



Industria Manufacturera del Cobre (Nanocobre y Otros).

DEPP 34/2022

Resumen Ejecutivo

En 2021 el consumo de cobre por parte de la industria manufacturera nacional totalizó del orden de 62,5 kt (MUS\$ 585). Cerca del 86% del este consumo se utilizó en la fabricación de alambres y conductores eléctricos, los cuales se destinan principalmente al sector construcción y electricidad. A nivel internacional la manufactura del cobre nacional representa cerca del 0,2% del consumo mundial del metal rojo, por lo que no juega un rol relevante, sino que solo tiene una afectación local. Una importante razón para esto se debe a la alta competitividad del mercado manufacturero global, donde es difícil diferenciarse y consecuentemente, los márgenes son acotados.

En cuanto al tamaño del mercado local de nanopartículas de cobre¹, un estudio realizado por IMARC señala que en 2021 el tamaño del mercado de nanopartículas de cobre generó ventas por MUS\$ 123, y que registraría un crecimiento CAGR de 23,7% al año 2027, llegando a un totalizar ventas por MUS\$ 487. No obstante que el mercado nacional de nanopartículas de cobre es pequeño en relación al mercado mundial, se expande rápidamente y sería interesante estudiar la posibilidad de dar un mayor impulso al desarrollo de esta industria, generando nuevos productos, considerando el alto valor agregado que aporta.

Las nanopartículas de cobre son variadas según su tamaño (1-100 nm), morfología (cúbica, esférica, elíptica) y composición química (Cu y CuO_x). Adicionalmente, existen diversos métodos para la producción de las nanopartículas, los cuales es posible clasificar en tres grupos: químico, físico y biológico. El químico usualmente usa un agente reductor que ayuda a la separación de las partículas y a la obtención de la nanopartícula, el físico utiliza electricidad, láser u ondas con el objetivo de separar la estructura formando así las nanopartículas y, finalmente el proceso biológico utiliza microorganismos o plantas, cuyas enzimas permiten la reducción del metal hasta producir las nanopartículas.

Entre los principales usos y aplicaciones de este tipo de producto destacan la industria electrónica, siendo actualmente el principal *driver* de mercado debido a sus propiedades conductoras y de fácil maniobrabilidad. Adicionalmente, por sus propiedades antimicrobianas es posible utilizarlas en el área de la salud. Sin embargo, aún es necesario seguir investigando los posibles efectos toxicológicos, debido a que no se sabe si por su tamaño, puedan producir efectos adversos y, finalmente destaca el uso como aditivo en aceites lubricantes para maquinaria.

Actualmente se observa un creciente interés por potenciar el desarrollo de una industria manufacturera de cobre que pueda agregar valor. Es así como el Ministerio de Economía a través del programa Alta Ley, ha trazado una hoja de ruta en la que señala focos relevantes en los cuales es posible potenciar la industria, estos son: el mercado de *copper foil*, para la impresión y uso en aparatos electrónicos; hacer uso de la manufactura para el desarrollo de ERNC, la electromovilidad; y áreas de la salud. Adicionalmente, ProChile también se encuentra realizando un programa Nuevos Usos del Cobre, cuyo objetivo es realizar difusión y posicionamiento de marca de manufactureros chilenos a nivel internacional.

¹ Principalmente óxidos, luego cobre puro.



La industria local aporta valor agregado a la tecnología basada en nanocobre. Gran parte de los participantes de la industria son científicos con ideas innovadoras, sin embargo un desafío es enfrentar la falta de financiamiento que permita mantener las operaciones productivas durante los primeros años. Esto considerando que los procesos de certificación y acreditación suelen durar años y sin el financiamiento o apoyo gubernamental es difícil sobreponerse a esos primeros años de actividad. Estos dos factores son claves y han dificultado la opción de internacionalizar sus productos y servicios, generando un efecto dominó que ralentiza, y algunos casos, frena el crecimiento y desarrollo de la industria local.

Consecuentemente, es importante generar instancias de diálogos entre la industria minera y manufacturera junto con las empresas de tecnología de nanocobre, de manera generar alianzas estratégicas y dar respuesta, por ejemplo, a la falta de financiamiento. Si bien, la demanda de cobre por parte de las empresas tecnológicas de nanocobre es poco significativo, son las áreas de innovación y responsabilidad social corporativa de la industria minera local quienes pueden sacar mayor partido con estas alianzas para generar círculos virtuosos dentro de la industria, como es la oportunidad de entregar a la comunidad productos con tecnología de nanocobre y fomentar el uso de estos, permitiendo no solo el crecimiento de la industria, sino también, contar con una población mucho más segura en lo que en temas de higiene y salud se refiere.



Contenido

Resumen Ejecutivo 1

I. Industria Manufacturera Nacional del Cobre 4

1.1 Mercado Mundial 4

1.2 Mercado Nacional 6

1.3 Abastecimiento de Cobre 7

1.4 Mercado de Manufacturas de Cobre 8

1.5 Principales Dificultades, Desafíos y Propuestas 9

II. Usos Alternativos del Cobre 10

2.1 Nanocobre 10

 2.1.1 Definición y Métodos de Producción 10

 2.1.2 Usos de la Nanopartícula de Cobre 12

 2.1.3 Toxicidad de las Nanopartículas de Cobre 13

2.2 Industria Nacional de Nanocobre y Otros 13

 2.2.2 Laboratorio ARENSBURG S.A.I.C..... 15

 2.2.3 Copper Pro..... 15

 2.2.4 Atacama LAB 16

 2.2.5 CUNOV..... 17

 2.2.6 CuperScience 18

 2.2.7 Pinturas Panorámicas..... 18

2.3 Desafíos de la industria 19

III Comentarios finales..... 20

Referencias..... 21



I. Industria Manufacturera Nacional del Cobre

1.1 Mercado Mundial

Reconocidos son los estudios y prácticas que generan los encadenamientos productivos de la minería del cobre aguas arriba, principalmente con la industria nacional de proveedores. No obstante, al momento de realizar el mismo análisis aguas abajo no se cuenta con la misma relevancia. Ante eso es que a mediados del siglo pasado, se buscó desarrollar diferentes políticas de manera de encaminar el desarrollo de la minería en Chile hacia una industria aguas abajo. De esta conjunción de ideas fue que se promulgó la Ley N°16.624, Ley de Reserva del Cobre, la cual busca garantizar la asignación de una parte de la producción nacional de cobre a empresas de carácter doméstico para la elaboración de manufacturas de cobre.

