



Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)
Dirección de Gestión de Calidad Ambiental (DIGECA)
Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD)

ANÁLISIS SOCIOECONÓMICO: **Minería de Oro Artesanal y Sustitución de Productos** Anexo A, parte I





CONTENIDO

Glosario	5
1. Metodología.....	7
1.1 Cadena de valor de la actividad minera artesanal de extracción de oro y análisis costo-beneficio.....	8
1.2 Cadena de valor de los productos con mercurio añadido, anexo A.....	10
2. Caracterización de la cadena de valor de la minería artesanal de extracción de oro en Costa Rica.....	11
2.1 Costo beneficio de la extracción de oro con mercurio añadido	13
2.1.1 Análisis privado.....	13
2.1.2 Análisis económico.....	16
2.2 Sustitutos del mercurio para la extracción artesanal de oro	19
2.2.1 Gravimetría.....	19
2.2.2 Cianuro	20
3. Caracterización de la cadena de valor de los productos con mercurio añadido indicados en el Anexo A y productos sujetos al artículo 4, párrafo 3 del Convenio de Minamata.....	22
3.1 Baterías	22
3.1.1 Comercialización de baterías con mercurio añadido.....	22
3.1.2 Disposición final de baterías con mercurio añadido.....	23
3.1.3 Sustitutos	23
3.2 Interruptores y relés.....	24
3.2.1 Proveedores de interruptores y relés.....	24
3.2.2 Comercialización de interruptores y relés.....	25
3.2.3 Usuario final de interruptores y relés.....	25
3.2.4 Disposición final de interruptores y relés.....	25
3.2.5 Sustitutos de interruptores y relés.....	25

3.3 Lámparas fluorescentes compactas, lineales, de vapor de mercurio a alta presión (HPMV), fluorescentes de catodo frío y fluorescentes de electrodo externo (CCFL y EEFL)	26
3.3.1 Proveedores de lámparas con mercurio.....	27
3.3.2 Comercialización de lámparas con mercurio	27
3.3.3 Usuario final de lámparas con mercurio.....	27
3.3.4 Disposición final de lámparas con mercurio.....	28
3.3.5 Sustitutos de lámparas con contenido de mercurio.....	28
3.4 Cosméticos	30
3.4.1 Elementos generales	30
3.4.2 Proveedores de cosméticos con mercurio agregado	30
3.4.3 Sustitutos de cosméticos con mercurio agregado	30
3.5 Plaguicidas, biocidas y antisépticos de uso tópico	30
3.5.1 Efecto de los agroquímicos con mercurio añadido sobre la salud	31
3.5.2 Comercialización de agroquímicos con mercurio añadido	31
3.5.3 Sustitutos de agroquímicos con mercurio añadido.....	31
3.6 Aparatos de medición no electrónicos (médicos)	32
3.6.1 Proveedores de aparatos de medición no electrónicos	33
3.6.2 Usuario final de aparatos de medición no electrónicos.....	33
3.6.3 Disposición final de aparatos de medición no electrónicos.....	34
3.6.4 Sustitutos de aparatos de medición no electrónicos.....	34
3.7 Amalgamas dentales	35
3.7.1 Proveedores de amalgamas	36
3.7.2 Comercialización de amalgamas.....	37
3.7.3 Usuario final de amalgamas	37
3.7.4 Disposición final de amalgamas	37
3.7.5 Sustitutos de amalgamas	37
4. Conclusiones	39
5. Recomendaciones	41
6. Referencias	42



GLOSARIO

Términos tomados del estudio “Diagnóstico de la minería artesanal aurífera del cantón de Abangares, Costa Rica, por Ruiz, 2012”.

Amalgama: Es la aleación de mercurio con oro o plata. Al entrar en contacto el mineral, las partículas de mercurio se adhieren con el oro o plata y forman una masa plástica de la cual se puede separar el oro por medio de una destilación o el quemado directo.

Colas: Materiales de desechos minero resultantes del proceso de beneficiamiento mineral.

Mercurio: Metal líquido a temperatura ordinaria de color gris y brillo metálico. Se utiliza en la amalgama para recuperar el oro. La recuperación del oro por amalgamación es baja y oscila entre 40% y el 70% del total contenido en los finos.

Minería artesanal: Modalidad del ejercicio de la actividad minera que se caracteriza por el trabajo personal y directo en la explotación de minerales y rocas, mediante equipos manuales y simples con técnicas rudimentarias.

Minería: Es toda actividad de reconocimiento, exploración y explotación de productos mineros.

Minerales: Son las sustancias formadas por procesos naturales, con integración de elementos esencialmente provenientes de la corteza terrestre.

Orero: Minero artesanal que extrae oro mediante el uso de picos, palas, o barras.

Quilate: Unidad que expresa la pureza del oro contenido en una aleación, equivale a una parte de oro puro en veinticuatro partes de la masa total de la aleación, el oro puro tiene 24 quilates.

Rastra: Molinos o plantas artesanales para el beneficiamiento o proceso del mineral aurífero.

Retorta: Horno o vasija utilizada para la destilación del oro partir de la amalgama, permitiendo la recuperación del mercurio sin emitir gases de mercurio a la atmósfera.

Veta: Masa tubular de material mineral, depositada en fisuras, grietas o hendiduras de un cuerpo rocoso, y de composición distinta a la sustancia en que está incrustada.



El objetivo de este estudio es realizar un análisis del costo-beneficio de sustituir los productos con mercurio añadido indicados en el Anexo A (partes I y II) del Convenio de Minamata; adicionalmente se realiza un análisis de la cadena de valor para la minería de oro artesanal, la cual se localiza en el cantón de Abangares de la provincia de Guanacaste.

1. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en el desarrollo del “Estudio económico de los principales sectores en Costa Rica que involucran el uso del mercurio en sus procesos o productos”, se realiza en dos etapas.

Primeramente, se lleva a cabo un análisis de la cadena de valor de la actividad minera artesanal de extracción de oro con el uso de mercurio y un análisis de costo beneficio privado y social incluyendo las condiciones externas ambientales en el uso del mercurio. Además, se realiza una estimación de costos de tecnologías sustitutas para la extracción de oro, como es el cianuro y la gravimetría.

En segundo lugar, se analiza la cadena de valor de los productos con mercurio añadido descritos en el anexo A (parte I y II) del Convenio de Minamata (véase anexo 1 de este documento).

Se construye la cadena de valor tanto para la actividad minera artesanal como para los productos indicados en el anexo A, como se detalla seguidamente. La elaboración del mapa de la cadena de valor permite entender la dinámica dentro de la ella y los roles de los diferentes sectores involucrados, incluyendo proveedores, productores y comercializadores, como se indica de manera resumida en la figura 1.

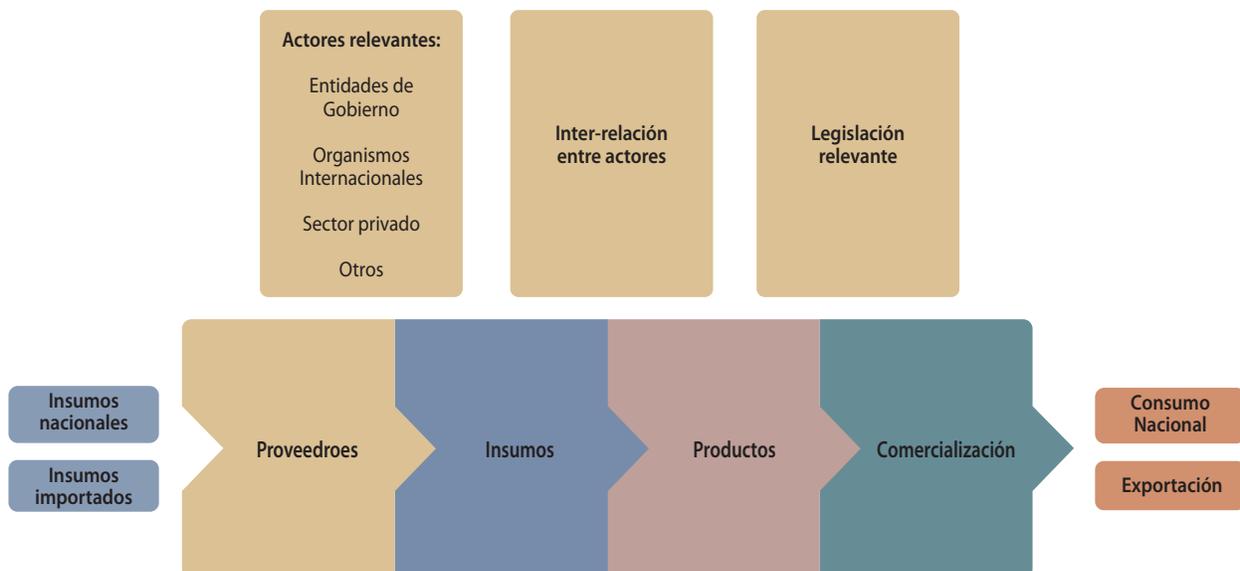


Figura 1. Mapeo de la cadena de valor

1.1 Cadena de valor de la actividad minera artesanal de extracción de oro y análisis costo-beneficio

El análisis de la cadena de valor de la minería artesanal de extracción de oro, se llevó a cabo por medio de una revisión de la información secundaria, entrevistas a actores relevantes y el levantamiento de información primaria. Este levantamiento se realizó a través de entrevistas a representantes de entidades como la Dirección de Geología y Minas (DGM), el Ministerio de Hacienda, el Banco Central de Costa Rica, la Universidad de Costa Rica (UCR), la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER), la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), el Ministerio de Salud, la Municipalidad de Abangares, así como otras organizaciones claves y expertos en el tema de minería. Además, se entrevistó a representantes clave de las cuatro organizaciones que agremian a los mineros artesanales de la zona de Abangares, las cuales son Coopeabangares, Coopeoro, Coopebonanza y la Asociación Nacional de Mineros (ANAMI).

El mapeo de la cadena de valor implica el análisis del proceso productivo y los actores que intervienen en él, así como la comercialización del oro extraído a nivel local e internacional. También se realiza un análisis de los costos y beneficios de la actividad minera artesanal, las tecnologías alternativas y las externalidades ambientales producto de la actividad minera.

El **análisis privado o financiero** tiene como objetivo determinar la rentabilidad de la actividad minera artesanal y determinar su viabilidad financiera. Se parte del flujo de caja de la actividad minera, el cual se construye a partir de la estimación de los ingresos y costos de un productor promedio que inicia la actividad y de un productor ya establecido. Los datos para un minero promedio se extrapolan a la población de mineros artesanales que se estiman en 700 individuos, según el censo de mineros artesanales realizado por la DGM (Ruiz, 2012). Los ingresos y costos se proyectan en colones en un espacio temporal de 10 años a partir de la tasa de crecimiento promedio del valor agregado del sector minero del año 2012 al 2016; de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica, que se estima en 4,11%. A partir del flujo de caja, se calculan los indicadores de evaluación financiera, los cuales son el Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Relación Beneficio Costo (R:B/C).

Para calcular la rentabilidad del sector se utiliza una Tasa de Retorno Mínima Atractiva (TREMA) de la actividad, tasada como el costo de oportunidad del capital y el riesgo del sector minero, producto del riesgo país, de acuerdo a MIDEPLAN, 2011. Donde TREMA se calcula de la siguiente forma:

$TREMA = COK + \% \text{ riesgo}$, donde:

COK= Corresponde al costo de oportunidad del capital

% Riesgo = Corresponde al riesgo del sector minero, consecuencia del riesgo país.

Para estimar el costo de oportunidad del capital se utiliza la tasa de interés pasiva bruta promedio del sistema financiero para depósitos en dólares, que es de 3,49% (marzo 2016), y el riesgo país según el Banco Central de Costa Rica es de 3,75%, para una TREMA del 7,24% en dólares americanos. Por otra parte, en la metodología establecida por MIDEPLAN, 2011, se indica que la tasa social de descuento (TSD) para proyectos de inversión pública se definió en 12% como parte de la experiencia establecida con organismos internacionales. Se utiliza por tanto esta tasa debido a que la extracción de oro, aunque se realiza de forma privada, corresponde a un recurso público no renovable.

Para determinar la rentabilidad privada de la actividad de minería artesanal de extracción de oro, se calculan los siguientes indicadores:

Valor Actual Neto (VAN) privado. El VAN se define como el valor actualizado de los ingresos menos el valor actualizado de los costos, descontados a la tasa de descuento convenida (TREMA), durante el período de estimación. El VAN se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t = Ingresos del año t del sector minero

C_t = Costos del año t del sector minero

t = Años correspondientes a la vida útil del sector minero que varía entre 0 y n

0 = Año de inicio de la actividad, en el cual inicia la inversión

r = TREMA

El criterio de decisión para determinar si la actividad es rentable desde el punto de vista privado, es el siguiente:

VAN > 0, la actividad es rentable

VAN = 0, la actividad es indiferente

VAN < 0, la actividad no es rentable

De acuerdo a la fórmula antes indicada se calculan los Valores Actuales Netos (VAN), los cuales se estiman para una tasa de descuento de 7,24% como se indicó anteriormente.

La **Tasa Interna de Retorno (TIR)** se define como aquella tasa de descuento que hace que el valor actual de los flujos de efectivo sea igual a cero, es decir, los ingresos actualizados sean iguales a los costos actualizados, como se indica en la siguiente fórmula:

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

Donde:

B_t = Ingresos del año t del sector minero

C_t = Costos del año t del sector minero

t = Años correspondientes a la vida útil de la actividad, que varía entre 0 y n

0 = Año en que inicia la inversión de la actividad

r = TIR

La TIR privada mide la rentabilidad financiera de la actividad, la cual se compara con la TREMA de la actividad minera que mide el costo de oportunidad del dinero al mejor rendimiento. El criterio de decisión sería el siguiente:

Si la TIR > TREMA, la actividad es rentable

Si la TIR = TREMA, la actividad es indiferente

Si la TIR < TREMA, la actividad no es rentable

La **Relación Beneficio Costo (R B/C)** relaciona la sumatoria de todos los costos actualizados de la actividad con la sumatoria de todos los ingresos actualizados durante el período de estimación, descontados a la tasa de descuento (TREMA) del mismo, cuya fórmula de cálculo es la siguiente:

$$R \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

Donde:

B_t = Ingresos del año t de la actividad minera

C_t = Costos del año t de la actividad minera

t = Años correspondientes a la vida útil de la actividad minera, que varía entre 0 y n

0 = Año en que inicia la inversión de la actividad minera

r = TREMA

El criterio de decisión es el siguiente:

Si la $R B/C > 1$, la actividad es rentable

Si la $R B/C = 1$, la actividad es indiferente

Si la $R B/C < 1$, la actividad no es rentable

El **análisis económico** es un análisis complementario al financiero, lo que permite incorporar los criterios de las condiciones externas ambientales. Es de importancia que la actividad de minería artesanal de extracción de oro no solamente sea rentable desde un punto de vista financiero, sino que presente aportes significativos para la sociedad. La evaluación financiera de la actividad determina la utilidad o beneficio monetario que perciben los mineros artesanales sobre la base de precios de mercado. En tanto el análisis económico ambiental se sustenta en el uso de precios sociales y mide el efecto que ejerce la actividad en la sociedad, que en este caso es el impacto de la actividad de minería artesanal de extracción de oro sobre la sociedad.

Finalmente, se realiza una identificación de las alternativas tecnológicas para la sustitución del uso del mercurio y los costos asociados a dicho reemplazo, como son el uso de cianuro y gravimetría.

