales de conflicto benefician o no a grupos armados en la región centroafricana (United States Government Accountability Office, 2016).

Siguiendo lo expuesto en el anterior documento, algunos de los problemas que están teniendo las instalaciones y que procesan los minerales de conflicto es que se basan en pruebas documentales que pueden ser fruto de fraude, además de los múltiples niveles de las operaciones de procesamiento. Para poder mitigar estos problemas se está procediendo a métodos como la toma de huellas químicas para verificar las pruebas documentales.

En los informes mostrados acerca de 2017 se obtuvieron resultados muy similares a los años anteriores. 1165 empresas presentaron declaraciones sobre los minerales de conflicto, cifras parecidas a los dos años anteriores. En sus informes se exponían las medidas tomadas para la mejora de recopilación de datos, y la mayoría mostró problemas en determinar el país de origen. (United States Government Accountability Office, 2018)

Se denomina dentro de este documento a “país abarcado” (covered country) como República Democrática del Congo, Angola, Burundi, la República Centroafricana, la República Democrática del Congo, Ruanda, el Sudán meridional, Tanzania, Uganda y Zambia. En la siguiente imagen se muestran los resultados sobre las determinaciones de las empresas acerca de los minerales de conflicto desde 2014 a 2017.

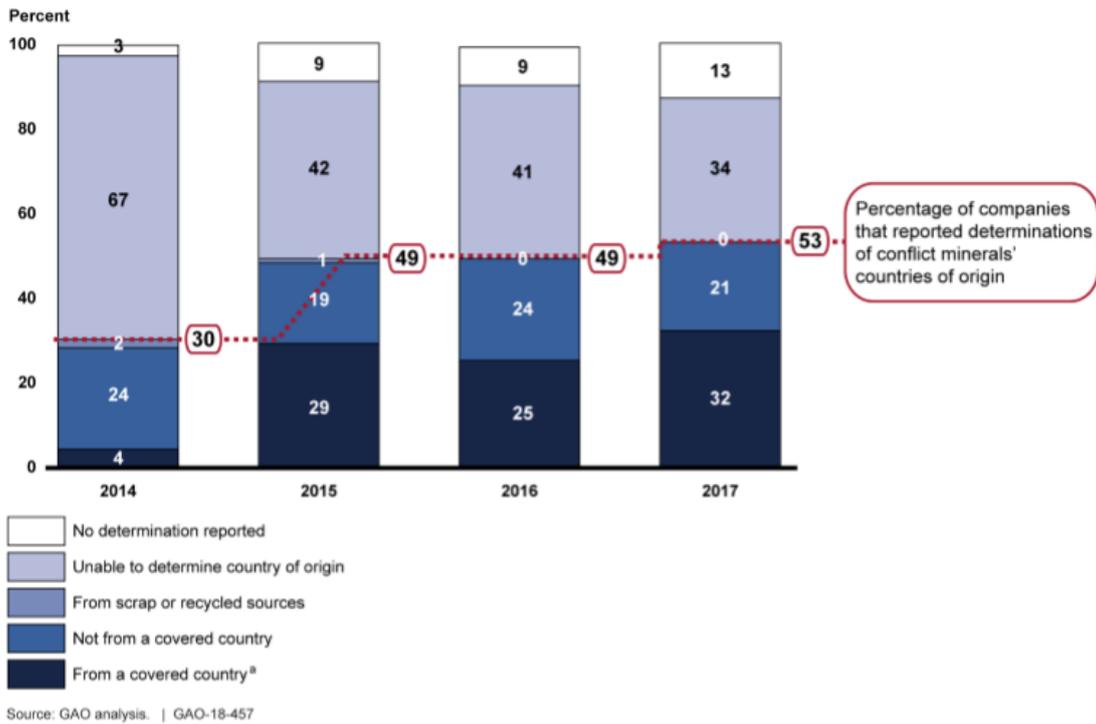


Ilustración 20: Determinaciones de la empresa sobre las fuentes de minerales de conflicto: fuente(United States Government Accountability Office, 2018)

Como se observa en el gráfico de 2014 a 2015 sí se notó un cambio considerable de las empresas que pudieron determinar el origen de sus minerales. No obstante, los datos entre 2015 y 2017 son muy similares y estables. Además, cabe destacar el dato de que son muchas todavía las empresas incapaces de determinar el origen de sus minerales, aunque se ven ligeros descensos de las mismas.