Al hablar sobre el valor agregado en la cadena de valor del cobre, nos referimos a la elaboración de productos de cobre que, utilizando el cobre refinado como principal insumo para sus productos manufacturados, pueden ser utilizados para su consumo intermedio o final. De acuerdo a la definición del Decreto N° 32 del año 1988 del Ministerio de Minería, como la del Grupo Internacional de Estudios del Cobre (GIEC), los productos semielaborados comprenderán productos industriales en base a cobre de uso potencialmente intermedios y en todos los casos con un nivel de elaboración relativamente bajo (COCHILCO, 2021).

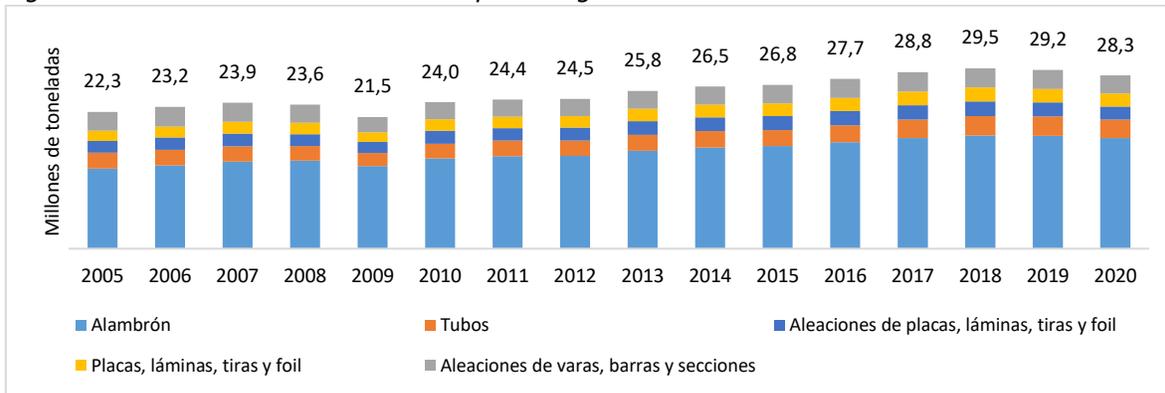
De acuerdo al estudio Mercado de Productos Semielaborados de Cobre (COCHILCO, 2021), la producción global de productos semielaborados de cobre para el 2020 fue, en promedio, de 27,3² millones de toneladas (Figura 2). Considerando la clasificación del CRU Copper Monitor, se pueden distinguir cuatro categorías de semis: (1) el alambión, (2) los tubos, (3) aleaciones de varas, barras y secciones; y (4) las pletinas, láminas, tiras y foil (Tabla 1). La producción anual de semis por categoría es como se aprecia en la Figura 2. De esta figura se puede concluir que el alambión ha sido el principal semi producido a nivel mundial desde 2005³, respondiendo así a su uso predominante en la industria de construcción e infraestructura eléctrica. Por otro parte, las categorías (3) y (4) tienen una mínima participación, aun así, se estima un fuerte crecimiento en el futuro, debido a su importancia en el sector de transporte, especialmente en el electro movilidad. Realizando el mismo análisis, pero ahora por producción por país, EE.UU, Europa, Japón y China son responsables del 72% de la producción agregada entre los años 2005 y 2020, siendo China el país que mayor crecimiento tuvo donde triplicó su producción, mientras que el resto de los países tuvieron caídas sostenidas de producción en los años analizados.

² La fuente corresponde a base de datos de GIEC (2021), CRU Copper Monitor (2021) y WBMS (2021), donde si bien difieren en sus estimaciones, con el correr de los años ha sido similares.

³ Participación aumento de 59% en 2005 a un 64% en 2006.

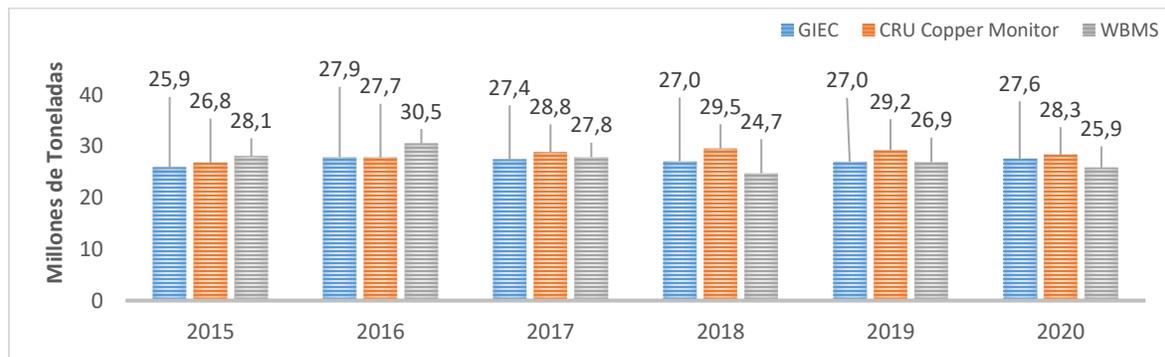


Figura 1: Producción de Semis de Cobre por Categoría de Producto



Fuente: Cochilco en base a CRU Copper Monitor (2021).