1.2 Cadena de valor de los productos con mercurio añadido, anexo A

En relación a los productos con mercurio añadido incluidos en el anexo A (parte I y II) del Convenio de Minamata, se realiza un análisis de la cadena de cada uno de los productos a través de entrevistas presenciales y telefónicas a representantes de la Caja Costarricense de Seguro Social (CCSS), la organización no gubernamental Salud sin Daño, dentistas, colegios profesionales, empresas y expertos identificados durante el proceso de desarrollo de la consultoría. Las cantidades y montos de importación de los productos con mercurio añadido se obtuvieron del Ministerio de Hacienda y la Promotora de Comercio Exterior (PROCOMER). La lista de productos con mercurio añadido se incluye en el anexo 1.

Las cadenas se analizan, según la información disponible, tal y como se indica en la figura 2, donde se identifican los importadores, el país de origen, los distribuidores, usuarios finales y la manera en que se hace la disposición de residuos en caso de que los productos sean utilizados en el país, incluyendo cantidades importadas y distribuidas, y precios de venta. Se realiza también un análisis de costos de los productos sustitutos identificados con el fin de cuantificar el costo de incrementar la sustitución de los productos con mercurio añadido.



Figura 2. Cadena de valor simplificada para los productos con mercurio añadido



2. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DE LA MINERÍA ARTESANAL DE EXTRACCIÓN DE ORO EN COSTA RICA

La extracción artesanal de oro se realiza principalmente en el cantón de Abangares, cuyo origen está asociado con la explotación de minas de oro y es conocido como el cantón minero de Costa Rica; allí se explota roca caliza, arcilla, materiales aluviales o de cauce, oro y plata como un subproducto (Ruiz, 2012). La extracción artesanal de oro se produce en otros cantones del país como Miramar de Montes de Oro y Osa en el Parque Nacional Corcovado. En Miramar se produce extracción de oro de una manera similar a la de Abangares, en tanto que en Corcovado el oro se extrae del cauce de los ríos. En el Censo de población del 2011 se indica que cerca del 1% de la población en Montes de Oro se dedica a la minería y un 0,2% en Osa.

En el cantón de Abangares 700 personas se dedican a la actividad minera artesanal (Ruiz, 2012); sin embargo, el gestor ambiental de la Municipalidad de Abangares “indicó que cerca de un 20% de los oreros artesanales están agremiados en cuatro organizaciones, tres cooperativas (Coopeoro, Coopeabangares y Coopebonanza) y la ANAMI, el resto de los oreros trabajan de manera independiente, usando el mercurio como medio para la extracción de oro”, (José Francisco Bogantes, comunicación personal, 4 de marzo, 2016).

De los oreros entrevistados, el 33% señaló que se ha dedicado a la actividad de extracción de oro entre 11 a 20 años, un 25% entre 21 y 30 años y un 25% más de 31 años, lo que refleja el arraigo de la actividad en la zona, que además es principalmente familiar según indicó el 58% de los entrevistados. La mayoría, 40% de los entrevistados, trabajan seis días a la semana y un 75% señaló que pertenecer a una cooperativa o asociación les genera un beneficio pues les permite trabajar legalmente.

En relación a otras actividades económicas, un 58% de los entrevistados indicó que, además de la minería artesanal, realizan otras actividades como son el comercio, la agricultura y la ganadería. De acuerdo con el Censo de Población desarrollado por el INEC, 2011, Abangares tenía una población de 18.039 habitantes, de los cuales el 24% se dedicaba a la agricultura, 15% al comercio, 13% a la industria manufacturera, 7% al alojamiento y servicios de comida, 6% a minas y canteras, así como al suministro de electricidad y gas, y un 5% de la población a la construcción.

Proceso de extracción de oro

La extracción de oro en Abangares se realiza de una manera artesanal como lo indica el diagrama que se presenta en la figura 3. Todos los oreros entrevistados señalaron que para extraer la piedra utilizan principalmente pico, pala, mazo o algún tipo de taladro (rota martillo), solo el 25% de los entrevistados mencionó que utilizan explosivos para la extracción en la mina. El material se almacena en sacos y se transporta al lugar donde se quiebra con un quebrador rústico, luego el material se muele en las rastras junto con agua y mercurio. El 80% de los entrevistados indicó que la rastra es propia. Según el ingeniero en minería Néstor Chamorro, “los mineros muelen aproximadamente una tonelada diaria de material y obtienen en promedio 12 gramos de oro por tonelada, con un 40% de recuperación y en un estudio realizado por él en la zona logró identificar 425 rastras”, (Ing. Néstor Chamorro, comunicación personal, 14 de marzo, 2016).

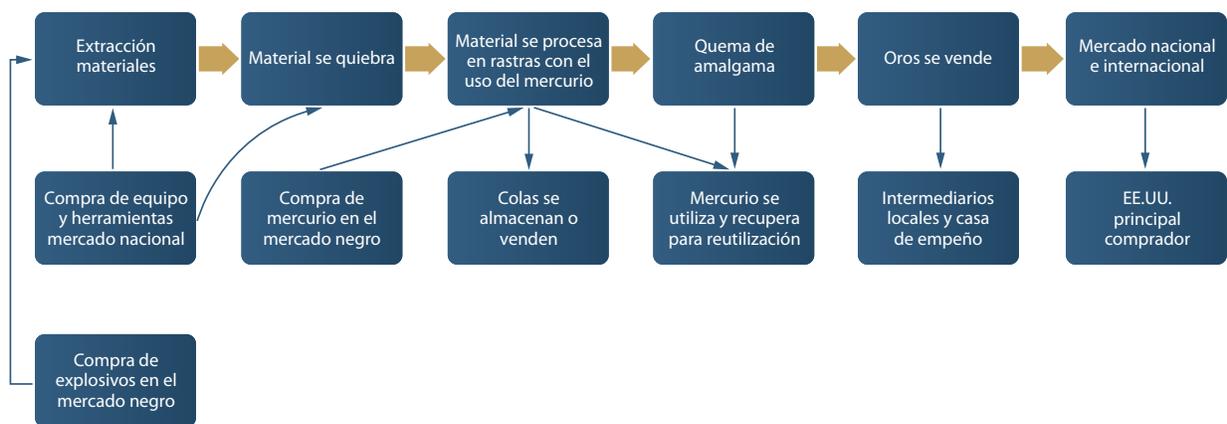


Figura 3. Proceso extracción y procesamiento de oro de manera artesanal

Fuente: Elaboración propia

Sobre el agua utilizada en el proceso, un 14% es suministrada por el acueducto comunal o municipal, el resto utiliza agua del río, de pozo o de nacimiento. El mercurio utilizado en el proceso de extracción del oro es comprado en el mercado informal, el 55% de los entrevistados indicaron que lo compran localmente, pero proviene de Nicaragua y de México. El mercurio proveniente de Nicaragua según indican los oreros es de calidad regular a mala, en tanto que el mexicano es de una mejor calidad o mayor pureza. El mercurio es transportado en envases plásticos sin rotulación o en envases de refrescos de marcas conocidas, con un peso de un kilogramo. Es vendido a los mineros artesanales de Abangares a un precio promedio de ¢53.750 (\$99,5) el kilogramo, con precios que oscilan entre los ¢30.000 (\$55,5) a ¢90.000 (\$166,7) el kilogramo. Una vez finalizado el proceso en las rastras, el mercurio es recuperado en la retorta y se reutiliza hasta que se evapora en su totalidad.

Del proceso de moler el material en las rastras sale lo que se denominan colas, que es el material sobrante, el cual se acumula cerca del lugar donde procesan el oro. Los mineros indicaron que acumulan las colas y las venden en caso de contar con algún comprador interesado. Por ejemplo, en años anteriores las colas eran vendidas a una empresa local que procesaba oro con cianuro. La amalgama (oro con mercurio) primero se filtra con una manta y luego se quema en una retorta cerca de la rastra donde se extrae el oro, con protección personal mínima como guantes y mascarilla. El oro que se extrae en promedio es de 14 a 18 quilates.

Comercialización del oro

El oro se vende a compradores locales y casas de empeño en el Área Metropolitana. El precio al que compran el oro los intermediarios a los oreros depende del quilataje, pero el precio es de ¢9.000 (\$17) a ¢13.000 (\$24,5) por gramo. En la figura 4, se resume la cadena de valor de la minería artesanal de oro de Abangares.

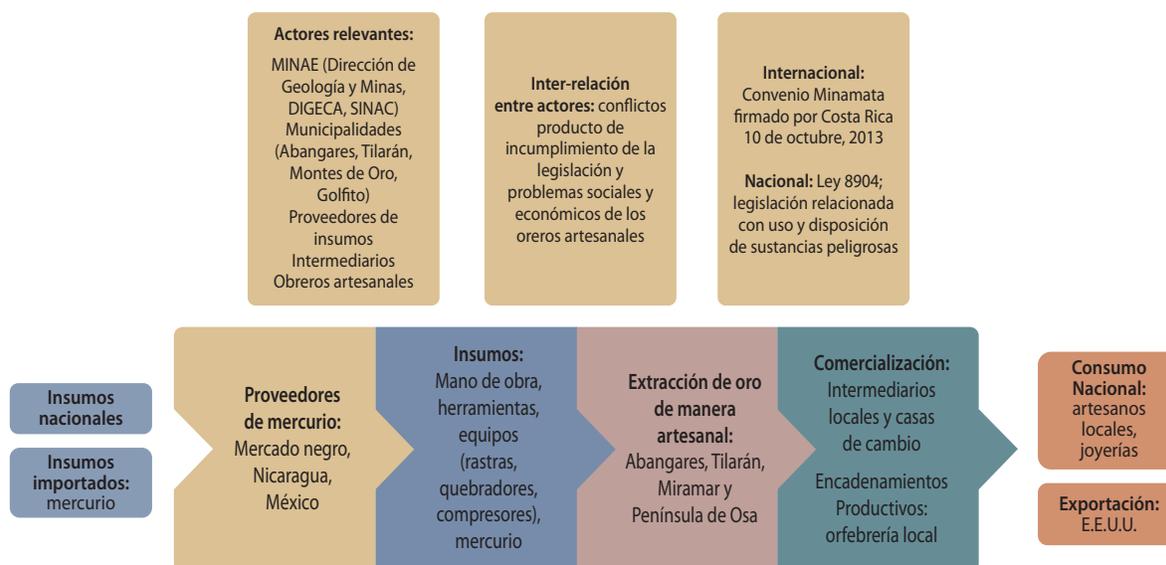


Figura 4. Cadena de valor de la extracción artesanal de oro en Costa Rica

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con información de PROCOMER, la mayor parte del oro que se extrae de la actividad minera o chatarra, es exportado en bruto a EE.UU., y a otros países como Panamá, Reino Unido, Canadá, México, Japón, Malasia y Nicaragua. Las exportaciones FOB de oro en dólares se han reducido del año 2011 al 2015, pasando de \$34,3 a \$18,6 millones en el 2015. En tanto que las exportaciones en toneladas de oro han pasado de 66,5 toneladas en el año 2011; 57,4 toneladas en el 2012 a 366,2 toneladas en el 2013; 265,2 toneladas en el 2014 y 186,9 toneladas en el 2015. Dichas cantidades parecieran elevadas para un país como Costa Rica donde la actividad minera que se desarrolla es de carácter artesanal, en ese sentido, se recomienda el establecimiento de una alianza entre MINAE y PROCOMER para la verificación de las estadísticas.

2.1 Costo beneficio de la extracción de oro con mercurio añadido

2.1.1 Análisis privado

Los ingresos privados en promedio para un minero artesanal de extracción de oro en Abangares se estiman en ₡13,3 millones (\$24.633) al año. Los ingresos se estiman de acuerdo a la información suministrada por los mineros en las encuestas realizadas en marzo del 2016, bajo los siguientes supuestos:

- Cada minero extrae 6,5 gramos de oro por rastra por día
- El precio de venta del oro es de ₡11.730 (\$21,7) por gramo
- La cantidad de oro extraído por productos es de 1,134 gramos por año
- Se estiman los ingresos y costos para un productor promedio que inicia la actividad y para un productor ya establecido.
- En promedio cada minero tiene 0,6 rastras
- Cada minero trabaja seis días a la semana intercalando labores de extracción de material, molienda y recuperación de oro
- La población de mineros asciende a 700 personas (Ruiz, 2012)
- Tipo de cambio utilizado fue de ₡540 colones por \$1, correspondiente al 21 de marzo, 2016 (BCCR, 2016)

Los ingresos se proyectan para un periodo de 10 años del 2016 al 2025, utilizando una tasa de crecimiento promedio del 4,11%, que corresponde al crecimiento promedio del valor agregado del sector de minas y canteras del 2012 al 2016 (BCCR, 2016)

A partir de dichos supuestos se estima que la extracción anual para un minero promedio es de 1,134 gramos por año. Los ingresos para el sector se calculan en ¢9.311,3 millones para el año 1, que equivale a \$17,2 millones (véase cuadro 1). En el anexo 4 se muestra la proyección de ingresos para el sector del 2016 al 2025, los cuales crecen de manera constante, según el crecimiento promedio del sector (véase supuestos) para el 2025 los ingresos se estimaron en ¢13.379,5 (\$24,8 millones).

Cuadro 1. Estimación de ingresos del sector de minería artesanal de extracción de oro en Abangares

Ingresos	Unidad de medida	Cantidad por año	Precio (colones)	Total ingresos por minero para el año 1 (colones)	Total ingresos sector año 1
Venta de oro	gramos	1.134	¢11.730	¢13.301.820	¢9.311.274.000
Total de ingresos (¢)				¢13.301.820	¢9.311.274.000
Total ingresos (\$)			22	\$24.633	\$17.243.100

Fuente: Estimación realizada a partir de resultados de aplicación de encuesta de marzo, 2016

En el cuadro 2 se detallan los costos estimados para la minería artesanal de extracción de oro para un minero que inicia la actividad. Como parte de los costos, se cuantificaron los costos de operación, incluyendo electricidad, agua, mercurio, picos, palas, sacos, linternas, botas de hule, cascos, explosivos, combustible –gasolina y diésel-, guantes, mazos, mechas, brocas; así como las inversiones en las rastras, vehículos, compresor de aire, rotomartillos, quebrador, planta, máquina de barrenar, mantenimiento de las rastras y depreciación de equipos, que son comprados por un minero al inicio de la actividad. Estos costos no incluyen el pago de mano de obra, CCSS, impuestos o pagos financieros debido a que la actividad es informal. Los costos para un minero promedio que inicia la actividad, se estiman en ¢14,2 millones (\$26.354,9) para el año 1 y en ¢9.962,2 millones (\$18,4 millones) para el sector minero artesanal para el año 1. En tanto que para un minero que se dedica a la actividad con anterioridad, los costos en promedio del año 2 al 10 se estiman ¢10,7 millones (\$19.933) y para el sector en ¢7.534,5 millones (\$13,9 millones).

Cuadro 2. Costos estimados para la extracción artesanal de oro, Las Juntas de Abangares, año 1.