Por tanto, estas dos leyes considerando que están instauradas en algunos de los principales países consumidores son de elevada importancia, y un paso muy importante en la búsqueda de un ciclo de vida social sostenible en todas las etapas de ciclo de vida. Se ha demostrado con resultados de investigaciones que la instauración de estas leyes no es tarea fácil debido a, como se ha comentado en el capítulo anterior, todos los intermediarios que intervienen desde la minería hasta la compra del mineral por las empresas consumidoras. Además, hay que tener en cuenta que hay más minerales de conflicto, mencionados y expuestos en el capítulo anterior, que los afectados directamente por estas leyes.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4. CONCLUSIONES Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tras el estudio de la información recogida durante la realización de este trabajo se puede afirmar la existencia de un problema de sostenibilidad social. A su vez, se ha podido demostrar la existencia de más minerales de conflicto que los que se asocian generalmente con el término, además de la incidencia sobre más países que los situados en el centro del continente africano.

Los afectados, relacionados con la minería ilegal a pequeña escala, se encuentran especialmente en zonas de extrema pobreza donde no existen casi otros medios de subsistencia y que desemboca muchas veces en el trabajo infantil. Por tanto, pese a las malas condiciones de trabajo y los riesgos contra su salud y seguridad, los trabajadores siguen en las minas. Asimismo, la población local sufre las consecuencias de la minería, estrechamente relacionadas con el impacto ambiental que genera.

Específicamente hablando sobre la RDC, la presencia de grupos armados que controlan el comercio de minerales, especialmente en el este del país, es el impacto social más grave de los estudiados en este trabajo. Dado que afecta a millones de personas, provocando violencia sexual, trabajo en condiciones de semiexclavitud, el reclutamiento de niños soldado o una gran crisis de refugiados, entre otras.

Los minerales que presentan problemas de sostenibilidad son más de los descritos en las leyes redactadas y no se producen en países centroafricanos exclusivamente. Las leyes existentes por consecuencia no abarcan el problema en su totalidad. Sin embargo, su aprobación implica el reconocimiento de la existencia de un problema y el comienzo de cambio de mentalidad de la población. La preocupación de los consumidores es uno de los principales motores del cambio de las políticas de las empresas. Como se ha observado en algunos ejemplos de distintas marcas, a pesar de que todavía existe una falta de conocimiento acerca de los minerales de conflicto, son cada vez más los consumidores que procuran que sus dispositivos electrónicos sean fabricados de forma ética.

Pese a que en la Unión Europea no esté vigente el Reglamento Europeo en la actualidad, se puede observar con los resultados obtenidos en Estados Unidos que la verificación del origen de los minerales utilizados para la fabricación de los productos electrónicos no es sencilla. Los resultados obtenidos desde la aplicación de esta ley en Estados Unidos sirven como un ejemplo de los resultados que pueden llegar a darse en Europa. Los resultados, además, no son inmediatos, el proceso de procurar conocer el origen de los minerales conlleva tiempo y un análisis más exhaustivo de los proveedores, Sin embargo,

aunque sea lentamente, como ha sucedido en EE. UU. es oportuno esperar un crecimiento en la identificación del origen de los minerales.

Uno de los mayores problemas que se han observado durante la realización de este trabajo, radica en que, conocer el verdadero origen de todos los minerales importados es verdaderamente complicado. Especialmente debido a que gran parte de estos minerales provienen de la minería a artesanal a pequeña escala y a la gran cantidad de intermediarios que intervienen durante el proceso de comercialización.

De este modo, el cambio hacia la fabricación de productos con minerales libres de conflicto será largo e implicará, no solo la aplicación de leyes en los países importadores de los minerales, sino también un mayor control de la minería ilegal en los países de origen.

Con la realización de este trabajo se ha pretendido demostrar la existencia de una falta de sostenibilidad social en una de las industrias con mayor impacto en la sociedad actual. La ingeniería por su parte, y como se indicó dentro de los distintos acuerdos y acreditaciones, está al servicio de la sociedad, buscando en todo momento favorecer y facilitar la vida de las personas. Por consecuencia, el sector de la electrónica requiere todavía un mayor análisis de todo el impacto que causa el ciclo de vida de un producto electrónico, con el fin de que este impacto sea lo más positivo posible en cada etapa.

4.2. CONCLUSIONES

La elaboración de este trabajo ha supuesto, en primer lugar, una contextualización del ciclo de vida social, relacionándolo con los ciclos de vida asociados a los otros dos pilares de la sostenibilidad y a los ciclos de vida implicados en la realización de un proyecto.