Figura 2 Producción Global de Productos de Semielaborados de Cobre



Fuente: Cochilco en base a GIEC (2021), CRU Copper Monitor (2021) y WBMS (2021).

Tabla 1 Principales Usos de los Productos Semielaborados de Cobre

Producto	Principales usos
Alambrón	Fabricación de cables de cobre para construcción, distribución de energía y telecomunicaciones
Tubos	Construcción, gasfitería y sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración
Varas, barras y secciones	Equipamiento industrial no eléctrico y gasfitería
Pletinas, láminas, tiras y foil	Industria electrónica, automotriz y generación eléctrica

Fuente: Cochilco en base a GIEC (2020), CRU Copper Monitor (2021) y Jones, Acuña, & Rodríguez (2021).

Desde el punto de vista del consumo las cuatro principales jurisdicciones nombradas anteriormente componen el 73% del consumo mundial entre 2005 y 2020. Al igual que en la producción China ha experimentado un aumento de consumo de un 24% de participación mundial a un 51%, mientras que el resto de las países en cuestión vieron disminuciones con tendencia similar a la caída de sus producciones. De acuerdo con lo anterior, se puede concluir que China ha construido una cadena de valor, donde la industria de semis se ha convertido naturalmente en un paso intermedio fundamental.



1.2 Mercado Nacional

Con respecto al mercado nacional, se destaca la Ley N°16.624, que establece que las empresas productoras de cobre deben reservar cátodo de cobre para la industria nacional y entidades domesticas el total de cobre que ellas necesiten para su industrialización. De esta manera, las empresas deben informar a Cochilco sus requerimientos anuales de cobre para el año siguiente a modo de poder programar el apropiado abastecimiento de cobre para la industria manufacturera. Adicionalmente, el precio de venta del cátodo de cobre se establece a partir del Decreto N° 32, mencionado anteriormente, siendo el siguiente.

$$\text{Precio Reserva} = \text{Precio BML} + \text{Premio}^4 - \text{Flete} - \text{Seguros} - \text{Financiamiento} - \text{Comisión}$$

Con respecto a la fecha de pago, el artículo 46° del decreto 32 indica “la fecha de pago del cobre que adquieran los consumidores nacionales estará referida a igual fecha que sea representativa de las ventas que las empresas productoras efectúen a compradores del exterior”. Sin embargo, agrega que “con todo, las empresas productoras y los consumidores podrán acordar libremente una fecha de pago diferente”. Al ser las ventas a nivel nacional con una entrega inmediata, la fecha de pagos que se efectúan a nivel nacional suelen ser cercanos a la fecha de entrega del producto.

La cantidad de empresas acogidas a la Ley de Reserva que cuentan con una producción activa ha ido disminuyendo a lo largo de los últimos años, pasando de 9 en 2011 a 8 en 2021, sin embargo, al 2020 llegó a tener solo 6 empresas activas. La caída se debe principalmente a la competencia internacional, por lo que el mercado local de productos semielaborados y de productos terminados sea abastecido de productos importados. En la Tabla 2 se desglosa las características de las 6 empresas antes mencionadas (COCHILCO, 2021)

Tabla 2 Empresas Activas de Manufacturas de Cobre Acogidas a la Ley de Reserva de Cobre 2021

Empresa	Actividad	Principales productos	Inicio	Tipo de firma	Origen capital	Empleo	Comuna (región)
Argenta	Aleaciones para soldaduras y equipos	Aleaciones para soldaduras, electrodos, sopletes, entre otros	1971	Empresa familiar	Chile	50	Peñaflor (RM)
Cembrass	Productos de cobre	Alambrón, barras y perfiles, pletinas y cables	1998	Filial de un grupo	Brasil	100	Quilicura (RM)
Prysmian Group (Cobre Cerrillos)	Conductores eléctricos	Cables de cobre y de baja y media tensión	1950	Filial de un grupo	Italia	300	Cerrillos (RM)
Covisa	Conductores eléctricos	Cables de cobre de baja tensión y alambres desnudos	1977	Filial de un grupo	Chile	70	Viña del Mar (Valparaíso)

⁴ Premios por un mayor grado de pureza del cátodo exportado.



Empresa	Actividad	Principales productos	Inicio	Tipo de firma	Origen capital	Empleo	Comuna (región)
Nexans	Conductores eléctricos	Cables de cobre de baja y media tensión	1944	Filial de un grupo	Francia	300	San Miguel (RM)
Quimetal	Químicos	Fertilizantes y fungicidas	1951	Empresa familiar	Chile	250	Maipú (RM)
Colada Continua Chilena	Semielaborados	Alambrón	1987	Joint Venture	Italia, Francia, Chile	63	Quilicura (RM)

Fuente: Cochilco en base a Stubrin y Gana (2017), sitios web corporativos y visitas presenciales a las empresas.

Analizando la capacidad productiva, varias de las empresas manufactureras cuentan con un consumo de cobre refinado significativamente inferior a su capacidad de planta, en total, existe una capacidad de producción de 209,1 kt, donde se utiliza 76,9 kt equivalente a al 37%, es decir, una capacidad ociosa de 132,2 kt (63%) al año 2020.

A pesar de existir la posibilidad de ser acogidos por esta ley, existen casos de manufactureras que se abastecen de cátodos provenientes de la industria minera sin estar acogidos a la ley de reserva, como es el caso de Colada Continua Chilena, empresa dedicada a la industria de conductores eléctricos. También se abastecen de chatarra y materiales de reusó, en la Tabla 3 se presenta el detalle. Cabe destacar que para el proceso 2021, la Colada Continua Chilena entró al proceso forma de la Ley de Reserva de Cobre.