Costos	Unidad de medida	Cantidad por año	Precio (Colones)	Total costos individuales para el año 1 (colones)	Total de costos del sector año 1
1. Pago de peones	mes		¢260.000	0	0
2. CCSS					
3. Costos de operación				¢4.937.004	¢3.455.902.902
3.1. Electricidad	mes	12,0	¢10.000	¢120.000	¢84.000.000
3.2. Agua	mes	12,0	¢2.500	¢30.000	¢21.000.000
3.3. Mercurio en kilogramos	Kilogramos	7,2	¢53.750	¢387.000	¢270.900.000
3.4. Picos	unidad	2,0	¢7.784	¢15.568	¢10.897.782
3.5. Palas	unidad	4,0	¢6.300	¢25.199	¢17.638.992
3.6. Sacos	unidad	8916,0	¢96	¢855.936	¢599.155.200

Costos	Unidad de medida	Cantidad por año	Precio (Colones)	Total costos individuales para el año 1 (colones)	Total de costos del sector año 1
3.7. Linternas	unidad	10,0	¢19.950	¢199.500	¢139.650.000
3.8. Botas de hule	unidad	12,0	¢6.235	¢74.816	¢52.371.144
3.9. Cascos	unidad	6,0	¢7.995	¢47.970	¢33.579.000
3.10. Explosivos	Caja de 10 unidades	12,0	¢175.000	¢2.100.000	¢1.470.000.000
3.11. Gasolina	Litros	908,5	¢424	¢385.192	¢269.634.490
3.12. Guantes	unidad	4,0	¢2.000	¢8.000	¢5.600.000
3.13. Mazo	unidad	2,0	¢7.500	¢15.000	¢10.500.000
3.14. Mecha	metro	122,0	¢1.750	¢213.500	¢149.450.000
3.15. Brocas	unidad	6,0	¢50.000	¢300.000	¢210.000.000
3.16. Diesel	Litros	461,8	¢345	¢159.323	¢111.526.294
4. Inversiones				¢9.294.650	¢6.506.255.000
4.1. Rastra	unidad	0,6	¢3.300.000	¢1.980.000	¢1.386.000.000
4.2. Depreciación rastra					
4.3. Vehículo	unidad	1,0	¢3.000.000	¢3.000.000	¢2.100.000.000
4.4. Depreciación de vehículo					
4.5. Compresor de aire	unidad	1,0	¢199.500	¢199.500	¢139.650.000
4.6. Rotomartillo o taladro de impacto	unidad	2,0	¢355.000	¢710.000	¢497.000.000
4.7. Quebrador	unidad	1,0	¢2.000.000	¢2.000.000	¢1.400.000.000
4.8. Mantenimiento quebrador	unidad	1,0			
4.8. Planta	unidad	1,0	¢250.000	¢250.000	¢175.000.000
4.9. Máquina de barrenar	unidad	1,1	¢470.000	¢528.750	¢370.125.000
4.10. Mantenimiento de las rastras	unidad	0,6	¢1.044.000	¢626.400	¢438.480.000
Total de costos				¢14.231.654	¢9.962.157.902

Fuente: Elaboración propia con base en Encuesta aplicada al sector minero artesanal de Las Juntas de Abangares, marzo, 2016.

En el cuadro 3 se presentan los beneficios privados netos –promedio- para el sector minero artesanal que inicia la actividad para el año 1 que corresponden a ¢650,9 millones para el sector, equivalentes a \$1,2 millones. Asimismo, los beneficios netos para el sector para el año 2 se estiman en 3.780,6 millones de colones (\$7 millones). En el Anexo 4 se presenta la proyección de beneficios netos para el sector del año 2016 al 2025 (del año 1 al 10).

Cuadro 3. Estimación de beneficios netos para un minero promedio y para el sector minero artesanal de extracción de oro, Abangares, Años 1 y 2.

Rubro	Año 1	Año 2
Ingresos venta de oro (millones de colones)	₡9.311,3	₡9.694,0
Costos extracción y procesamiento oro (millones de colones)	₡9.962,2	₡3.780,6
Beneficios netos sector minero artesanal (millones de colones)	₡-650,9	₡3.780,6
Beneficios netos sector minero artesanal (millones de dólares)	₡-1,2	₡7,0

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las variables financieras estimadas, la actividad de minería artesanal es poco rentable. El Valor Actual Neto (VAN) privado acumulado es de \$41,7 millones, considerando las inversiones iniciales en el año 1, cuando la actividad inicia, es positivo y es un indicador de rentabilidad; los otros dos indicadores el TIR y la relación B/C reflejan que la actividad no es rentable. La TIR aunque es positiva, de 5,7% es inferior a la TREMA (7,24%), y para alcanzar un nivel de rentabilidad aceptable la TIR debe ser mayor a la TREMA. En igual medida, la relación B/C es de 0,4%, menor que 1, lo que confirma que la actividad de minería artesanal es poco rentable.

Por otra parte, el VAN para la actividad minera ya establecida se estima en \$45,9 millones, lo que indica que la actividad, desde el punto de vista de este indicador, es rentable. No obstante, la TIR solo se calcula para actividades en su etapa inicial. La relación B/C se calculó en 0,47%, lo que muestra que la actividad minera ya establecida, al igual que una que inicia, es poco rentable. En ambos casos se requiere buscar alternativas tecnológicas que permitan incrementar los rendimientos.

2.1.2 Análisis económico

En el análisis económico se incluyen las externalidades negativas o costos ambientales identificados, producto del uso del mercurio en la actividad minera artesanal de extracción de oro en Abangares. Las condiciones externas identificadas son las siguientes:

- Efecto del uso del mercurio en la actividad minera sobre la salud
- Efecto del uso del mercurio en la actividad minera sobre el ecosistema

Estas condiciones externas se cuantifican en caso de identificar información científica que las sustente en el caso analizado.

Efecto del uso del mercurio en la actividad minera sobre el ecosistema

En el caso del efecto sobre el ambiente, la Universidad de Costa Rica en el marco del “Proyecto de gestión integral del recurso hídrico en la cuenca del río Abangares para su utilización prioritaria en consumo humano”, tomó muestras de sedimento y agua en los ríos, en el caso de la arcilla y las rastras, los análisis se hicieron en el material sólido. De acuerdo con los resultados obtenidos, no se identificó presencia de mercurio en las muestras.

De forma similar en el “Estudio Geológico Miramar, Chapernal, Las Juntas” realizado por el Servicio Geológico de la República Checa y la Dirección de Geología y Minas en el 2010, se verificó la calidad de las aguas subterráneas y superficiales en localidades vinculadas con la actividad minera. De acuerdo con los resultados de los análisis hidroquímicos de las muestras de agua, ni las aguas subterráneas ni superficiales cerca de las minas comprobadas han sido contaminadas con la actividad minera. Todas las muestras estudiadas por el grupo de investigadores de la República Checa cumplen con los límites permisibles de concentración de cada uno de los componentes establecidos en el Decreto No.38924 Reglamento para la calidad del agua potable, 2004 del MINSA, los estándares establecidos por la Organización Mundial de la

Salud (OMS) y conforme con la legislación de la Comunidad Europea (Directiva 98/83/CE sobre la calidad de las aguas destinadas al consumo humano) y establece los límites de higiene de los indicadores de la calidad del agua potable el Decreto de Gobierno No 61/2003 de la República Checa. La excepción en las aguas de mina son los resultados encontrados en los depósitos de captura de la mina Bellavista (situación en el 2008) con contenido de cianuro libre (HCN), que sobrepasan las concentraciones máximas establecidas en el Decreto de Gobierno de la República Checa No 61/2003; y las aguas de mina que fluyen de la mina El Recio (túnel 370) en el cual se encontraron niveles elevados de Litio (Li), Sodio (Na), Calcio (Ca), Ion de Sulfatos (SO_4), Cloro (Cl), mientras que el nivel de Arsénico (As) excede 26 veces más el límite de establecido en el Decreto de Gobierno No 61/2003 de la República Checa.

Por otra parte, en un estudio desarrollado por Sandoval-Herrera, Vargas-Soto, Espinoza, Clarke, Fisk and Wehrtmann (2015), se analizó la presencia de mercurio en los tiburones en el pacífico de Costa Rica. La mayoría del mercurio liberado en el ambiente marino es inorgánico, una porción es biotransformada en metilmercurio (MeHg), una sustancia más tóxica y bioacumulable. El metilmercurio representa más del 95% del total de las sustancias encontradas en el músculo de los pescados, que tiene efectos secundarios como conductas negativas, impactos hormonales y reproductivos, así como lesiones cerebrales. El estudio concluye que las variaciones en las concentraciones de mercurio están influenciadas por la ecología de la alimentación de los peces, diferencias fisiológicas y la capacidad metabólica en el procesamiento del mercurio. A pesar de la presencia de fuentes naturales de mercurio, como podrían ser las volcánicas en Costa Rica, se encontraron bajas concentraciones de mercurio –en el músculo de los tiburones-, comparado con especies similares en otras partes del mundo.

En ninguno de los estudios indicados se encontró residuos de mercurio, por tanto en el análisis costo beneficio económico no se incluye el efecto del uso del mercurio sobre el ambiente.

Efecto del uso del mercurio en la actividad minera sobre la salud

De acuerdo a la OMS (2013), el mercurio existe en varios estados, uno es el elemental o metálico e inorgánico, al que la gente se puede ver expuesta en ciertos trabajos, y el orgánico, como el metilmercurio, que penetra en el cuerpo humano por vía alimentaria. Estas formas de mercurio difieren por su grado de toxicidad y sus efectos sobre los sistemas nervioso e inmunitario, el aparato digestivo, la piel y los pulmones, riñones y ojos. El mercurio, presente en el ambiente puede provenir de forma natural a través de la actividad volcánica, la erosión de las rocas o bien por actividades antropogénicas. Esta última es la principal causa de las emisiones de mercurio, procedentes de procesos industriales y de la extracción minera de mercurio, oro y otros metales. Una vez liberado en el ambiente, ciertas bacterias pueden transformar el mercurio en metilmercurio, que es el que se acumula en peces y mariscos. Los grandes peces depredadores, por ejemplo, tienen más probabilidades de presentar niveles elevados de mercurio por haber devorado a muchos peces pequeños que, a su vez, lo habrán ingerido al alimentarse de plancton.

Según entrevista realizada al Dr. Ricardo Díaz del Ministerio de Salud Pública (MINSA), en la zona de Abangares, “en la etapa de quemado de la amalgama, es el proceso en donde los mineros y sus familias se encuentran más expuestos a los vapores del mercurio lo cual podría generar efectos sobre la salud. Sin embargo con la técnica de retorta se puede reducir considerablemente la evaporación y el efecto sobre las personas”, (Dr. Ricardo Díaz, Comunicación personal, 4 de marzo, 2016).

De acuerdo a entrevista realizada a la Dra. Melissa Masis, neumóloga y médica internista de la Clínica Católica y del Hospital Calderón Guardia, lo que más se describe en la literatura como se indica en los estudios realizados por Park & Zheng, 2012; Kim et al, 2016, es la intoxicación crónica, donde las personas pueden sufrir manifestaciones a nivel neurológico pero las más comunes son Alzheimer, cambios en el comportamiento, esquizofrenia, depresión, mal de Parkinson y cambios bruscos de estado de ánimo, pero no son casos graves que se deban de tratar porque no son eventos neurovasculares. Sin embargo, no hay una enfermedad en particular o un tratamiento específico para la intoxicación con mercurio, al

menos que sea un evento particular, se trata la enfermedad que puede ser ocasionada por diversas causas, (Dra. Melissa Masis, Comunicación personal, 14 de abril, 2016).

De acuerdo con el Dr. Díaz, “se debe considerar que ni el Ministerio de Salud (MINSA), ni la CCSS han realizado estudios epidemiológicos que permitan determinar con certeza el impacto del uso del mercurio sobre los mineros artesanales de Abangares”, (Dr. Ricardo Díaz, Comunicación personal, 4 de marzo, 2016). En este mismo sentido, el Dr. José Antonio Castro, médico epidemiólogo del Área de Farmacoeconomía de la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS), “indica que la deficiencia que tiene el país respecto al control del mercurio es que el mismo no se encuentra dentro de los eventos de vigilancia a nivel país, la información que existe, es la que se ha detectado por diagnóstico del médico, sin embargo el Dr. Castro indicó que ‘no logró identificar casos en los expedientes de la CCSS’”, (Dr. José Antonio Castro, Comunicación personal, 15 de abril del 2016).

El Dr. Castro también indicó que solo hay un laboratorio a nivel nacional que monitorea el mercurio, es el Laboratorio de Metrología del Hospital San Juan de Dios, el cual realiza el estudio para ello. Debido a la detección de problemas de insuficiencia renal en Guanacaste, se hizo un estudio para determinar la relación con metales o sustancias específicas, pero la cantidad de muestras era insuficiente y no se logró encontrar una correlación con el mercurio y se detectó que este era un asunto más bien por deshidratación y efecto del trabajo en estas personas”, (Dr. José Antonio Castro, Comunicación personal, 15 de abril del 2016).

En el estudio realizado por Ruiz S. (2012), se hicieron análisis en sangre para la detección del mercurio en 60 oreros, de los cuales 7 (11,7%) sobrepasaron el límite de detección de 0,3 mg/dL, correspondiente a aquellos oreros que queman la amalgama e inhalan los vapores de mercurio liberado al ambiente. De acuerdo con el Dr. José Antonio Castro, “en caso de detectarse una intoxicación por mercurio, lo que procede es el tratamiento del paciente, para lo cual existen tres tipos de medicamentos: DMSA, BAL y la Penicilamina. Sin embargo, la CCSS solo dispone de este último medicamento, que actúa como un quelante que absorbe las moléculas de mercurio para que se puedan desechar, es el mejor tratamiento que dispone la CCSS, debido a que la intoxicación por mercurio se produce en escasas ocasiones, no es posible disponer de más tratamientos para ello. Para detectar el mercurio se realiza un examen llamado ‘electrolitos, metales y otros por absorción atómica’ que le cuesta a la CCSS 18.481 colones (\$34,2), según el modelo tarifario vigente para el Primer Semestre 2016, cada tableta de Penicilamina cuesta 150 colones (\$0,3), según el Sistema de Información de Suministros de la CCSS y se da una dosis de 25mg por kilogramo por día, dividido en 3 dosis (6 tabletas por día para pacientes adultos) y el tratamiento se toma usualmente durante 3 meses, aunque todo depende del grado de intoxicación”, (Dr. José Antonio Castro, Comunicación personal, 15 de abril del 2016).

A partir del estudio desarrollado por Ruiz, donde se identifica la presencia del mercurio en el 11,7% de los oreros, se realiza una estimación de los costos de enfermedad a partir del tratamiento de intoxicaciones por mercurio. El costo de la intoxicación por mercurio de la población de mineros artesanales de Abangares se estima a partir de los siguientes supuestos:

- El 11,7% de los mineros artesanales sufren intoxicación por mercurio, lo que equivale a 82 personas, dado que la población de oreros se estima en 700 individuos.
- El tratamiento requerido es un examen de electrolitos, metales y otros por absorción atómica que permita la detección de mercurio en sangre y la prescripción de Penicilamina, donde el paciente debe tomar 6 tabletas por día con un costo de ₡150 (\$0,3) la tableta por un periodo de 90 días.

A partir de dichos supuestos se determina que el costo para tratar una persona intoxicada con mercurio es de ₡99.481 (\$184,2) y para el 11,7% de la población es de ₡8,2 millones (\$15.106). Los costos se proyectaron al año 2025 a partir del crecimiento del valor agregado del sector minero, como se indica en la sección de Costo Beneficio Privado.

Cuadro 4. Estimación de costos por el tratamiento de intoxicación con mercurio en colones corrientes, año 1.

Tratamiento de intoxicación con mercurio	Costo por persona (Colones)	Costo total (Colones)	Costo total (\$)
Examen de electrolitos, metales y otros por absorción atómica	¢18.481	¢1.515.442	\$2.806
Tratamiento con Penicilamina (6 tabletas por día con un costo de 150 colones la tableta por 90 días.	¢81.000	¢6.642.000	\$12.300
Total	¢99.481	¢8.157.442	\$15.106

Fuente: Elaboración propia con base en el modelo tarifario vigente para el primer semestre del 2016 de la CCSS e información suministrada por el Dr. José Antonio Castro.
Nota: Se considera un tipo de cambio de ¢540 por dólar.