Posteriormente se han identificado los *hotspots* asociados a cada una de las etapas del ciclo de vida, definidas por la Norma ISO 14000, dentro del marco relacionado con la electrónica. Sin embargo, la información encontrada en los documentos utilizados acerca de la etapa de uso ha sido menor en comparación con las demás etapas.

Se han mostrado ejemplos de los elementos presentes en algunos dispositivos electrónicos, así como el consumo en la sociedad actual de los mismos. Además, se han definido los minerales críticos en la actualidad utilizados en la electrónica.

La implementación de la parte principal de este trabajo ha supuesto una búsqueda de información lo más verídica posible y corroborar la misma con el mayor número de fuentes encontradas. Se han identificado los principales usos y propiedades de los minerales estudiados. A su vez, se han estudiado los

países donde se produce el mayor impacto social y los minerales que se extraen en cada uno de ellos.

El esquema inicial que se pretendía seguir dentro de cada uno de los países estudiados en algunos casos ha sido modificado debido a la falta de fuentes e información que mostrase correctamente las consecuencias de la minería.

Una de las conclusiones principales ha sido la demostración de la existencia de minerales de conflicto más allá de los definidos por las legislaciones vigentes y que se suelen asociar al término. Del mismo modo, se ha demostrado que el problema no solo repercute en la RDC, donde se ha comprobado que es especialmente grave, sino que son más los países donde existe una falta de sostenibilidad social.

Se ha observado, según lo estudiado que el control de la cadena de suministro en una empresa es difícil de controlar en lo referido a minerales de conflicto, y que muchas empresas siguen teniendo problemas en el momento de asegurar que sus materias primas no favorecen la perpetuación de las situaciones que sufren algunos países de origen.

REFERENCIAS

REFERENCIAS

- ABET. (2018). *Engineering Accreditation Commission- Criteria for accrediting engineering programs*.
- AENOR. (2015). *Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001*.
- Alboan, & Tecnología Libre de Conflicto. (s. f.). Los minerales en conflicto del Congo. *Tecnología Libre de Conflicto - Alboan*. Recuperado 4 de mayo de 2020, de <http://www.tecnologialibredeconflicto.org/minerales-congo/>
- Ali, S. (2014). Social and Environmental Impact of the Rare Earth Industries. *Resources*, 3(1), 123-134. <https://doi.org/10.3390/resources3010123>
- Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Refugiados. (s. f.). *Emergencia en República Democrática del Congo*. UNHCR. Recuperado 5 de mayo de 2020, de <https://www.acnur.org/es-es/emergencia-en-republica-democratica-del-congo.html>
- Amnesty International, & AfreWatch. (2016). *This Is What We Die For- Human Rights Abuses In The Democratic Republic Of The Congo Power The Global Trade In Cobalt*.
- Apple. (2019). *Conflic Minerals Report*.
- Arroyo López, P., Villanueva Bringas, M., Gaytán Iniestra, J., & García Vargas, M. (2012). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos. Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa. *Contaduría y Administración*, 59(1), 9-41. [https://doi.org/10.1016/S0186-1042\(14\)71242-2](https://doi.org/10.1016/S0186-1042(14)71242-2)
- Baldé, C. P., Forti, V., Gray, V., Kuehr, R., & Stegmann, P. (2017). *The Global E-waste Monitor 2017. Quantities, Flows, and Resources*.
- Baran, E. J. (2018). *COBALTO: UN ELEMENTO CRÍTICO Y ESTRATÉGICO*. 30.
- Benoit, C., Aulisio, D., Overraker, S., Hallisey-Kepka, C., & Tamblyn, N. (2012). *Social Scoping Prototype: Laptop Computer*.
- British Geological Survey. (2018). *World Mineral Production*.
- Brunning, A. (2019). *A periodic table of elements in mobile phones*. Compound Interest. <https://www.compoundchem.com/2019advent/day16/>
- Callón Vazquez, J. (s. f.). Oro. Elementos de la tabla periódica y sus propiedades. <https://elementos.org.es/aviso-legal>
- Carpenter, L. (2012). *Conflict Minerals in the Congo: Blood Minerals and Africa's Under-Reported First World War*.
- Carrillo Hermosilla, F. (2015, abril 12). *Niobio y Tántalo. La guerra del coltán*. <https://blog.uclm.es/fernandocarrillo/2015/04/12/niobio-y-tantalo-la-guerra-del-coltan/>
- CEAB. (2019). *Accreditation Criteria and Procedures*.