Tabla 3 Empresas Activas de Manufacturas de Cobre No Acogidas a la Ley de Reserva de Cobre, 2020

Empresa	Principales productos	Inicio	Tipo de firma	Origen capital	Comuna (región)	Consumo de cobre (est. 2020 t)
Conmetal	Pletinas, cañerías	1996	Empresa familiar	Chile	Pudahuel, RM	~1.200-1.400
Agrospec	Químicos agrícolas	1986	Empresa familiar	Chile	Maipú, RM	400-500
Raigmaro	Conductores eléctricos	1986	Indep.	Chile	Estación Central (RM)	~500

Fuente: Cochilco en base a Stubrin y Gana (2017), entrevistas telefónicas y sitios web de las empresas.

1.3 Abastecimiento de Cobre

La principal fuente de cobre, son los cátodos grado A, debido a su gran capacidad conductiva y especificaciones técnicas y físicas para producir conductores eléctricos. Durante la última década el mayor suministro proviene de Codelco (91%) complementado por Enami (9%). Fuera de la ley de reserva, las compras de la industria manufacturera se efectúan en su totalidad a Codelco. El motivo radica en la ubicación de fundición Ventanas de Codelco, la cual se encuentra cercana a las principales empresas manufactureras (Región Metropolitana y Región Valparaíso).

Entre las empresas mineras y manufactureras de conductores eléctricos existe cierta sinergia, ya que Codelco (al igual que otras empresas mineras) consume cables de cobre personalizados para la



labor que realiza en sus operaciones. Por lo que finalmente el proveedor de la materia prima para la industria manufacturera, compra los productos finales que estos realizan. Un caso destacable es el de Prysmian Group, cuyo principal comprador es Codelco.

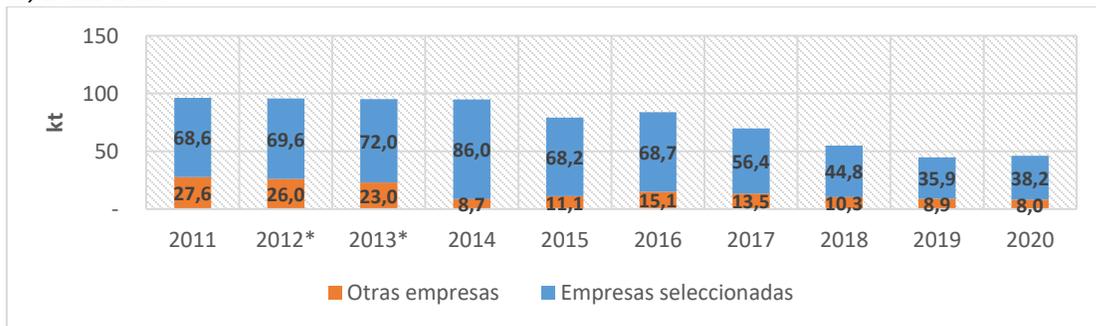
Otra parte del abastecimiento de cobre, que no está sujeto a la reserva, es la chatarra de cobre. Las empresas que consumen este tipo de producto son principalmente Quimetal, Agrospec, Conmetal, Argenta. La razón por la que ellos consumen este tipo de producto, es porque no necesitan la calidad física y/o química que tiene el cátodo de cobre grado A, por lo que acceden a este tipo de producto que es más barato. La chatarra de cobre es posible obtenerla de empresas que se dedican al reciclaje y la recuperación de metales, entre ellos el cobre. Cabe mencionar que las empresas manufactureras han informado anteriormente que velan por el buen origen que pueda tener el cobre de la chatarra, esto principalmente para acreditar que el producto que obtuvieron no haya sido robado, lo que podría traer problemas de imagen y legales.

1.4 Mercado de Manufacturas de Cobre

El consumo de cobre ocupado en la comercialización de manufacturas de cobre producidas en Chile, se estima en 62,5 kt durante 2021, aproximadamente estas se dividieron en 25,0 kt (40%) en alambrcn, 28,8 kt (46%) en cables elctricos; 4,4 kt (7%) qumicos fertilizantes y fungicidas; 3,8 kt (6%) en caerías y pletinas. El alambrcn se exporta prcticamente en su totalidad a las distintas filiales en Latinoamrica que tienen las empresas que lo producen. Por otro lado, los cables elctricos se comercializan principalmente en el mercado domstico (86%) a travs de distribuidores y cadenas de retail. Al mismo tiempo algunas manufactureras realizan distintas ventas directas a empresas del rubro minero y construccin.

Los principales fabricantes en el mercado de conductores elctricos son Prysmian Group, Nexans y Covisa, donde su produccin depende en su etapa inicial de Colada Continua Chilena quien provee alambrcn. En la Figura 3, se aprecia la importancia de estas empresas que a partir de 2014 han sido responsables de 80%-90% del consumo anual de cobre registrado. Tanto Prysmian Group como Nexans se abastecen de ms alambrcn del que procesan domsticamente para la produccin de sus cables, exportando el alambrcn sin procesar a sus filiales de Latinoamrica.

Figura 3 Consumo de cobre refinado de Prysmian Group, Nexans, Covisa y Colada Continua Chilena, kt, 2011-2020



Fuente: Cochilco.

*Distribucin estimada.



En términos de tamaño de mercado, es necesario comprender que el mercado manufacturero nacional del cobre no es, en ningún caso, un gran participante en la industria. Como se mencionó anteriormente, para el 2020 el mercado mundial de productos semielaborados de cobre era de 27,3Mt, mientras que el total producido nacional es de 46,2kt, es decir, representa solo 0,2% de la producción mundial. En cuanto al tamaño monetario del mercado manufacturero nacional, podemos obtener una buena estimación al valorizar el total de cobre comprado por las empresas manufactureras, las que al 2020 sumaron un total de MUS\$ 285; y MUS\$ 585 para el 2021⁵.