Para la estimación del análisis Costo Beneficio Social (CB Social), se calcula a partir del ajuste del Costo Beneficio Privado incluyendo el efecto sobre la salud, producto de la intoxicación con mercurio consecuencia de la actividad minera artesanal. Se calculan las variables financieras TIR, VAN y la relación B/C ajustadas con la tasa de descuento social del 12%.

A partir de los resultados del análisis CB Social se determina que la actividad de minería artesanal con la introducción de la externalidad negativa de intoxicación por mercurio, es poco rentable desde el punto de vista social. Como se muestra en el cuadro 5, el VAN social es positivo al igual que el privado, pero la TIR en ambos casos es menor que las tasas de descuento utilizadas y las relaciones B/C son menores a 1, lo que indica que la actividad muestra bajos niveles de rentabilidad. Los indicadores también determinan que la actividad minera artesanal es poco viable tanto desde el punto de vista privado como social, por tanto se requiere la instrucción de mejores prácticas que permitan incrementar los niveles rentabilidad para los mineros y una reducción en el efecto que la misma tiene sobre la salud de los productores, reduciendo el impacto social negativo de la actividad.

Cuadro 5. Estimación Costo Beneficio Privado y Social para la actividad minera artesanal de Abangares.

Indicadores	CB Privado (Tasa descuento 7,24%)	CB Social (Tasa descuento 12%)
VAN	\$41.652.529	\$32.303.579
TIR	5,27%	4,9%
B/C	0,41	0,40

Fuente: Elaboración propia con base en resultados del análisis costo beneficio.

2.2 Sustitutos del mercurio para la extracción artesanal de oro

2.2.1 Gravimetría

En la guía práctica para la reducción del uso del mercurio en la minería de oro artesanal y de pequeña escala de PNUMA, 2012, se plantea la eliminación del uso del mercurio a través de tecnologías alternativas. La selección de una tecnología depende del tipo de depósito mineral, del tamaño del grano y de la mineralogía del oro, acceso a capital y el conocimiento técnico necesario. Las tecnologías recomendadas

son canaletas o canales, concentradores centrífugos, concentradores en espiral, ciclón o vórtice, mesas concentradoras o vibratorias, flotación e imanes.

Como una opción para la sustitución del uso del mercurio en la recuperación de oro en la minería artesanal en Costa Rica, la Dirección de Geología y Minas plantea la gravimetría como una alternativa a partir de un análisis de las diferentes tecnologías que están siendo utilizadas en otros países a nivel mundial. En el 2013 esta dirección realizó un estudio sobre el uso de la tecnología recomendada, aunque existen diversos equipos el estudio se enfocó en los Concentradores ICON como una opción. Para ello realizó la extracción de 8 muestras de 20 kg cada una de material con oro libre, encapsulado, sulfurosos y lamas, que fue triturado y pulverizado hasta obtener el tamaño recomendado (<2mm ó malla de 10), material que fue enviado a Nicaragua para realizar diferentes pruebas y conocer el rendimiento de este tipo de equipos. Las muestras fueron corridas en un concentrador de laboratorio equivalente al ICON-I150, resultados que fueron posteriormente analizados en Costa Rica.

Los resultados de los concentrados y las colas dieron rendimientos del 14,3% al 65,7%, superiores a los alcanzados con el uso del mercurio que es de aproximadamente un 40%. A partir de los resultados se recomendó el concentrador ICON-I150, pero debe trabajarse en la trituración y molienda del mineral, y se ha de contar con un flujo de agua limpia, constante y eficiente; se recomienda tener conocimiento del ambiente geológico y de la mineralización del material a procesar para poder regular los parámetros de los concentradores y obtener mayores niveles de eficiencia (Gómez, 2013a).

El concentrador iCON i150 usa la tecnología del concentrador FALCON que fue creado para capturar todos los minerales pesados como el oro y la plata. Utiliza el principio del campo centrífugo para concentrar los minerales libres y muy finos, que no son recuperables mediante las técnicas tradicionales de la minería de pequeña escala o artesanal. Durante la operación el material minero se alimenta como una mezcla de minerales y agua en un recipiente giratorio que incluye unas ranuras especiales que funcionan como atrapadores de los materiales más pesados. El concentrado rico por lo general es enjuagado periódicamente y requerirá de un tratamiento especializado para convertirlo en un producto de oro final (Gómez, 2013b).

El costo del ICON i150 es de \$9.450 e incluye el costo del equipo, pago de impuestos de aduanas en Costa Rica y transporte internacional de Estados Unidos, como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Costos de importación del aparato ICON i150

Detalle	Costo	Fuente
Aparato ICON i150	\$7.700	Consulta a la empresa
Impuestos en aduanas	\$1.078	Red Logistic (14% del valor)
Transporte internacional	\$672	Red Logistic (calculadora)
Total	\$9.450	

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2 Cianuro

La utilización de cianuro es otra de las opciones planteadas para la minería artesanal de extracción de oro en Abangares. Según el ingeniero en minería Néstor Chamorro, “para la utilización del cianuro se requiere de mayor tecnología e industrialización que con el uso del mercurio, y se puede obtener una recuperación superior al 90% y oro de mayor quilataje –hasta 21-. El costo de la inversión para el establecimiento de una planta de este tipo varía, pero en promedio el costo asciende a \$3 millones para el procesamiento de 50 toneladas de material por día y los costos de producción se estiman en \$700 por cada onza de oro”, (Ing. Néstor Chamorro, Comunicación

personal, 14 de marzo, 2016). De forma similar Jorge Obando de la Mina Chassoul indicó que “de acuerdo a estudios realizados en México y Colombia los costos de producción con cianuro se estiman de \$650 a \$750 la onza de oro, la reducción o incremento en los costos depende principalmente de economía de escala, a mayor producción menor precio”, (Jorge Obando, Comunicación personal, 19 de abril, 2016).

El proceso varía y la inversión requerida es mucho más alta. Después de triturar y moler la roca, se libera el oro y la plata en las autoclaves, máquinas de presión que permitirán que los procesos de extracción se lleven a cabo en un ciclo cerrado y hermético. El oro y la plata se disuelven en presencia de cianuro lo que permite su separación del mineral molido y pulverizado. Luego se realizan varios procesos de purificación para obtener un lodo con alta concentración de oro y plata, el cual puede ser fundido para obtener el doré, mezcla de oro y plata. El cianuro que se utilizó para disolver el oro y la plata se destruye, proceso que se conoce como proceso INCO y que es utilizado en muchas plantas alrededor del mundo, (<http://www.somosbarrick.com/pueblo-viejo/2012/04/el-cianuro-en-la-mineria/>).



3. CARACTERIZACIÓN DE LA CADENA DE VALOR DE LOS PRODUCTOS CON MERCURIO AÑADIDO INDICADOS EN EL ANEXO A Y PRODUCTOS SUJETOS AL ARTÍCULO 4, PÁRRAFO 3 DEL CONVENIO DE MINAMATA

3.1 Baterías

En un estudio desarrollado por la Universidad de Costa Rica, (Aviram, 2007) sobre el uso de baterías en Costa Rica, se identifica tres tipos de baterías con contenido de mercurio que se comercializan en el país, estas son baterías de Zinc-Óxido de mercurio, Zinc-Aire y Níquel/hidruro metálico (NiMH).

3.1.1 Comercialización de baterías con mercurio añadido

De acuerdo con el Ministerio de Hacienda, en el 2015 se importaron 161.057,06 kg de baterías con Zinc-Óxido de mercurio, Zinc-Aire, y Níquel/Hidruro Metálico (NiMH), con un valor aduanero de \$60.817. Dichas baterías se importaron de Panamá, China y EEUU, y en menor proporción de otros países como México y Alemania. Aunque el Ministerio de Hacienda reporta la importación de baterías con contenido de mercurio, las empresas importadores de baterías, indican que las baterías con contenido de mercurio ya no son vendidas en el mercado costarricense y en su lugar importan y distribuyen baterías de Níquel, Alcalinas y Litio. Sin embargo, ello no implica que las baterías no sean distribuidas en el mercado nacional, sino que no se logró identificar las empresas distribuidoras, ya que las baterías con mercurio si son importadas como se identificó en los datos del Ministerio de Hacienda.

Cuadro 7. Comercializadores de baterías en Costa Rica

Empresa	Ubicación	Producto	Contacto
SATEC S.A.	Guadalupe	Baterías Power Sonic, Panasonic, Sony, Saft, Tadiran Batteries, Energizer, Pet Safe, New Energy, GP Batteries, Maxell, Duracell, Ultra Last, Sanyo, Cyclon.	2233-8111
Baterías Duracell	Barrio Dent	Baterías Duracell	2283-9910
AMTEC de Costa Rica	Cartago	Baterías Maxell	2551-5095
Sorie de Centroamérica	La Uruca	Baterías Rayovac	2296-2117
Radio Shack Costa Rica	San José	Baterías RadioShack	4031-8281
Panasonic Centroamérica	Alajuela	Baterías Panasonic	2509-2400
Casio	San José	Pilas de botón	2255-3636

Fuente: Elaboración Propia con base en consulta a las empresas.

3.1.2 Disposición final de baterías con mercurio añadido

Las baterías con contenido de mercurio, al final de su vida útil, deben clasificarse como desechos peligrosos debido a su elevada toxicidad por contener materiales como mercurio, plomo y cadmio, además de otros elementos metálicos, ácidos y bases (Soto, 2005). En el Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, Decreto Ejecutivo N°37788, vigente desde el 19 de enero del 2014, está la lista de los residuos peligrosos, dentro de los cuales, se mencionan las baterías con mercurio.

A partir de la lista de empresas autorizadas por el Ministerio de Salud Pública (MINSA) para la gestión de residuos sólidos, se identificaron compañías que brindan el servicio de reciclado y tratamiento de baterías con mercurio añadido, entre las que se encuentran la empresa Soluciones Integrales en Reciclaje S.A. (SOLIRSA S.A.), Servicios Ecológicos, Geep, Metalurgías Román y Sauvignon Sur. Estas empresas ofrecen soluciones de reciclaje de desechos de baterías para empresas del sector privado y público.

El costo de los tratamientos deberá ser cubierto por el generador del desecho. Por ejemplo, la empresa Servicios Ecológicos trata pilas cilíndricas o cuadradas de cualquier tamaño y tipo, ya sean estas desechables, recargables, alcalinas o regulares, así como pilas de botón, las cuales demandan un tratamiento en planta y tratamiento en destino final.

Para el tratamiento, las baterías son clasificadas de acuerdo con los requerimientos del procesador final; posteriormente, se procede a sellar con cinta de contactos y empacarlas de acuerdo con los requerimientos de transporte internacional. El material procesado se exporta a los Estados Unidos, donde empresas acreditadas se encargan de reciclar y disponer adecuadamente de esos desechos. El proceso final consiste en triturar las baterías y separar el material ya triturado en cada uno de sus componentes para su reciclado: metales ferrosos, no ferrosos y metales pesados.

Se consultó sobre el costo del tratamiento de las baterías a las empresas autorizadas para el tratamiento de residuos, y sus representantes indicaron que ellos reciben desechos de baterías de cualquier tipo, a ¢210 (\$0,39) el kilogramo y lo venden a empresas procesadoras que compran estos desechos para reciclarlos. Algunas de estas empresas funcionan como intermediarias, ya que no le realiza ningún proceso a los desechos. Los precios para el tratamiento de este tipo de desechos oscilan en \$0,60 por kilogramos de batería.

3.1.3 Sustitutos

La Comisión Europea plantea como sustitutos a las pilas con mercurio, las pilas de níquel-hidruro metálico, los iones de litio o las pilas de botón sin mercurio (MAGRAMA, 2015). Se consultó a las empresas indicadas en el cuadro 7 e indicaron que los sustitutos de las baterías con mercurio son baterías de Níquel-Metal, Níquel-Cadmio, Alcalinas y Litio. De acuerdo con el Ministerio de Hacienda, en el 2015 se importaron 41.546,3 kg de baterías sin mercurio y reportaron un monto de importación de \$71.813,8.

Este tipo de baterías son distribuidas por una amplia gama de empresas en el país, por ejemplo, la empresa SATEC distribuye baterías alcalinas, Níquel-Cadmio, Níquel-Metal y Litio y la compañía Panasonic indicó que solo distribuyen baterías alcalinas. En igual medida, AMTEC comercializa baterías de Níquel-Metal y alcalinas y Sorie de Centroamérica solo distribuye baterías alcalinas y, Casio, baterías de Litio marca Sony para sus relojes. Según la consulta realizada a las empresas antes indicadas, el precio de venta de las baterías sin mercurio es de ¢500 (\$0,9) a ¢3.000 (\$5,5).

En el cuadro siguiente se indica el costo de importación (valor aduanero) del Ministerio de Hacienda en el 2015, de las baterías con y sin mercurio. El costo de las baterías sin mercurio es de \$1,7/kg, lo que equivale a 4,5 veces el costo de importación de las baterías con mercurio, el cual es de \$0,4/kg, con un costo incremental de \$1,3 por kg. El valor de sustituir los 161.057,06 kg de baterías con mercurio que se importaron en el 2015 se estima en \$278.391, que implica un incremento de \$217.574.

3.2 Interruptores y relés

Los interruptores son dispositivos que abren o cierran un circuito eléctrico o una válvula de líquido o de gas. Pueden ser, por ejemplo, interruptores flotantes que se activan al cambiar el nivel de líquido, interruptores basculantes que funcionan por un cambio de posición y sensores de llama activados por un cambio de temperatura. Estos interruptores se encuentran en bombas, electrodomésticos, cocinas, hornos y gran variedad de maquinaria, mientras que los relés se usan para abrir y cerrar contactos eléctricos que controlan otro dispositivo del mismo circuito. Suelen usarse para apagar grandes corrientes eléctricas suministrando una pequeña cantidad de electricidad a un circuito de control. Se encuentran en circuitos de telecomunicación y en hornos industriales (Lennett y Gutiérrez, 2015). Varios tipos de interruptores eléctricos contienen mercurio, entre ellos están los interruptores de inclinación, los interruptores de flotador, los relés (relevadores) que controlan circuitos electrónicos y otros.

En la figura 5, se presenta la cadena de valor de interruptores y relés, la cual se desarrolla seguidamente.