- Cervera Vallterra, M. (2014). El caso de la República Democrática del Congo: Efectos perversos de la globalización en un estado fallido. *ANUARIO ESPAÑOL DE DERECHO INTERNACIONAL*, 30, 52.
- Cobalt Development Institute. (2006). *Cobalt Facts*.
- Comisión Europea. (2018, enero 5). *Minerales de zonas de conflicto— Explicación del Reglamento*. Trade - European Commission. https://ec.europa.eu/trade/policy/in-focus/conflict-minerals-regulation/regulation-explained/index_es.htm
- Comisión Justicia y Paz. (2012). *El sector minero artesanal en el Congo Oriental: condiciones de los emplazamientos y perspectivas*.
- Deiros Bronte, T. (2020). *Violencia sexual en Congo: El estereotipo del «arma de guerra» y sus peligrosas consecuencias*. 24.
- Echeverri L, F., & Parra B., J. J. (2019). Los lantánidos: Ni tierras ni raras. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 43(167), 291. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.917>
- ENAAE. (2015). *Criterios y Directrices Marco EUR-ACE*.
- Estados Unidos. (2010). *Ley de Dodd-Frank*.
- Fagotto, M. (2014). El reverso del progreso. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/magazine/20140411/54404857309/isla-de-los-chips-indonesia-magazine-medio-ambiente.html>
- Frankel, T., & Whoriskey, P. (2016, diciembre 19). *TOSSED ASIDE IN THE 'WHITE GOLD' RUSH*. The Washington Post. <https://www.washingtonpost.com/graphics/business/batteries/tossed-aside-in-the-lithium-rush/>
- Franze, J., & Ciroth, A. (2011). *Lca of an ecolabeled notebook—Consideration of social and environmental*. Lulu Com.
- González Nieto, I., & Díez Modino, J. M. (2017). *El Conflicto Del Coltán En La República Democrática Del Congo*.
- Gundermann, H., & Göbel, B. (2018). *COMUNIDADES INDÍGENAS, EMPRESAS DEL LITIO Y SUS RELACIONES EN EL SALAR DE ATACAMA*.
- Herranz García, J. L., Blanco Álvarez, F., & De Cos Juez, F. J. (2017). *Separación Isotópica De Litio A Escala Industrial*.
- Humanium. (s. f.). *Niños soldado*. Humanium. Recuperado 5 de mayo de 2020, de <https://www.humanium.org/es/ninos-soldado/>
- Intel. (2019). *¿Cuál es la posición de Intel en minerales libres de conflictos?* Intel. <https://www.intel.com/content/www/es/es/support/articles/000022540/programs.html>
- International Engineering Alliance. (2013). *Graduate Attributes and Professional Competences*.
- Kippenberg, J. (2015). *Precious metal, cheap labor: Child labor and corporate responsibility in Ghana's artisanal gold mines*. Human Rights Watch.

- La Rédaction. (2018, junio 9). RDC: Enfin, le Règlement minier entre en vigueur! *Zoom Eco*. <https://zoom-eco.net/economie/rdc-enfin-le-reglement-minier-entre-en-vigueur/>
- Labuschagne, C., & Brent, A. C. (2005). Sustainable Project Life Cycle Management: The need to integrate life cycles in the manufacturing sector. *International Journal of Project Management*, 23(2), 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.06.003>
- Le Monde, & AFP. (2018, marzo 12). En RDC, Joseph Kabila promulgue le nouveau Code minier. *Le Monde.fr*. https://www.lemonde.fr/afrique/article/2018/03/12/en-rdc-joseph-kabila-promulgue-le-nouveau-code-minier_5269529_3212.html
- López Alonso, S. (2017). *Análisis del ciclo de vida social- Propuesta metodológica para su aplicación en edificios*. Universidad de Sevilla.
- Manini Williams, H. L. (2012). *Explotación del coltán en la República Democrática del Congo y su obstáculo para la paz regional*. 18.
- Manuel Regueiro, & Gonzalez-Barros. (2014). *Minerales críticos en Europa: Metodología para la evaluación de la criticidad de los minerales*.
- Manzanaro, S. S. (2019, agosto 14). *Qué son y quién posee las reservas de tierras raras*. euronews. <https://es.euronews.com/2019/08/14/que-son-y-quien-posee-las-reservas-de-tierras-raras-los-elementos-mas-codiciados-del-siglo>
- Marchegiani, P., Hellgren, J. H., & Gómez, L. (2019). *Lithium extraction in Argentina: A case study on the social and environmental impacts*. 50.
- Medina Hidalgo, M. R. (2016). *Indidencia del conflicto por minerales en la República Democrática del Congo en las mujeres durante el periodo 2011-2014*.
- Nordbrand, S., & Bolme, P. (2007). *Powering the Mobile World: Cobalt production for batteries in the DR Congo and Zambia*.
- Nurtjahya, E., Franklin, J., Umroh, & Agustina, F. (2016). *The impact of tin mining in Bangka Belitung and its reclamation studies*.
- OCDE. (2013). *Guía de Debida Diligencia de la OCDE para Cadenas de Suministro Responsable de Minerales en las Áreas de Conflicto o de Alto Riesgo*.
- Palacín de Inza, B. (2015). *El creciente uso de los niños soldados*. 17.
- Pedraza, J. Á. (2017, noviembre). *El oro, cada vez más importante para la industria electrónica*.
- Perez Lagüela, E. (2018). *Desarrollismo y tierras raras: Orígenes y causas del extrativismo en China*.
- PNUMA. (2016). *Radiación: Efectos y fuentes*.
- Project Management Institute. (2017). *PMBOK GUIDE: A guide to the project management body of knowledge (6ª Edition)*.
- Redacción. (2018, octubre 5). Nobel de la Paz: Quién es Denis Mukwege el ginecólogo de las mujeres violadas a quien llaman el «Doctor Milagro».