1.5 Principales Dificultades, Desafíos y Propuestas

Uno de los principales desafíos que se levantó en el estudio El Mercado de Productos Semielaborados de Cobre (COCHILCO, 2021), fue la falta de acceso a créditos para financiar las operaciones de las empresas manufactureras. Esto se debe principalmente a que el pago que realizan ellos por obtener el insumo se realiza contra la entrega del producto, sin embargo, el cobro que ellos perciben por la venta de sus productos suele ser de 60 a 90 días, lo que genera problemas de liquidez. Ante la dificultad antes mencionada, se planteó que Codelco, como principal proveedor, pueda dar facilidades de pago con fecha posterior a la entrega de los cátodos. La falta de liquidez y el escaso acceso a crédito, atenta también contra la innovación como un mecanismo para reducir costos y entregar nuevos productos y servicios

Siguiendo esta línea, la industria presenta fuertes barreras de entradas y altos costos de mano de obra e insumos a nivel nacional, por tales motivos, aquellas empresas que presentan filiales en el resto de Latinoamérica, optan por procesar sus productos en plantas extranjeras a fin de abaratar costos, siendo esto perjudicial para la industria manufacturera doméstica. Caso conocido, es la adquisición de la planta productiva, Cobre Cerrillos, por parte del conglomerado internacional Prysmian Group en 2018. El hecho de que las principales empresas sean filiales de multinacionales, permite cuestionar sus incentivos para que su innovación se lleve a cabo en Chile. La creciente competencia internacional llevo al cierre de empresas emblemáticas como Madeco Mills en 2013. Estos cierres ha socavado la rentabilidad de algunos segmentos del negocio.

Los factores antes mencionados han llevado a que la industria manufacturera nacional, se haya visto mermada, y aunque la Ley de Reserva del Cobre es útil para garantizar el acceso a cobre refinado, no cuenta con los incentivos suficientes en la promoción o desarrollo a largo plazo del sector. De esta manera se propone apuntar a una estrategia similar a la utilizada en la industria del litio, la cual, obliga a Albemarle (2016) y SQM (2018) vender hasta un cuarto de su producción a precios preferentes a productores especializados que se establezcan en Chile.

⁵ De acuerdo a las ventas nacionales señaladas en el Anuario 2021 de Cochilco.



II. Usos Alternativos del Cobre

2.1 Nanocobre

2.1.1 Definición y Métodos de Producción

Una nanopartícula corresponde a aquella partícula que cuyo diámetro mide entre 1 – 100 nanómetros (nm), siendo 1 nm una billonésima parte de un metro (10^{-9}). Para tener en perspectiva el tamaño de una nanopartícula, podemos considerar que, una partícula más pequeña que 1 nm podría ser un átomo, cuyo radio atómico mide aproximadamente entre $\sim 0,1 - 0,2$ nm; una partícula más grande, llamada partícula fina, corresponde a las que se encuentran en un tamaño entre 100 – 2.500 nm. Aquí es donde también se ubica el Material Particulado fino 2,5 (MP_{2,5}). Luego, una partícula aún más grande, corresponde a las denominadas partículas gruesas, las que van entre 2.500 – 10.000 nm, las que corresponden a Material Particulado grueso 10 (MP₁₀).

Los mecanismos utilizados para obtener nanopartículas de cobre pueden ser variados no solo en las técnicas que ocupan para obtener este producto, sino que también en los diferentes productos de nanopartículas de cobre se pueden realizar. Estos productos pueden diferir tanto en su composición química (Cu, CuO_x, aleaciones de Cu, otros compuestos en base a cobre), en su estructura molecular (esferas, cúbicas, elípticas o tubulares, entre otras) y también el tamaño que este pueda tener, pudiendo ser homogéneas o heterogéneas entre ellas. Es así como el estudio “Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis” (Gawande, 2016) menciona 123 procesos diferentes para la sintetización de nanopartículas de cobre de Cu/Cu_x, pudiendo ser estos en base a los siguientes métodos: química húmeda, microemulsión (micelas inversas), microondas, biosíntesis, fotoquímica, electroquímica, tratamiento de calor, deposición de capa atómica, pulverización catódica, explosión eléctrica en atmosfera inerte, descarga de batería dieléctrica, recristalización. En la Tabla 4 se detallan los métodos de síntesis de nanopartículas de cobre descritos por (Wahyudi, 2018).

Tabla 4 Métodos de Síntesis de Nanopartículas de Cobre

Método	Descripción
Reducción química	Es el método más sencillo y usado habitualmente. Se realiza mediante una solución acuosa en la que se introduce el cobre, agentes reductores y solventes. Mediante este proceso químico es posible controlar de mejor forma la morfología y tamaño de las partículas de nanocobre. Sus desventajas corresponden principalmente a que necesitan sustancias que suelen ser tóxicas, inflamables y necesitan un ambiente inerte con el objetivo que las partículas no se oxiden.
Reducción por microemulsión	En este método, se realiza también mediante una reducción química, la cual se realiza comúnmente con aceite/agua. Este método permite aún un mejor control de las partículas, las cuales tienen formaciones más similares entre ellas, sin embargo sus desventajas están relacionadas a que son más costosas y se necesita separar el producto del solvente.
Sonoquímica y Sonoelectroquímica	Este método ocupa el principio de una radiación ultrasónica (20kHz – 10MHz) en una solución electrolítica de cobre. De esta forma se realiza tanto un efecto químico como físico separando las moléculas mediante el colapso de burbujas,
Microondas	Se emiten ondas electromagnéticas entre 30 MHz – 300 GHz, las que aceleran y calientan las partículas. Este método logra nanopartículas de bajo tamaño comparadas con los métodos tradicionales.