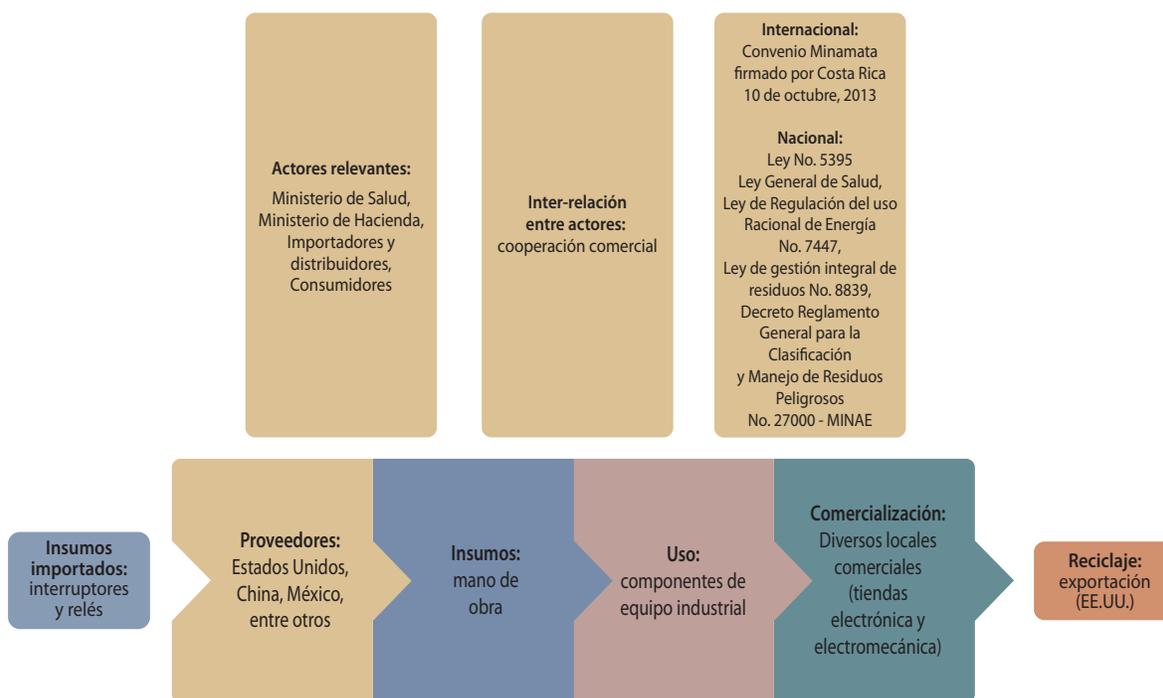


Figura 5. Cadena de valor de interruptores y relés

Fuente: elaboración propia.

3.2.1 Proveedores de interruptores y relés

Según la revisión de la base de datos del Ministerio de Hacienda sobre importaciones definitivas del 2015, no existen datos desagregados que permitan identificar la cantidad de interruptores y relés que ingresaron al país. Los datos existentes hacen referencia a aparatos para corte, seccionamiento, protección, derivación, empalme o conexión de circuitos eléctricos, donde se incluye interruptores y relés. Estos artículos se importan de una gran variedad de países, dentro de los que destacan Estados Unidos, China, México, República Dominicana, Alemania, España, Taiwán y Panamá, por volumen y valor de importaciones.

3.2.2 Comercialización de interruptores y relés

En el país existen empresas especializadas en la venta de componentes electrónicos y electromecánicos, incluidos los interruptores y relés; sin embargo, estas indican que no importan este tipo de componente con mercurio añadido debido a que prefieren usar otras tecnologías menos riesgosas (Stereon Soluciones Electrónica, Partes Electrónicas).

3.2.3 Usuario final de interruptores y relés

Los interruptores y relés son normalmente adquiridos por personas y empresas que se dedica al ensamble y reparación de equipo industrial que incorpora componentes como los mencionados. No existen restricciones para que puedan ser comprados por el público en general.

3.2.4 Disposición final de interruptores y relés

No se tiene certeza del proceso que se sigue para todos los interruptores y relés con mercurio añadido que han ingresado el país formando parte de un equipo de mayor tamaño, o que han sido reemplazado al final de su vida útil, ya que queda a criterio de las personas y empresas que lo adquirieron qué tipo de tratamiento se les da. Sin embargo, en el país existen algunas empresas especializadas en reciclaje de desechos electrónicos que tratan interruptores y relés con mercurio añadido, y se realiza un tratamiento primario, y se envía a países como Estados Unidos para el tratamiento final (Valu Shred, 2016).

3.2.5 Sustitutos de interruptores y relés

Según el Centro Coordinador de Basilea y Centro Regional de Estocolmo para América Latina y el Caribe (BCCC, s.f.) existen diferentes opciones de sustitutos para para interruptores y relés con mercurio añadido como se indica en el cuadro siguiente:

Cuadro 8. Productos con mercurio añadido y sustitutos

Producto con mercurio añadido	Puede ser sustituido por
Interruptor de flotador con mercurio	Interruptores mecánicos, de láminas magnéticas secas, ópticos, de conductividad, con bola metálica, sónica o ultrasónica, de transmisor de presión, de aleación, térmicos, y los interruptores de flotador de capacitancia.
Interruptor de inclinación con mercurio	Interruptores de bola metálica, electrolíticos, mecánicos, de estado sólido, y de capacitancia interruptores basculantes; potenciómetros.
Interruptor de presión o temperatura con mercurio	Interruptores mecánicos o interruptores de estado sólido.
Relés de desplazamiento, de lámina húmeda y de contacto con mercurio	Interruptores electro-magnéticos, de láminas magnéticas secas y relés de estado sólido, rectificadores controlados de silicio

Fuente: Elaboración propia con información de BCCC, s.f.

Los interruptores sin mercurio se pueden encontrar en el país por precios que van desde los €250 (0,5) hasta los €123.000 (\$227). Con respecto a los relés pequeños sin mercurio añadido, se pueden encontrar por precios que van desde los €695 (\$1,3) como el relevador compacto de 1 polo, 2 tiros (SPDT) y bobina de 9 Vcc, hasta los €4.890 (\$9), relevador de poder de 2 polos, 2 tiros (DPDT) y bobina de 12 Vcc, (Stereon Soluciones Electrónica), mientras que los relés más grandes utilizados a nivel de procesos electromecánicos tienen

precios más elevados que oscilan entre los €15.000 (\$27,8) y €20.000 (\$37), (Componentes electromecánicos LTDA).

El costo incremental del uso de interruptores y relés sin mercurio no se estima con respecto a los que contienen mercurio, debido a que no se logró identificar la importación, ni distribución de este tipo de equipos con mercurio en el mercado.

3.3 Lámparas fluorescentes compactas, lineales, de vapor de mercurio a alta presión (HPMV), fluorescentes de catodo frío y fluorescentes de electrodo externo (CCFL y EEFL)

El listado de luminarias que contienen mercurio añadido es amplio y está compuesto principalmente de lámparas fluorescentes compactas, lámparas fluorescentes lineales, lámparas de vapor de mercurio a alta presión (HPMV), lámparas fluorescentes compactas (CFL), lámparas fluorescentes de catodo frío (CCFL) y lámparas fluorescentes de electrodo externo (EEFL). Sin embargo, por limitaciones en la información existente para identificar la cadena de valor de cada una de ellas por separado, en este documento se trabajan de manera genérica como luminarias con mercurio añadido, o en la medida de lo posible se hará referencia a algún tipo de lámpara en específico. En general este tipo de luminarias fluorescentes se identifican como alternativas de iluminación eficiente en relación con las lámparas incandescentes (bombillos).

Según el dictamen emitido en 2010 por el Comité Científico de los Riesgos Sanitarios y Medioambientales (CCRSM) de la Comisión Europea (“Opinion on Mercury in Certain Energy-saving Light Bulbs”), en la actualidad, las bombillas tradicionales se están retirando del mercado, sustituyéndolas por otras de menor consumo energético, principalmente por lámparas fluorescentes compactas (CFL, siglas del inglés “compact fluorescent lamp”) (Comisión Europea, 2011). Las lámparas fluorescentes compactas de bajo consumo requieren menos electricidad. Sin embargo, las lámparas y tubos fluorescentes contienen una pequeña cantidad de mercurio sellada en el tubo de vidrio, cercana a 5 miligramos de mercurio en lámparas y entre 5 y 10 miligramos en tubos. Comparativamente los termómetros clínicos contienen hasta 1200- miligramos de mercurio – equivalente al mercurio contenido en 240 lámparas fluorescentes (BCCC, s.f.).

La iluminación representa en promedio un 20% de los gastos en energía de los hogares. Se calcula que el gasto de energía para la iluminación de hogares se reduce en hasta un 75% en energía eléctrica cuando se cambian las lámparas tradicionales (incandescentes) por fluorescentes. Estas son más caras pero duran cerca de 10 veces más (BCCC, s.f.).

En la actualidad, es científica y técnicamente imposible fabricar lámparas fluorescentes compactas sin mercurio, pero las nuevas tecnologías pueden reducir el contenido de mercurio, y la cantidad permitida se irá reduciendo de manera gradual (Comisión Europea, 2011). Estos avances tecnológicos han permitido que el promedio del mercurio contenido en las lámparas fluorescentes sea al menos un 20 % menor que en el pasado. Algunos fabricantes han hecho reducciones mayores, reduciendo el contenido de mercurio entre 1.4 – 2.5 miligramos por lámpara (BCCC, s.f.).

En la figura siguiente se representa la cadena de valor, la cual se detalla seguidamente.

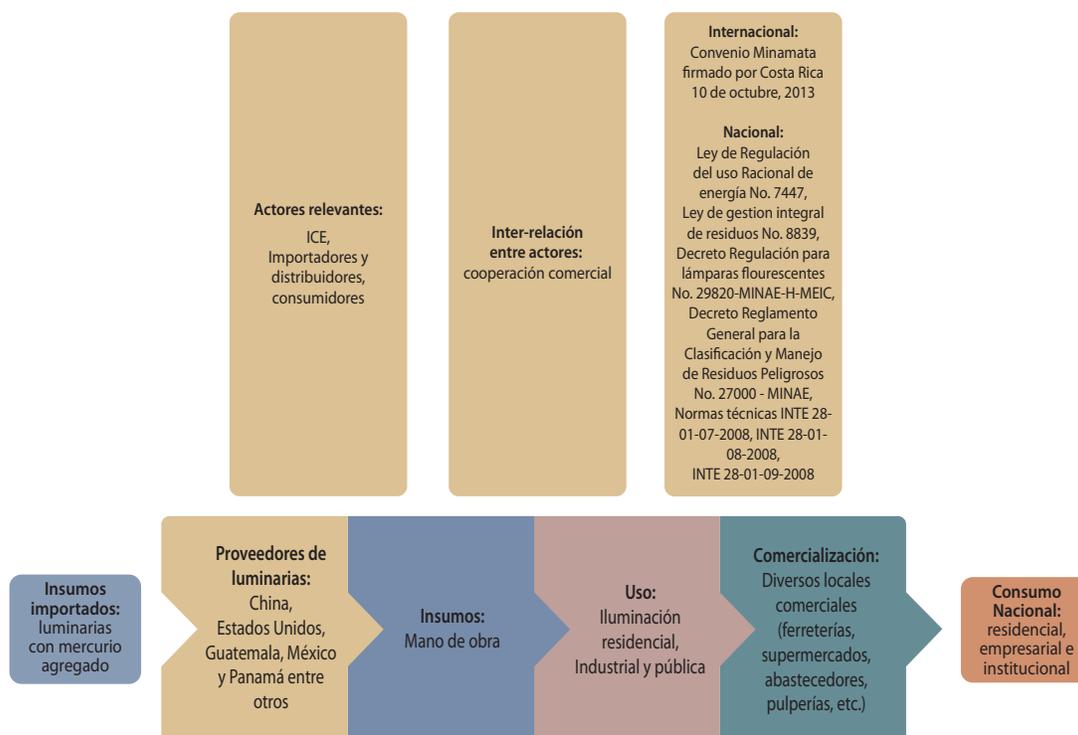


Figura 6. Cadenas de valor de luminaria con mercurio agregado

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.3.1 Proveedores de lámparas con mercurio

Con respecto a la cadena de valor de las luminarias que poseen mercurio, según el Ministerio de Hacienda para el año 2015, las importaciones de lámparas fluorescentes proceden principalmente de países como China, Estados Unidos, Guatemala, México y Panamá, entre otros. Estas importaciones representaron 1.435.959 unidades con un valor aduanero de US\$2.937.149,36, importadas por 150 empresas.

3.3.2 Comercialización de lámparas con mercurio

La comercialización y distribución de lámparas que contiene mercurio se da por medio de una amplia red de locales comerciales, que incluye desde las tradicionales ferreterías hasta abastecedores y pulperías. Es decir, a lo largo del país es posible adquirir luminarias con mercurio agregado sin ningún tipo de restricción legal para su adquisición.

3.3.3 Usuario final de lámparas con mercurio

Los usuarios finales de las lámparas que contiene mercurio son diversos e incluye el sector residencial, empresarial e institucional del país. No existen restricciones legales a la comercialización de este tipo de productos, por lo que cualquier persona está en derecho de adquirir lampas de este tipo.

Según el inventario de emisiones de mercurio y equipo médico en hospitales en Costa Rica para el 2008, el consumo anual a nivel nacional de lámparas fluorescentes compactas (CFL de un solo extremo) fue de 813.644, los tubos fluorescentes de doble extremo representaron 1.600.127 artículos, las fuentes de luz con mercurio fueron de 3.760.043 y otras fuentes de luces que contienen Hg fueron de 1.346.272 artículos vendidos al año (MINAET, 2012).

3.3.4 Disposición final de lámparas con mercurio

En relación con la disposición de las lámparas de bajo consumo que contienen mercurio se debe tener en consideración que el mercurio solo podría salirse del interior de las lámparas si se rompen accidentalmente o se desechan junto con los residuos domésticos. Si los consumidores llevan las lámparas a puntos de recolección, el mercurio que contienen se reciclará y no se emitirá al medio ambiente (Comisión Europea, 2011). En ese sentido, en Costa Rica existen empresas especializadas en la disposición final de este tipo de lámparas; estas empresas deben estar autorizadas por el Ministerio de Salud y contar con un certificado que respalde que el transporte de residuos especiales es adecuado de acuerdo al Convenio de Basilea.

Estas empresas dedicadas al reciclaje de fluorescentes cuentan con vehículos apropiados para la labor. El desecho es procesado utilizando una máquina especial que tritura los fluorescentes al mismo tiempo que captura el 99.9% de los vapores de mercurio que son liberados. Está equipada con una serie de filtros los cuales capturan y neutralizan todos los vapores de mercurio liberados durante la trituración de las lámparas. El sistema se coloca sobre un estañón metálico de 55 galones donde es acumulado el material triturado, una vez lleno el estañón, se tapa y se sella adecuadamente, en espera de ser exportado al procesador final. El proceso final consiste en separar el material ya triturado en cada uno de sus componentes: vidrio, aluminio, metales ferrosos y polvo de fósforo, posteriormente los materiales son colocados nuevamente en el mercado como materias primas (Servicios Ecológicos, s.f.).

Con respecto a la disposición de bombillas de alumbrado público y fluorescentes existe un proceso de tratamiento mediante inertización del mercurio. Este se desarrolló por parte del Centro de Investigación en Protección Ambiental (CIPA), adscrito a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Este proceso fue resultado de una solicitud realizada por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL), la cual durante el 2014 inició un programa para mejorar la eficiencia en el consumo de energía del alumbrado público, reemplazando las bombillas existentes por otras más eficientes en el consumo de energía, lo que llevó a una gran acumulación de desechos que no eran recibidos en rellenos sanitarios por los riesgos que representaban. El servicio que brinda el CIPA se ha extendido a otras instituciones como el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y empresas privadas (Salas y Benavides, 2008).

3.3.5 Sustitutos de lámparas con contenido de mercurio

Tradicionalmente se han utilizado las lámparas incandescentes para la generación de luz artificial; sin embargo, estas han sido paulatinamente sustituidas por las fluorescentes (CFL), que resultan ser más caras pero más eficientes. Pese a ello, uno de los aspectos negativos de esa tecnología es la utilización de pequeñas cantidades de mercurio que pueden tener efectos sobre la salud y el ambiente. Como opción al uso de lámparas con mercurio se pueden citar algunas tecnologías más recientes como es el caso de las lámparas que utilizan diodos emisores de luz como fuente lumínica, conocidas como lámparas LED (del inglés *Light-Emitting Diode*).