- BBC News Mundo. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-45767068>
- Resolve. (2010). *Tracing a Path Forward: A Study of the Challenges of the Supply Chain for Target Metals Used in Electronics*.
- Rick Row. (2010). *What's in your electronic product, where does it come from, and why should a product safety engineer be concerned?*
- Rosyida, I., & Sasaoka, M. (2018). Local political dynamics of coastal and marine resource governance: A case study of tin-mining at a coastal community in Indonesia. *Environmental Development*, 26, 12-22. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2018.03.003>
- Sáez Puche, R., Cascales, C., Porcher, P., & Maestro, P. (2000). *Tierras Raras: Materiales Avanzados*.
- Sánchez-Benítez, J. (2019). *EL WOLFRAMIO: ELEMENTO IMPRESCINDIBLE EN NUESTRA VIDA DIARIA*. 2.
- Schipper, I., & de Haan, E. (2015). *Gold from children's hands*.
- Shankleman, J., Biesheuvel, T., Ryan, J., & Merrill, D. (2017, septiembre 7). We're Going to Need More Lithium. *Bloomberg.Com*. <https://www.bloomberg.com/graphics/2017-lithium-battery-future/>
- Sibaud, P., & Gaia Foundation. (2013). *Short Circuit: The Lifecycle of our Electronic Gadgets and the True Cost to Earth*.
- Sojo Cardozo, P. (2019). *Estaño: Transcendencia Mundial. Producción en Perú*.
- Ströbele-Gregor, J. (2012). *Litio en Bolivia: El plan gubernamental de producción e industrialización del litio, escenarios de conflictos sociales y ecológicos, y dimensiones de desigualdad social*.
- Ströbele-Gregor, J. (2015). *Desigualdades estructurales en el aprovechamiento de un recurso estratégico*. 71.
- UNEP. (2008). *El uso del mercurio en la minería del oro artesanal y en pequeña escala*.
- UNEP/SETAC. (2009). *Guidelines For Social Life Cycle Assessment Of Products*.
- UNEP/SETAC. (2017). *Hotspot Analysis- An overarching methodological framework and guidance for product and sector level application*.
- Unión Europea. (2017a). *REGLAMENTO (UE) 2017/ 821 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO - por el que se establecen obligaciones en materia de diligencia debida en la cadena de suministro por lo que respecta a los importadores de la Unión de estaño, tantalio y wolframio, sus minerales y oro originarios de zonas de conflicto o de alto riesgo*. 20.
- Unión Europea. (2017b). *Reglamento: Acuerdo Para La Regulación de Los Minerales de Conflicto*.
- United States Government Accountability Office. (2016). *SEC CONFLICT MINERALS RULE- Companies Face Continuing Challenges in Determining Whether Their Conflict Minerals Benefit Armed Groups*.

United States Government Accountability Office. (2018). *CONFLICT MINERALS-
Company Reports on Mineral Sources in 2017 Are Similar to Prior Years
and New Data on Sexual Violence Are Available.*

U.S. Geological Survey. (2020). *Mineral Commodity Summaries.*