<i>Método</i>	<i>Descripción</i>
<i>Fotoquímica</i>	Se utiliza la luz como agente reductor, lo que tiene como ventaja de no usar un agente químico para la reacción, la reacción puede ser controlada de forma más precisa al poder seleccionar la longitud de onda utilizada, la reacción funciona de forma más uniforme y la irradiación se puede realizar a temperatura ambiente.
<i>Electroquímica</i>	Se realiza mediante la aplicación de una corriente eléctrica entre un ánodo y cátodo, en el cual se deposita la nanopartícula. Es un método sencillo y es posible realizarlo a temperatura ambiente. Sus principales limitaciones se asocian a que las divisiones de las partículas no son homogéneas.
<i>Descomposición termal</i>	Mediante calor en un ambiente presurizado y a temperaturas controladas como un autoclave. Se hace a los solventes sobre su punto de ebullición, los que separan las partículas de nanocobre.
<i>Láser ablativo</i>	Se utiliza una intensa radiación láser a una solución líquida, la que particiona los elementos formando nanoclusters y nanoestructuras. Este método permite obtener nanopartículas de 5 nm mediante una energía de 1,2J/cm ² .
<i>Molino mecánico</i>	Mediante un molino se procesa cobre en estado sólido. Éste método es bastante sencillo y tiene un bajo costo, sin embargo sus limitaciones se reducen a la poca producción que ofrecen y el largo tiempo de operación que necesitan para producir las partículas. El tamaño y distribución de las partículas variará principalmente del tipo de molino utilizado, el tiempo y la temperatura de éste.
<i>Pulsos de descarga eléctrica</i>	Se utilizan pulsos de descarga eléctrica a través de un cable. El proceso de calor convierte el cable en plasma el cual es enfriado a temperatura ambiente, mediante el cual se obtienen las nanopartículas. Las desventajas de este método son el uso intensivo en energía que necesita para producir las nanopartículas de cobre.
<i>Explosión eléctrica de cable</i>	Este método utiliza la destrucción del cable eléctrico mediante una explosión de alta densidad de corriente en un ambiente inerte, el cual produce partículas de aproximadamente 36nm.
<i>Evaporación de gas</i>	En un ambiente de gas inerte, se utilizan pulsos de electrones de alta intensidad que evaporan los materiales obteniendo una altapureza de los mismos. Sin embargo, la escalabilidad del proceso hace que su producción sea limitada.
<i>Biológico</i>	Se han encontrado organismos vivos tales como bacterias, plantas y hongos que sintetizan nanopartículas de cobre. Las plantas o microorganismos utilizan fitoquímicos o enzimas, respectivamente, que reducen las partículas de tamaño. Adicionalmente, este método permite un mecanismo fácil del control del tamaño de las partículas además de no tener un efecto tóxico con el medioambiente.

Fuente: Synthesis and Applications of Copper Nanopowder, S Wahyudi *et al.* (2018), IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.

De acuerdo a diferentes fuentes de estudios de mercado, como Research and Markets, el mercado del óxido de nanocobre al año 2019 tenía un tamaño de MUS\$ 19, para la región de Asia-Pacífico, y se proyectaba que al año 2027 el tamaño de esta industria llegara a ser de MUS\$ 68, es decir, una CAGR 15,2%. Otra fuente, IMARC, menciona que para el 2021 el valor total del mercado mundial fue de MUS\$ 123, y se espera que éste crezca MUS\$ 487 para el 2027. Cabe mencionar que, si bien el valor agregado que entregan los productos de nanocobre es superior a los actualmente manufacturados, el tamaño en valor en términos de precio de venta, no logra superar al mercado de productos manufacturados tradicional. Esto en gran parte porque el volumen que se utiliza para el mercado manufacturado de las nanopartículas ocupa un tamaño muy por debajo del consumo que habitualmente se realiza con el cobre. Sin embargo, de todas formas es importante estar atento a las oportunidades que pueden salir de este nuevo producto, así como podría ser posible generar algún clúster minero que permita desarrollar productos y alguna industria en esta vía.



2.1.2 Usos de la Nanopartícula de Cobre

En los últimos años, ha existido un interés considerable en las nanas partículas metálicas debido a su potencial aplicación en diversos campos, como lo es salud, industria y tecnologías. Se habla de nano partículas aquellas que tienen 100 nm como tamaño máximo (Imran Din & Rehan , 2017). Además de estas se encuentra nano partículas metálicas, óxidos, bimetálicos y otras partículas inorgánicas.

Las nanopartículas de cobre, zinc, oro, magnesio, plata y titanio son las partículas de mayor interés debido a sus propiedades antibacteriales que permite combatir las bacterias bacillus subtilis y estafilococo áureo, cuentan con diversas aplicaciones en medicina, materiales dentales, tratamiento de agua, protectores solares y abrigos. En los últimos años se ha dado importancia al diseño y aplicación de polímeros, con partículas metálicas, ya que estas, generan importantes beneficios para el área de la salud y el cuidado humano, si bien las partículas de plata son las más empleadas, por su capacidad de prevenir el crecimiento y propagación de microorganismos, se ha encontrado que las nano partículas de cobre y sus óxidos poseen eficacia bacteriana a un menor costo, siendo una ventaja para su uso industrial (España-Sánchez, 2014). Las partículas de nanocobre también son capaces de combatir los virus, puesto que, los virus cuentan con una membrana exterior glicoproteica que al estar en contacto con cobre se desintegra, rompiendo al virus en si e inactivándolo. Adicionalmente, se suelen preferir las nano partículas de cobre por sobre las de plata, no solo por su menor costo de fabricación, sino que también su mejor estabilidad física y química; y mayor facilidad para mezcla con polímeros. Por esta razón es que las nanopartículas de cobre tienen una potencial aplicación en ópticas, electrónica, medicina, manufactura de lubricantes, nano fluidos y agente antibacteriales.