En Costa Rica se han desarrollado campañas enfocadas a la sustitución de luminarias incandescentes por fluorescentes; por ejemplo, en 2008 el ICE destinó ¢250 millones (\$462.962) para subvencionar una iniciativa de ese tipo y pese a ello, actualmente no existen campañas mediáticas enfocadas a la sustitución de esta tecnología por otras como la LED. Es importante destacar que la Estrategia Regional de Iluminación Eficiente procura estimular el uso de luminarias eficientes, lo que incluye las de tecnología LED, además que el VII Plan Nacional de Energía 2015-2030 menciona como uno de sus objetivos en el corto plazo (julio-2018) promover la adquisición de equipos eficientes mediante el establecimiento de sellos de eficiencia energética que incluyan a las lámparas LED (MINAE, 2015).

Las lámparas LED, además de la ventaja de no incorporar mercurio en su interior, duran 2,5 veces más que la tecnología de bajo consumo más extendida, la CFL y 25 veces más que las bombillas incandescentes tradicionales. La tecnología LED tienen otros beneficios como un rendimiento potencialmente superior a todas las

fuentes comunes de luz y bajos costos de mantenimiento, además aún no se ha identificado un riesgo toxicológico equivalente con respecto a las unidades fluorescentes de iluminación (GREENPEACE, 2008).

Según la Estrategia Regional de Iluminación Eficiente unos de los obstáculos que enfrenta Centroamérica para la migración a luminarias más eficientes son los altos costos de las lámparas fluorescentes y LED en comparación con las incandescentes. Esto se refleja en que los precios de mercado de las luminarias fluorescentes y LED, tal y como se observa en el cuadro siguiente, el precio de los LED en promedio es 3,75 veces mayor que el de los fluorescentes:

Cuadro 9. Precio de venta de mercado de los bombillos incandescentes, CFL y fluorescentes y LED's

Flujo luminoso (lúmenes)	Precio en colones por tipo de tecnología		
	Incandescentes	CFL y fluorescentes	LED's
1.600	¢ 400	¢ 2.000	¢ 12.000
1.100	¢ 360	¢ 1.800	¢ 6.000
800	¢ 300	¢ 1.500	¢ 4.000
450	¢ 268	¢ 1.500	¢ 3.500
Promedio	¢ 332	¢ 1.700	¢ 6.375

Fuente: elaboración propia con información de Construplaza y EPA.

Según el Censo de población del 2011, el número de viviendas era de 1.211.964, clasificadas por número de aposentos, desde uno hasta cinco o más. A partir de dicho número se estimó un total de luminarias de 10.690.301 para el sector hogares. El costo de las luminarias bajo el supuesto que solo se utilizan CFL y fluorescentes para los hogares indicados es de \$34,2 millones, en tanto que el costo de reemplazar luminarias CFL y Fluorescentes por LED es de \$128,3 millones (véase cuadro 10). El costo de la sustitución de fluorescentes por LED se estima en \$94,1 millones.

Cuadro 10. Costa Rica: Estimación del total del luminarias en viviendas y el costo de sustitución de CFL y fluorescentes con LED

Número aposentos	Número de viviendas	Número de luminarias por vivienda	Total luminarias	Costo con CFL y Fluorescentes (colones)	Costo con CFL y Fluorescentes (dólares)	Costo sustitución con LED's (Colones)	Costo sustitución con LED's (dólares)
1 Aposento	29.584	5	147.920	¢251.464.000	\$473.567	¢942.990.000	\$1.775.876
2 Aposentos	60.908	6	365.448	¢621.261.600	\$1.169.984	¢2.329.731.000	\$4.387.441
3 Aposentos	153.963	7	1.077.741	¢1.832.159.700	\$3.450.395	¢6.870.598.875	\$12.938.981
4 Aposentos	287.949	8	2.303.592	¢3.916.106.400	\$7.374.965	¢14.685.399.000	\$27.656.119
5 Aposentos o más	679.560	10	6.795.600	¢11.552.520.000	\$21.756.158	¢43.321.950.000	\$81.585.593
Total	1.211.964		10.690.301	¢18.173.511.700	\$34.225.069	¢68.150.668.875	\$128.344.009

Fuente: estimación propia con base en datos del cuadro 20 y datos de viviendas del censo de población del 2011.
Nota: el número de luminarias se estimó en función del número de aposentos de las viviendas, indicados en el Censo de población, 2011.

3.4 Cosméticos

3.4.1 Elementos generales

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) en su alerta epidemiológica de junio de 2012, el mercurio es un ingrediente común que se encuentra en jabones y cremas para aclarar la piel. También se encuentra en otros cosméticos, tales como máscara para ojos y productos de limpieza del maquillaje de ojos. Algunos de estos productos se pueden comercializar como “jabones antisépticos”.

El mercurio se puede encontrar en dos formas en los productos cosméticos, inorgánico y orgánico. El mercurio inorgánico se utiliza en jabones y cremas para aclarar la piel, por ejemplo, el mercurio amoniacal, mientras que los compuestos orgánicos de mercurio (tiomersal [etil-mercurio] y sales de fenil mercurio) se utilizan como conservantes en las máscaras para los ojos y en los productos de limpieza de maquillaje de ojos (OMS, 2012).

Los productos cosméticos que contienen mercurio en algunas ocasiones lo indican en la etiqueta, donde debería indicar la cantidad contenida. Sin embargo, no siempre se indica. Las palabras que se deben buscar en las etiquetas para identificar la existencia de mercurio son mercurio, Hg, yoduro mercuríco, cloruro mercurioso, mercurio amoniacal, amidocloruro de mercurio, azogue, cinabrio (sulfuro de mercurio), *hydrargyri oxydum rubrum* (óxido de mercurio), yoduro de mercurio o “veneno”. Otros indicadores de posible presencia de mercurio son los productos que tienen color gris o crema o aquellos que recomiendan evitar el contacto con la plata, el oro, la goma, el aluminio y las joyas (OMS, 2012).

3.4.2 Proveedores de cosméticos con mercurio agregado

En consulta realizada al Ministerio de Salud “se indicó que es prohibido el ingreso de mercurio en cosméticos a país. En el reglamento técnico centroamericano de 2008, sobre registro e inscripción sanitaria de productos cosméticos, se establece una lista de sustancias prohibidas entre las que se encuentra el mercurio”, (Ileana Herrera, Comunicación personal, 6 de marzo, 2016).

Para poder ingresar un producto cosmético a Costa Rica, tienen que tener registro sanitario y para eso debe cumplir con el Reglamento Técnico Centroamericano. Por reglamento se les solicita por ejemplo, que la etiqueta tenga especificaciones microbiológicas de la contaminación que podría tener el producto, la fórmula química y algún principio activo. En el anexo número dos del reglamento, sobre sustancias que están totalmente prohibidas en cosméticos se registra el mercurio, por lo que no hay rango para permitirlo, por lo tanto si algún producto lo declara en su fórmula se rechaza su ingreso al país, (Adrián Brenes, Comunicación personal, 6 de marzo, 2016).

Teniendo en consideración esta prohibición se parte del supuesto de que al país no ingresan de forma legal cosméticos que contengan mercurio añadido.

3.4.3 Sustitutos de cosméticos con mercurio agregado

Con respecto al análisis de costos se debe indicar que en Costa Rica, al ser prohibido el uso de mercurio en cosméticos, la industria ha tenido que evolucionar con la utilización de otros componentes, por lo que actualmente no existen costos asociados a dicha sustitución.

3.5 Plaguicidas, biocidas y antisépticos de uso tópico

De acuerdo con el Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) de la Universidad Nacional (disponible en: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/>), se identifican tres tipos de agroquímicos con mercurio añadido, los cuales son: Cloruro de Mercurio, Acetato de Fenilmercurio y MEMC. Sin embargo, según el Ing. Esaú Miranda de la Unidad de Registro de Agroquímicos y Equipos

de Aplicación del Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), “los fertilizantes y otros agroquímicos con mercurio añadido se encuentran prohibidos en el país desde 1998 mediante el Decreto Ejecutivo N°27769 del MAG y MINSA de mayo de 1998. Por tanto, la presencia de algún agroquímico con mercurio añadido sería un caso en particular, ya que otros países de la región también han adoptado la medida de prohibir agroquímicos con contenido de mercurio, lo que ha impactado en la producción e importación de este tipo de compuestos y su utilización en la región”, (Esaú Miranda, Comunicación personal, 14 abril, 2016).

3.5.1 Efecto de los agroquímicos con mercurio añadido sobre la salud

Según entrevista realizada a María Luisa Fournier Leiva del Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET), “se han realizado escasas investigaciones sobre el efecto del uso de plaguicidas con mercurio añadido y es un tema que no ha sido investigado por el IRET. Además, señaló que actualmente el IRET desarrolla un proyecto en conjunto con especialistas canadienses para determinar los contenidos de mercurio en las aguas de los ríos de Abangares. Se han tomado muestras de suelos, de los ríos e incluso de peces de la zona, sin embargo, aún se encuentran en la fase de muestreo y dichas muestras deberán ser posteriormente analizadas en laboratorio en Canadá, sin embargo, aún no se cuentan con los resultados de los estudios”, (María Luisa Fournier Leiva, Comunicación personal, 14 de abril, 2016).

3.5.2 Comercialización de agroquímicos con mercurio añadido

Los agroquímicos con mercurio añadido no se comercializan en Costa Rica desde 1998, según indica el representante del Registro de Plaguicidas del Servicio Fitosanitario del Estado, se establece en el Decreto Ejecutivo N°27769 S-MAG y se desconoce del trasiego informal de dichos productos en el mercado costarricense”, (Esaú Miranda, Comunicación personal, 14 abril, 2016).

3.5.3 Sustitutos de agroquímicos con mercurio añadido

Existen en el mercado una variedad de agroquímicos sin mercurio que son sustitutos de los que contienen mercurio; por ejemplo, el Costar es un insecticida biológico que se vende en presentación de gránulos dispersables formulado por CERTIS USA y se utiliza en una gran variedad de cultivos, así como el Clincher que es un herbicida que se aplica en el cultivo de arroz en cualquier estado de crecimiento, para el control de gramíneas, compatible con herbicidas preemergentes y es de rápida absorción.

En el cuadro 11 se presenta una lista de algunas de las empresas identificadas que comercializan agroquímicos importados o producidos en el país, entre las que están Abonos Superior, CAFESA, FORMUQUISA y LAQUINSA entre otros.

Cuadro 11. Comercializadores de agroquímicos en Costa Rica

Empresa	Ubicación	Producto	Contacto
Abonos Superior	Cartago	Agroquímicos y fertilizantes	2573-7041
Compañía Costarricense del Café (CAFESA)	La Uruca	Fertilizantes nitrogenados	2232-2255
TRISAN S.A.	La Uruca	Fitoprotectantes y bioestimulantes	2290-0050
FORMUQUISA	Rohrmoser	Agroquímicos y productos veterinarios	2231-1625 / 2638-8283

Empresa	Ubicación	Producto	Contacto
Sur (agro)	La Uruca	Abonos, pollos, vacas, imprégnate, agroquímicos, construcción, malla pecuaria, enmiendas en general y alimentos animales	2211-3700
Cerexagri Costa Rica, S.A.	Santa Ana		2203-6259
El Colono Agropecuario	Pococí		2799-6000
LAQUINSA	Tibás	Coadyuvantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas.	2247-1000
Servicio Agrícola Cartaginés, S.A.	Cartago	Coadyuvantes, fungicidas, herbicidas, insecticidas, reguladores de crecimiento, fertilizantes foliares.	2279-6994

Fuente: Elaboración propia con base en información suministrada por las empresas.

Dado que la importación de los agroquímicos con mercurio fue prohibida en Costa Rica desde 1998 y se utiliza una amplia gama de productos sustitutos, no se requiere la estimación de los costos de sustitución asociados a este tipo de productos.

3.6 Aparatos de medición no electrónicos (médicos)

En Costa Rica, los hospitales de la CCSS aún utilizan un importante número de aparatos médicos que contienen mercurio, dentro de los más significativos están:

- a. barómetros
- b. higrómetros
- c. manómetros
- d. termómetros
- e. esfigmomanómetros

En la figura 7 se resume la cadena de valor de aparatos médicos con mercurio añadido, la cual se desarrolla en las siguientes secciones.



Figura 7: Cadena de valor de aparatos médicos con mercurio.

Fuente: elaboración propia.

3.6.1 Proveedores de aparatos de medición no electrónicos

La cadena de valor de aparatos médicos de medición no electrónicos inicia con la importación de estos, ya que en el país no se producen (MINAET, 2012). En el caso de los barómetros, higrómetros y manómetros se ha reducido la importación ya que la CCSS tomó la decisión de no adquirir más este tipo de equipo. En el 2015, según datos del Ministerio de Hacienda, se importaron barómetros con un valor aduanero de \$2.737, de países como Estados Unidos, China y Taiwan. En este mismo año se importaron higrómetros con un valor aduanero de \$874,2, manómetros con un valor de \$485.044,01 y termómetros con un valor de \$182.298,2, principalmente de Estados Unidos y, finalmente, los esfigmomanómetros con un costo de \$370.670,26 traídos de Estados Unidos y China.

Estos instrumentos médicos son importados principalmente por empresas dedicadas a la distribución y venta de equipo médico. El principal usuario de este tipo de equipo es la CCSS; sin embargo, el sector de salud privada sigue siendo un consumidor importante, así como el público en general, tanto así que en el 2008 se estima que la cantidad de termómetros médicos de Hg vendidos fue de 468.369, lo que representa 468 kg de Hg, mientras que se vendieron 11.052 manómetros para medir presión arterial (MINAET, 2012). El Ministerio de Hacienda registra siete empresas que importaron barómetros, cinco que importaron higrómetros, 253 que importaron manómetros, más de 220 empresas importadoras de termómetros y 21 de esfigmomanómetros durante el año 2014.

3.6.2 Usuario final de aparatos de medición no electrónicos

Según representante del Departamento de Gestión Ambiental de la CCSS, “esta entidad como principal usuario de los termómetros con mercurio tiene en existencias 4.096.700, los cuales se utilizarán hasta agotar existencias”, (Roxana Sibaja, comunicación personal, 8 de marzo, 2016). Sin embargo, cada vez más hospitales compran directamente los termómetros infrarrojos o digitales y sustituyen los termómetros con mercurio, debido a que desde el 2007 se impulsó el programa de hospitales libres de mercurio.

La primera etapa consistió en un plan piloto, ejecutado entre 2007 y 2009, en la cual participaron los Hospital Nacional de Niños Dr. Carlos Sáenz Herrera (HNN) y el Hospital General Dr. Carlos Luis Valverde Vega (HCLVV). Posteriormente, otros hospitales asumieron el compromiso de ir reduciendo y eliminando el uso de aparatos médicos con Hg, entre ellos están el Hospital México, Hospital Dr. Escalante Pradilla y Hospital San Rafael de Alajuela. Otros centros médicos lo hacen de forma voluntaria (MINAET, 2012).

3.6.3 Disposición final de aparatos de medición no electrónicos

Con respecto a la manipulación y disposición de aparatos médicos que utilizan mercurio, la CCSS ha desarrollado un manual técnico para la utilización responsable de sustancias químicas peligrosas en ambientes hospitalarios, la “Norma Institucional sobre el Almacenamiento, Manejo y Disposición del Mercurio en Establecimientos de Salud de la Caja Costarricense del Seguro Social” y el “Manual de desechos sólidos hospitalarios para personal médico y de enfermería”. El primero indica la segregación recomendada para residuos de metales pesados, en tanto que el segundo y el tercero indican formas adecuadas de contener un derrame de mercurio.

A pesar de la existencia de esos instrumentos, las opciones de disposición final para este tipo de instrumentos no están claramente definidas en Costa Rica y no se tiene una política nacional que indique un almacenamiento adecuado a largo plazo o las opciones de reciclaje. Las alternativas disponibles incluyen la reacción de mercurio con azufre, para transformarlo de su forma metálica a una inorgánica, y disponerlo en rellenos sanitarios (Salton y Fernández, 2009).

3.6.4 Sustitutos de aparatos de medición no electrónicos

En relación con los productos sustitutos, según la OMS (2005) existen estudios que indican que los costos de producción de equipo alternativo sin mercurio son muy similares a los de equipos convencionales. Los resultados de la investigación parecen indicar que hay muchas opciones sin mercurio que pueden abarcar la amplia gama de funciones que requieren los productos de consumo. En el ámbito salud, cabe mencionar los dispositivos para la determinación de la presión sanguínea, los dispositivos gastrointestinales, los termómetros y los barómetros, y en otros estudios se incluye la utilización de fijadores de mercurio en los laboratorios. Entre las posibilidades de sustitutos se encuentran:

Cuadro 12. Sustitutos de productos médicos con contenido de mercurio

Componente o producto con mercurio	Componente o producto alternativo sin mercurio
Barómetro	Aneroide, tubos en forma de U con un líquido, digital, eco-Celli silicio líquido-gas
Higrómetros	Higrómetros sin mercurio
Manómetros	Tubos en forma de U con un líquido de color, digital
Termómetros	Alternativas digitales
Esfigmomanómetros	Aneroides o alternativas digitales

Fuente: Elaboración propia.

Los costos indirectos de mitigar los efectos de derrames de mercurio en instalaciones no son cuantificados ni tomados en cuenta cuando se toman las decisiones de compras. Un ejemplo de estos costos ocultos se muestra en el siguiente cuadro, cuando se comparan los costos de sustituir termómetros mercuriales por digitales.

Cuadro 13. Comparación de costos entre termómetros digitales y mercuriales

Costos	Termómetros de mercurio	Termómetros digitales
Directo: compra unitaria 40 termómetros	\$1 \$40	\$6 \$240
Número de fallos primer mes (roturas, pérdidas, fallas funcionamiento)	37 unidades	10 unidades
Costos de reposición	\$37	\$60
Costos de limpieza derrames por cada termómetro → Materiales → Personal	\$0,5 (\$18,5 total) \$10 (\$370 total)	- -
Costos mantenimiento • Baterías	-	\$0,3 (\$12 total)
Disposición final	\$1,20 (\$44,4 total)	01
Costo Total en un mes	\$510	\$303

Fuente: Salto y Fernández, 2009.

Los precios de algunos aparatos médicos son:

Cuadro 14. Precios de equipo médico

Producto	Precio del Equipo con mercurio	Precio del Equipo sin mercurio
Termómetro 150°	₡5.030	₡4.725
Termómetro digital		₡39.790 – ₡74.200
Termómetro infrarrojo (-50 – 380°)		₡31.585
Higrómetro	₡7.800 - ₡20.000	₡29.835
Esfigmomanómetro	₡23.840	₡20.768
Manómetro	No se venden manómetros con mercurio	₡7.800
Barómetro	ND	ND

Fuente: Elaboración propia con información de Diprolab, Farmacias Fischel, Alfa Medicas y SETEC.

Además de los termómetros de 150° sin contenido de mercurio que se venden libremente en farmacias en todo el país a un precio que ronda los ₡4.725 (\$8,8), se comercializan los termómetros digitales e infrarrojos que son principalmente utilizados en clínicas y hospitales. Los digitales se cotizan en el mercado de ₡39.790 (\$73,7) – ₡74.200 (\$137) y los infrarrojos a ₡31.585 (\$58,5).

3.7 Amalgamas dentales

La amalgama dental es un material utilizado para la restauración de piezas dentales en seres humanos. Está compuesto por una mezcla de metales tales como mercurio, plata, cobre y estaño. Estos metales se unen químicamente para formar una sustancia sólida y estable. El mercurio es el elemento encargado de unir a todos los demás y representa aproximadamente el 50% de la aleación (Milgram, 2011).

Las amalgamas dentales son el método de restauración de piezas dentales más utilizado a nivel mundial desde principios del siglo XIX. Antes de colocarla, la amalgama tiene la consistencia de una pasta y se introduce presionando fuertemente en la cavidad previamente preparada, para conseguir un empaste lo más resistente posible. Durante este proceso, el material sobrante sube a la superficie y es retirado por el dentista. La amalgama se solidifica rápidamente y se va endureciendo poco a poco en las horas siguientes, dando lugar a un empaste sólido que puede durar muchos años (Comisión Europea, 2008).

Según el informe “Seguridad de las amalgamas dentales y los materiales alternativos de obturación dental para pacientes y usuarios” del Comité Científico de los Riesgos Sanitarios Emergentes y Recientemente Identificados de la Comisión Europea, las cantidades de mercurio que liberan las amalgamas dentales son inferiores a los límites de exposición permitidos en el trabajo, por lo que no es usual que se registren casos de enfermedades provocadas por inhalar concentraciones muy altas de mercurio, tales como bronquitis, neumonía o afecciones al sistema nervioso central y riñones. Se sabe que los empastes de amalgama pueden causar ocasionalmente efectos locales en la boca, como reacciones alérgicas en las encías y en la piel del interior de la boca, pero esto ocurre solo en contadas ocasiones y normalmente es fácil de tratar (Comisión Europea, 2008). En todo caso, es recomendable que el personal médico que labora con materiales como las amalgamas se realicen exámenes de sangre anuales para determinar los niveles de mercurio, así como las medidas de protección usuales, tales como el uso de guantes, mascarilla y evitar que toque la piel del paciente, (Dr. Aldo Girse Broceta, comunicación personal, 19 de febrero de 2016).

En la figura 8 se presenta el resumen de la cadena de valor de las amalgamas dentales, cuyos componentes se detallan seguidamente.

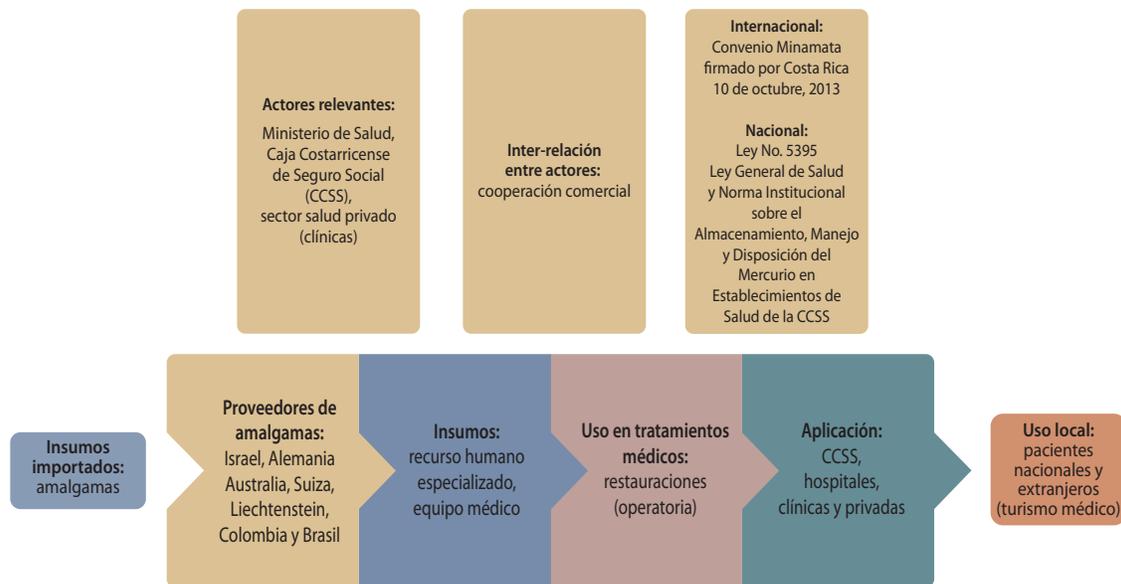


Figura 8. Cadena de valor amalgamas dentales

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.7.1 Proveedores de amalgamas

Con respecto a la cadena de valor de las aleaciones de amalgamas en diversos tipos comerciales, según el Ministerio de Hacienda, para el 2014, correspondieron a importaciones definitivas y proceden en su totalidad de países como Israel, Alemania, Australia, Suiza, Liechtenstein, Colombia y Brasil. Estas representaron 1.346 unidades (c/u). El principal país de donde se importan las amalgamas es Israel con 1.000 de las 1.346 que se importan y un peso neto de 1200Kg, el detalle puede verse en el anexo 5.

3.7.2 Comercialización de amalgamas

Las amalgamas son importadas al país por diversas casas comerciales y depósitos dentales que posteriormente las comercializan a hospitales y clínicas privadas a lo largo del territorio nacional. Entre los principales proveedores se encuentran las empresas 3M de Costa Rica, Depósito Dental Izquierdo y Prestige Dental.

3.7.3 Usuario final de amalgamas

Las clínicas utilizan las amalgamas para tratamientos aplicados únicamente en sus instalaciones, por tanto, estas son comercializadas principalmente a profesionales en el área, entre los que existen 5.138 registros ante el Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica.

3.7.4 Disposición final de amalgamas

Con respecto a la disposición final de residuos, el Decreto Ejecutivo No 37788 - A: Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos, establece como métodos permitidos, la exportación de los residuos peligrosos bajo los lineamientos del Convenio Basilea sobre Control Fronterizo de Desechos Peligrosos y su Eliminación, para lo que los residuos deben ser adecuadamente acondicionados; así como la disposición en rellenos sanitarios de seguridad o en celdas de seguridad dentro de rellenos sanitarios. Sin embargo, no se hace referencia directa a la disposición de residuos de amalgamas ni al procedimiento que se debería seguir.

Por su parte las "Normas de Costa Rica para la acreditación de establecimientos odontológicos" solo indica que los establecimientos que se dedican a la atención odontológica deben contar con un protocolo que explique el manejo y destino final de sus desechos, pero no da especificaciones concretas en relación de los desechos de mercurio.

Según Roxana Sibaja de la CCSS "se generan pocos residuos y el inventario no se ha incrementado. Tanto los residuos como el material nuevo son almacenados en cada centro de salud. Los mismos se desechan en un recipiente, la CCSS cuenta con los protocolos establecidos para dicho proceso", (Roxana Sibaja, Comunicación personal, 8 de marzo de 2016).

3.7.5 Sustitutos de amalgamas

Como alternativa de sustitutos para amalgamas es cada vez más común que se utilicen empastes con materiales alternativos del color de los dientes, tales como los composites, los cementos y los selladores, que varían en composición y propiedades. Los composites, por ejemplo, contienen muchos componentes, entre ellos una matriz de resina y un relleno de partículas de cerámica. Los composites se aplican a la cavidad en forma de pasta y se endurecen normalmente utilizando luz azul visible (Comisión Europea, 2008).

Una breve comparación entre las amalgamas y las resinas refleja que dentro de la ventajas que tienen las primeras se destaca que tienen mayor duración y resistencia para la masticación, por lo que es muy útil para reparaciones en molares. Las amalgamas son más baratas que las resinas, debido a que su composición está basada en metales más comunes y accesibles que los compuestos de las resinas. Además, las resinas vienen listas para ser utilizadas por el odontólogo mientras que las amalgamas deben ser preparadas. Las amalgamas pueden presentar mayor nivel de microfiltraciones, ya que en ocasiones no se adhiere bien a la pieza dental y pueden producir choques galvánicos. Por su parte, las resinas son más biocompatibles (se adaptan y asimilan mejor a los dientes por no ser un metal), son más fáciles de moldear y manipular a la forma requerida. Se pueden utilizar en cualquier pieza dental y son más estéticas. Sin embargo, requiere más cuidados ya que se puede fracturar o se pueden teñir con colorantes presentes en los alimentos y se deben cambiar cada siete años, aproximadamente, (Comunicación personal, Dr. Aldo Girse Broceta 19 de febrero de 2016; Dr. Oscar Chaverri, 25 de enero de 2016).

En el caso de la CCSS “se sigue utilizando las amalgamas como el principal producto de reconstrucción dental por ser un material más barato que los sustitutos, pero que cumplen con la función requerida”, (Comunicación personal Roxana Sibaja, 8 de marzo de 2016). “En el sector privado cada vez es más común la utilización de resinas por encima de las amalgamas”, (Dr. Olman Montero, comunicación personal, 28 de marzo de 2016).

Los precios de venta de las amalgamas en los depósitos dentales varía entre los ₡515 hasta ₡957 colones, dependiendo de la marca y el porcentaje de contenido de plata. Por su parte, las resinas se venden en precios que van desde los 10.500 colones hasta los 35.000 colones dependiendo de las marcas y el alcance del producto (cantidad de tonos posibles).

Cuadro 15. Rango de precios de amalgamas y resinas en depósitos dentales

Producto	Rango de precios
Amalgamas	\$515 - \$957
Resinas	\$10.500 - \$35.000

Fuente: Consulta a depósitos dentales: 3M de Costa Rica, Depósito Dental Izquierdo y Prestige Dental, 2016.

El costo de las resinas es de 20 a 36 veces mayor que el precio de las amalgamas, lo que implica un costo incremental de ₡9.985 (\$19) a ₡34.043 (\$64) dependiendo de la calidad de los productos. El costo se constituye en la principal limitante para el reemplazo de las amalgamas por resinas en la CCSS, quien no planea realizar dicho reemplazo en un corto plazo, no obstante, esta transición ya se ha realizado en el sector privado, según se concluyó de las entrevistas realizadas en el desarrollo del estudio.



4. CONCLUSIONES

- Los indicadores financieros del análisis Costo Beneficio Privado (CB) indican que la actividad de minería artesanal es poco rentable. Aunque el Valor Actual Neto (VAN) privado acumulado muestra un valor aceptable (\$41,7 millones), los indicadores TIR y la relación B/C arrojan valores inferiores a los recomendados para que la actividad sea rentable.
- Los resultados del análisis Costo Beneficio Social, el cual incluye la valoración económica del efecto del uso del mercurio sobre la salud producto de la minería artesanal, indicó que la actividad desde el punto de vista social continua siendo poco rentable, mostrando indicadores similares al Costo Beneficio Privado (VAN: \$32.287.680; TIR:4,5%; B/C:0,39), por tanto los beneficios recibidos no compensan los impactos sobre la salud.
- A partir del resultado del análisis Costo Beneficio Privado y Social, se puede determinar que la actividad minera artesanal es poco viable y se requiere por tanto la introducción de mejores prácticas que permitan incrementar los niveles rentabilidad para los mineros y una reducción en el efecto que la misma tiene sobre la salud de los productores, reduciendo el impacto negativo de la actividad.
- Las dos opciones que podrían sustituir al mercurio en la extracción de oro, son el uso de la gravimetría y el cianuro. En el caso de la gravimetría es una tecnología que ha sido utilizada ampliamente a nivel mundial en la minería artesanal y cuya inversión inicial en equipo, considerando el modelo recomendado por la DGM es de \$9.450, con un nivel de recuperación promedio del 50%, el cual es mayor a la recuperación con mercurio que oscila el 40%. Por otra parte, el uso del cianuro, aunque podría tener porcentajes de recuperación del 90% o incluso mayores, se requiere una alta inversión en una planta tecnificada que permita el procedimiento de manera segura y eficiente. Los costos de extracción de oro con cianuro se estiman de \$650 a \$750 por cada onza de oro.
- El costo de la sustitución de las baterías con contenido de mercurio que fueron importadas en el 2015 por baterías sin mercurio añadido, fue de \$278.391, lo que implicó un aumento de \$217.574. El costo de importación de las baterías sin mercurio fue de \$1,7/kg que equivale a 4,5 veces el costo de importación de las baterías con mercurio, el cual es de \$0,4/kg, con un costo incremental de \$1,3 por kg.
- Costa Rica importa componentes como interruptores y relés, pero no existen datos desagregados por parte del Ministerio de Hacienda que permitan cuantificar exactamente la cantidad y tipo de componente (con o sin mercurio). Según se visualiza en las entrevistas realizadas, las empresas distribuidoras han ejecutado acciones para eliminar el uso de interruptores y relés con mercurio añadido y utilizar componentes sustitutos. Pese a ello, empresas que se encargan del reciclaje de este tipo de componentes indican que los mismos aún continúan siendo reciclados, por tanto, los mismos continúan siendo importados y comercializados en el país como parte de equipos que utilizan este tipo de piezas.
- En relación a luminarias que utilizan mercurio (fluorescentes) se debe indicar que es la tecnología más extendida, ya que el país ha migrado de las lámparas incandescentes a estas que resultan ser energéticamente más eficientes. A pesar de ello, en la actualidad es científicamente imposible fabricar lámparas fluorescentes compactas sin mercurio lo que representa un reto para el

cumplimiento de los objetivos de erradicar o minimizar la utilización de mercurio. Es importante destacar que las nuevas tecnologías pueden reducir el contenido de mercurio a cantidades mínimas y técnicamente aceptables.