Siguiendo con la línea de los aportes al área de la salud, las nanopartículas de cobre han sido fundamentales para combatir los contagios del virus SARS-COV-2 que afectan de manera global a la población. En el caso particular de Chile, ya se encuentran realizando estudios en donde se busca exponer al virus a las nanopartículas de cobre de manera que estas eliminen en cosa de segundos o minutos al virus, esto basándose que ya existen estudios en donde el virus fue expuesto a láminas de cobre y en aproximadamente 45 min el virus fue eliminado. Las nano partículas de cobre presentan dentro de sus cualidades propiedades eléctricas, térmicas, anti bacteriales y sensibilidad ultravioleta (Imran Din & Rehan , 2017)

En el último tiempo la gran mayoría de los estudios y recursos han estado destinados a poder sintetizar las partículas de cobre. Si bien existen varios métodos químicos y físicos, estos suelen ser costos y en algunos casos requerir un consumo excesivo de energía; ante esto el método más idóneo para sintetizar y estabilizar partículas de nanocobre es a través de concentraciones de surfactante⁶. Por otro lado, también se han realizado estudios para desarrollar métodos “verdes” que sinteticen las nanopartículas de cobre, esto basado en su disponibilidad, rentabilidad y compromiso con el

⁶ Sustancias que influyen por medio de la tensión superficial en la superficie de contacto entre dos fases. Suelen ser utilizados con el fin de disminuir la cantidad de impurezas dentro de un proceso y así ofrecer una mayor calidad al producto.



medio ambiente. Este método utiliza la planta *terminalia arjuna* para extraer nanopartículas de cobre de tamaño de 23 nm (Imran Din & Rehan , 2017), al mismo tiempo el extracto de hojas como la *magnolia* o *Artabotrys* son usados como agentes de reducción y estabilización. La síntesis de las nanopartículas de cobre se puede realizar a través de la bacteria *Pseudomonas stutzeri* la cual provee partículas esféricas. Por otro lado, si ahora la misma bacteria proviene de aguas residuales y se utiliza la técnica de galvanoplastia la partícula adquirirá una forma cubica.

2.1.3 Toxicidad de las Nanopartículas de Cobre

Cabe mencionar que la superficie de contacto de las nanopartículas de cobre, en la medida que son más pequeñas, aumentan su superficie de contacto, potenciando su reactividad química. Esta característica puede ser muy conveniente en la medida de combatir virus y bacterias. Sin embargo, es sabido que el cobre los humanos pueden experimentar una intoxicación por cobre en la medida que este se ingiera. Actualmente se ha estado estudiando en particular la toxicidad del nanocobre ya que, al ser partículas muy pequeñas, estas podrían ser ingeridas mediante una vía aérea, dérmica o gastrointestinal, pudiendo afectar a la salud de las personas. Es más debido a su tamaño, teóricamente es posible que puedan pasar fácilmente las barreras moleculares, siendo ingeridas de forma imperceptible. Esta preocupación ha tomado mayor relevancia en la medida que se ha ido considerando el uso de nanocobre en el área de la salud u otro ámbito en que se exponga al ambiente.

A la fecha, no ha habido estudios concluyentes respecto del daño que este producto podría producir, ni que concentraciones/tamaños debiesen utilizarse para hacer de este producto uno seguro con la salud de las personas y el medioambiente.

2.2 Industria Nacional de Nanocobre y Otros

2.2.1 Iniciativas de Fomento para la Industria Nacional de Nanocobres y Otros Productos

El año 2015 el Ministerio de Economía puso en marcha el Programa Nacional de Minería Alta Ley, una corporación cuyo objetivo es articular las capacidades entre organismos públicos y privados, con tal de poder coordinar mejor los esfuerzos y desarrollar el sector minero con una perspectiva a futuro. Es así como el año 2015 se trabajó y se construyó una Hoja de Ruta Tecnológica con una visión al 2035. En esta se busca orientar los esfuerzos, apoyar el trabajo colaborativo entre las mismas compañías mineras y sus desafíos compartidos, y por último, dar respaldo al Estado para la inversión de fondos públicos en innovación y desarrollo para que investigadores, proveedores y emprendedores puedan enfocar sus esfuerzos en dichos desafíos y desarrollar de esa manera un ecosistema de innovación de clase mundial, que apoye una actividad chilena de clase mundial como lo es la minería Chile. Con el pasar de los años, esta hoja de ruta ha sido revisada y reformulada en base a las experiencias levantadas y los desarrollos que se esperan para la minería futura.



Uno de los núcleos a trabajar en esta hoja de ruta corresponde a Usos del Cobre, cuya visión es “*ser un referente en las aplicaciones de nuevos usos del cobre en diferentes industrias para mejorar la condición de la sociedad y el medio ambiente*”⁷. En esta se identifican 3 desafíos para lograr este propósito.

Tabla 5 Líneas de Trabajo. Hoja de Ruta Alta Ley

<i>Desafío</i>	<i>Oportunidad</i>	<i>Solución</i>	<i>Líneas I+D+i</i>
<i>Producto de cobre con mayor valor agregado</i>	El mercado de copper foil a 2018 presentaba una CAGR de 8%, pudiendo totalizar de 486 kt de cobre anual, lo que representa una oportunidad para la industria manufacturera.	Productos de cobre con mayor valor agregado.	Manufactura copper foil
<i>I+D Industrias tradicionales</i>	Existen tendencias mundiales que impactarán al uso del cobre haciendo de este un producto cada vez más demandado. La tendencia va fuertemente influenciada por el uso de ERNC, la electromovilidad, así como la construcción y mejoras en la calidad de vida.	Intensidad de uso en industrias tradicionales	Aplicaciones en ERNC. Electromovilidad. Calefacción y ventilación. Aire acondicionado.
<i>I+D Industrias no tradicionales</i>	Desde la década del 2000 se ha ido tomando consciencia de las propiedades antimicrobianas que tiene el cobre. Esta característica permite que pueda tener una aplicación más efectiva a futuro.	Intensidad de uso en industrias no tradicionales	Aplicaciones en salud e higiene.