- Las tecnologías lumínicas energéticamente eficientes y que no utilicen mercurio, como es caso de la técnica LED, son el sustituto de las luminarias que utilizan mercurio (CFL y fluorescentes). El costo de reemplazar las luminarias CFL y fluorescentes con LED es de \$128,3 millones, que implica un incremento de \$94,1 millones. Con respecto al ahorro de energía las luminarias LED son las más eficientes, ya que consumen aproximadamente 80% menos que las incandescentes y 70% menos que las CFL.
- El Ministerio de Salud indica que en la actualidad es prohibido importar productos cosméticos con mercurio agregado, desde la aplicación del “Reglamento técnico centroamericano sobre productos cosméticos” del 2008, lo que hace suponer que al país no ingresan este tipo de productos, al menos de forma legal.
- Los plaguicidas, biocidas y antisépticos de uso tópico se encuentran prohibidos en el país desde el 1998 mediante el Decreto Ejecutivo N°27769 del MAG y MS de 1998, por tanto, dichos productos ya no están siendo comercializados en el país y en su lugar se comercializa una amplia gama de productos.
- La CCSS carece de inventarios para todo el sistema que señalen la cantidad de instrumentos médicos con mercurio en funcionamiento, sólo en el caso de los termómetros se estima un inventario de 4 mil. Según las cotizaciones realizadas para comparar precios de equipo médico con mercurio y sin mercurio, estos son muy similares. En el caso del termómetros de 150° resulta ser más costoso el que contiene mercurio en ¢305 (\$0,6). Los termómetros infrarrojos y digitales para uso en hospitales son mucho más costosos que los de 150° de venta en farmacias. Los esfigmomanómetros con mercurio tienen un costo de ¢23.840, similar al de estos equipos sin mercurio (¢20.768), en tanto que los higrómetros sin mercurio son ¢9.935 (\$18,7) más baratos que los equipos de este tipo con mercurio.
- El costo de las resinas es de 20 a 36 veces mayor que el precio de las amalgamas, lo que implica un costo incremental de ¢9.985 (\$19) a ¢34.043 (\$64) dependiendo de la calidad de los productos. El costo se constituye en la principal limitante para el reemplazo de las amalgamas por resinas en la CCSS, quien no planea realizar dicho reemplazo en un corto o mediano plazo; no obstante, esta transición ya ha tenido lugar en el sector privado, según se concluyó de las entrevistas realizadas en el desarrollo del estudio.



5. RECOMENDACIONES

- Además del apoyo que el MINAE está brindando a los oreros de Abangares en la sustitución del uso del mercurio para la extracción de oro por gravimetría, se requiere el establecimiento de alianzas y la coordinación de iniciativas entre los entes competentes, universidades y ONGs que permitan el desarrollo de la cadena de valor de la orfebrería, así como la identificación y desarrollo de otras alternativas productivas con un mayor nivel de rentabilidad que incrementen los ingresos de las familias y la dependencia de la minería. Ello implica la educación formal e informal de las personas.
- El establecimiento de acciones de coordinación entre MINAE y PROCOMER con el fin de analizar las estadísticas de exportación de oro y el origen de estas, dado que la actividad minera en Costa Rica es principalmente artesanal y las cantidades exportadas se han incrementado.
- No fue posible comprobar el impacto sobre el ambiente producto del uso del mercurio a través de los estudios realizados por la UCR y el MINAE; por ende, se recomienda la preparación e implementación de un plan de monitoreo de las colas, del agua y sedimentos en los ríos de influencia que permita determinar la prevalencia del Mercurio en el tiempo y las acciones de mitigación correspondientes.
- En relación al efecto del mercurio sobre la salud, aunque la DGM logró identificar la presencia de mercurio en sangre y la literatura científica señala las enfermedades que podrían estar asociadas a la exposición del mercurio, para poder determinar la relación de causalidad entre posibles enfermedades que se estén presentando en los mineros de Abangares y el mercurio, se requiere desarrollar un estudio epidemiológico, para lo cual se recomienda el establecimiento de un convenio con MS y la CCSS para el desarrollo de dicho estudio y poder determinar medidas que permitan reducir el efecto sobre la salud de los habitantes de Abangares.
- Se carece de información certera de la cantidad de equipos médicos con mercurio que aún se encuentran en uso o en inventario, con la excepción de los termómetros, por lo que se recomienda coordinar con la CCSS la preparación de un inventario en todos los hospitales de la CCSS, que permita determinar las existencias y los tiempos para el reemplazo de los diferentes equipos que aún se utilizan o están en inventarios.
- Se carece de información detallada sobre la importación de fluorescentes, baterías, relés y cosméticos con mercurio añadido, dado que la información de importación es general y no permite determinar el tipo de artículos, por tanto, se recomienda el establecimiento de un convenio con el Ministerio de Hacienda y el Ministerio de Salud cuando corresponda, que permita verificar la descripción del tipo de artículos que se importan y los requerimientos para su importación, para que el MINAE y el MSP puedan definir las medidas de política y acciones para el cumplimiento de la normativa nacional e internacional.



6. REFERENCIAS

- ADA. (2007). American Dental Association. Recuperado el 28 febrero de 2016 de http://www.ada.org/sections/publicResources/pdfs/topics_amalgamwaste.pdf
- Aviram, S. (2007). Uso de baterías en Costa Rica. Facultad de Ingeniería eléctrica de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.
- BCCC. (s.f.). Acerca de las lámparas fluorescentes. Recuperado de <http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/es/mercurio/proyecto/preguntas-frecuentes/al/>
- BCCC. (s.f.). *Alternativas de los productos con mercurio.*
- CNPML. (2014). *Estrategia Regional de Iluminación Eficiente en Centroamérica.* Proyecto Integración y Desarrollo Centroamérica. San Salvador.
- Comisión Europea. (2008). Materiales de obturación dental: Amalgamas y materiales alternativos. Recuperado de <http://ec.europa.eu/health/opinions/es/amalgamas-dentales/>
- Comisión Europea. (2011). El mercurio en las bombillas de bajo consumo. Recuperado de http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/opinions_layman/mercury-in-cfl/es/mercurio-lamparas-bajo-consumo/index.htm
- Cordy, Paul (2015). La Minería artesanal en Abangares, Costa Rica: Peores prácticas, producción, contaminación y soluciones.
- Erdal, S. (2012). Las amalgamas dentales con mercurio y las alternativas basadas en resinas: Una evaluación comparativa de los riesgos para la salud. Salud sin Daño, Buenos Aires, Argetina.
- Fernández, A. (s.f). Proyecto "Asesoría Técnica para la Ejecución de un Inventario y la Elaboración de un Plan para el Manejo Ambientalmente Seguro de Residuos con Mercurio en los Servicios de Salud de Costa Rica".
- Gómez Mario. (2013a). Memorandum DGM-RCH-48-2013: Informe resultados y recomendaciones uso y valoraciones de concentradores de oro Nicaragua.
- Gómez Mario (2013b). Memorandum DGM-RCH-54-2013: Adendum al Informe resultados y recomendaciones uso y valoraciones de concentradores de oro Nicaragua.
- Greenpeace. (2008). Iluminación Eficiente: primer paso hacia una [r]evolución energética.
- Greenpeace. (2009). El mercurio y los focos ahorradores. Recuperado de <http://www.greenpeace.org/mexico/Global/mexico/report/2009/3/mercurio.pdf>
- Herranz, C., Ollé, J., y Jáuregui, F. (2011). La iluminación con led y el problema de la contaminación lumínica. *Astronomía. II Época.* N° 144. <http://www.somosbarrick.com/pueblo-viejo/2012/04/el-cianuro-en-la-mineria/>
- Imprenta Nacional. (2015). Diario oficial La Gaceta No. 82. San José, CR.
- Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. (2016). Manual de Plaguicidas de Centroamérica. Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica. Recuperado en 2016 de: <http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu>
- IPEN. (2007). Introducción a la Contaminación por Mercurio para las ONG.
- Kim et al (2016). In journal of Hazardous materials. Pag. 376-385.

- La Gaceta. (2013). Reglamento General para la Clasificación y el Manejo de Residuos Sólidos: Jueves 18 de Julio de 2013. La Gaceta. San José, Costa Rica.
- Lennett, D. y Gutierrez, R. (2015). Convenio de Minamata sobre el mercurio Manual de rati cación y aplicación. Natural Resources Defense Council, BAN Toxics!.
- Madrigal, J. (2013). Separación y reciclaje de baterías en el relleno industrial de Blumenau, Brasil. Comparación con la situación de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.
- Milgram, M. (2011). Manejo adecuado de los residuos de la amalgama. Seminario de Graduación. Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología (ULACIT).
- MINAE. (2015). VII Plan Nacional de Energía 2015-2030. San José, C.R.: PNUD, 2015.
- MINAET. (2012). Inventario de emisiones de mercurio y equipo médico en hospitales en Costa Rica.
- MINAET/CCSS. (2009). Reducción del uso del Mercurio en el Hospital Nacional de Niños "Dr. Carlos Sáenz Herrera" y en el Hospital Dr. Carlos Luis Valverde Vega, Costa Rica.
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Alimentación y Medio Ambiente. (2015). El Gobierno modifica el Decreto Real sobre pilas y acumuladores para restringir la utilización de sustancias peligrosas y contaminantes. MAGRAMA. Madrid, España.
- Ministerio de Salud. (2007). Normas de Costa Rica para la Acreditación de Establecimientos Odontológicos.
- OMS (2007). El Mercurio en el Sector de la Salud. Documento de política general.
- OMS (2013). El mercurio y la salud. Nota descriptiva No.361. <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs361/es/>
- Park Jung-Duck & wel Zheng (2012). 'Human exposure and health effects of inorganic and elemental mercury' en Journal of preventive medicine & public health. Pag. 344-352.
- PNUMA. (2007). Los convenios sobre productos químicos y desechos peligrosos.
- Revista Summa. (2013). Panasonic recicla 500kg de pilas electrónicas al mes en Costa Rica. Recuperado en 2016 de: <http://www.revistasumma.com/39287/>
- Ruiz Sirzabel (2012). Diagnóstico de la Minería Artesanal aurífera en el cantón de Abangares, Costa Rica. Dirección de Geología y Minas. MINAE.
- Salas, J., y Benavides, W. (2008). Protocolización, rediseño y evaluación del proceso de inertización del mercurio de luminarias. Proyecto para optar por el grado de maestría en sistemas modernos de manufactura. ITCR.
- Sandoval-Herrera, Vargas-Soto, Espinoza, Clarke, Fisk and Wehrtmann (2015). Mercury levels in muscle tissue of four common elasmobranch species from the Pacific coast of Costa Rica, Central America. In Regional Studies in Marine Science. Elsevier.
- Servicio Geológico Checo. (2010). Estudio Geológico Miramar, Chapernal, Las Juntas. CGS-DGM. Praga, República Checa, San José, Costa Rica.
- Servicios Ecológicos M.B.B. S.A. Reciclaje de Fluorescentes. Recuperado de <http://www.reciclajecr.com/reciclaje-fluorescentes-costarica.html>
- Servicios Ecológicos. (2016). Reciclaje de pilas. Recuperado en 2016 de: <http://www.reciclajecr.com/reciclaje-pilas-baterias-costarica.html>
- Soto, S. (2005). Situación del Manejo de los Desechos Sólidos en Costa Rica. Undécimo Informe sobre el Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible. San José, Costa Rica.
- UNEP. 2006. Guide for Reducing Major Uses and Releases of Mercury. Disponible en: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/Documents/Hg_Sector%20Guide%20July%202006.pdf
- UNEP. 2008. El mercurio en productos y desechos. Disponible en: http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Mercury/AwarenessPack/Spanish/UNEP_Mod1_Spanish_Web.pdf

Lista de personas entrevistadas

Dr. Sergio Castro Mora, estomatólogo Universidad Latina de Costa Rica. Entrevistado el 20 de febrero de 2016.

Dr. Aldo Girse Broceta Argilagos, estomatólogo Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Entrevistado el 19 de febrero de 2016.

Dra. Ligia Casto, odontóloga. Entrevistada el 25 de enero, 2016.

Dr. Oscar Chaverri, odontólogo. Entrevistado el 25 de enero, 2016.

Dr. Ricardo Díaz Cajina. MINSA-Abangares. 4 de marzo, 2016.

Dr. Eddy Apuy Muñoz, EBAIS-Abangares CCSS, 4 de marzo 2016.

Diego Matarrita, gerente financiero COONAPROSAL R.L., 4 de marzo, 2016.

Dr. Olman Montero, director académico, Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica Entrevistado el 28 de marzo, 2016.

Dra. Raquel Ulloa, fiscal auxiliar, Colegio de Cirujanos Dentistas de Costa Rica. Entrevistado el 28 de marzo, 2016.

Dra. Melissa Masís, médica neumóloga e internista del Hospital Calderón Guardia y Hospital Hotel Clínica Católica. Entrevistada el 14 de abril de 2016.

Dr. José Antonio Castro, médico epidemiólogo del Área de Farmacoeconomía de la Caja Costarricense del Seguro Social. Entrevistado el 15 de abril de 2016.

Empresa Valu Shred. Reciclaje de productos electrónicos y destrucción de multimedia/software. Entrevista realizada el 18 de abril de 2016.

Marlene Salazar, Ignacio Sánchez, Ileana Boschini, Dirección de Geología y Minas (DGM-MINAE). 8 de marzo, 2016.

Ana Barrantes, artesana local. 4 de marzo, 2016.

José Francisco Bogantes, Municipalidad de Abangares, 4 de marzo, 2016.

Roxana Sibaja, Área de Gestión Ambiental, CCSS. 8 de marzo, 2016.

Alejandra Fernández, Salud sin Daño. 9 de marzo, 2016.

Nestor Chamorro, ingeniero en minería. Consultor. 14 de marzo, 2016.

Jorge Obando, ingeniero en geología con especialidad en minería y petróleo, 20 abril, 2016

Ileana Herrera, Ministerio de Salud, 5 de marzo, 2016.

Adrián Brenes, Ministerio de Salud, 5 de marzo, 2016.