Fuente: Hoja de Ruta 2.0 de la Minería Chilena. Actualización y consensos para una mirada renovada, (2019), Alta Ley.

Por otro lado, el Ministerio de Relaciones Exteriores, a través de ProChile, realiza una labor de fomento y difusión de los productos de cobre diferentes a los tradicionales, con el objetivo de promover su uso y posicionar a la industria nacional en el exterior. Para lograr esto, han desarrollado mesas de trabajo público-privadas con gremios y empresas que fabrican productos de cobre para ayudar con información de exportación, así como también iniciativas y acciones de apoyo en las cuales poder darse a conocer. Una de las últimas actividades desarrolladas este año fue la participación en una Feria en Londres, en la que se decidió llevar a empresas para dar a conocer sus productos.

En la siguiente sección se da a conocer los diferentes productos y servicios que entrega la industria, como también dimensiona el tamaño de esta en base al levantamiento de información proveniente de encuestas y reuniones con los diferentes actores de las empresas manufactureras.

En primera instancia se destacan que en la actualidad la industria manufacturera cuenta con un gremio, el cual lleva por nombre AcuChile, en este se incluyen empresas como; CopperAndino, Cunov, CopperPro, Industrialnano, Copper3d, Qstudio, lajoyadesing, Kimba y Duam.

⁷ Hoja de Ruta 2.0 de la Minería Chilena. Actualización y consensos para una mirada renovada, (2019), Alta Ley.



2.2.2 Laboratorio ARENSBURG S.A.I.C

La empresa entra dentro de la categoría de mediana empresa (Para conocer categorías ver tabla Anexo 1), facturando 50.000,01 UF a 100.000 UF. Ubicada en región metropolitana sin filiales fuera de la región ni presencia internacional, cuenta con una dotación promedio de 60 trabajadores y es una organización con vasta experiencia en el mercado cosmético chileno, ofreciendo los productos de la Tabla 6, los cuales están orientados tanto el mercado nacional como internacional, principalmente Ecuador y Bolivia.

Tabla 6 Productos Elaborados por ARENS con Nano Partículas de Cobre

Producto	Nombre y/o descripción	¿Orientado(s) al mercado internacional?	
		Sí	No
1	ARENS cremas de cuerpo con cobre	X	
2	ARENS cremas de mano con cobre	X	
3	ATTICA Bloqueador solar con cobre	X	
4	ARENS Jabón Líquido con cobre	X	
5	ARENS Gel Alcohol con cobre	X	

Fuente: Cochilco en base a encuesta realizada a las empresas.

La empresa Laboratorio ARENSBURG S.A.I.C suele exportar durante todo el año, sin embargo, en su caso no ha participado ni se ha visto beneficiada por programas públicos que apoyen sus exportaciones. Los partnerships han sido importantes para la estrategia de la empresa y así abordar su internalización, actualmente a la organización le interesa poder exportar a Perú, Canadá y Estados Unidos, con el objetivo claro de hacer crecer su empresa. Entendiendo que los productos que ofrece la organización son de una alta tecnología, la empresa considera que la innovación ha sido y seguirá siendo pieza fundamental para la internalización. Finalmente concuerda que la falta de financiamiento, es el principal obstáculo para acceder a un mercado internacional más grande, esto se vuelve un tema no menor, ya que, hoy por hoy la empresa no cuenta con financiamiento.

2.2.3 Copper Pro

La empresa cuenta con ventas dentro del rango 2.400 UF a 25.000 UF al año, por lo cual, se categoriza como una empresa pequeña dentro de la escala escogida. Ubicada en región metropolitana sin filiales fuera de la región ni presencia internacional, cuenta con una pequeña dotación promedio de 10 trabajadores y es una empresa productora, comercializadora y distribuidora de nano partículas de cobre. Copper Pro ofrece productos y servicios como los detallados en la Tabla 7, los cuales están orientados tanto el mercado nacional como internacional, como lo son Colombia, China, Panamá, Estados Unidos y Canadá.



Tabla 7 Productos y Servicios Ofrecidos por Copperpro con Nano Partículas de Cobre

Producto /servicio	Nombre y/o descripción	¿Orientado(s) al mercado internacional?	
		Sí	No
1	Nano partículas de Cobre	X	
2	Servicio de acompañamiento para incorporación de nano partículas de Cobre	X	

Fuente: Cochilco en base a encuesta realizada a las empresas.

Copper Pro expresa que su principal obstáculo es la falta de base de clientes listos para usar su insumo y a diferencia de otras empresas, cuenta con capital propio y el reconocimiento de inversionistas para poder acceder a financiamiento que le permite tener un mejor acceso a la internalización. La empresa suele exportar durante todo el año, en su caso el CEO de la empresa es parte del directorio de ASEXMA 4.0⁸. Copper Pro conviene que los partnerships han sido importantes para la estrategia de la empresa y su internalización, la empresa espera en un futuro incluir dentro de sus países de destino a, México, Brasil, Panamá y Canadá, con el objetivo claro de crecer y acceder a nuevos mercados.

2.2.4 Atacama LAB

Esta organización está dedicada a I+D en tecnologías innovadoras orientadas principalmente a nuevos usos del cobre y nuevos materiales. En el desarrollo de la empresa llegaron a trabajar 50 personas, actualmente cuenta con un personal del 4 administrativos. Dentro de sus principales productos se encuentra *Copper Armour*⁹ el cual es un revestimiento de cobre metálico que se aplica en estado líquido para formar superficies antimicrobianas y auto sanitizantes (1kg por metro cuadrado) en pisos, muros, cubiertas y muebles. Los principales targets son la industria alimentaria y hospitalaria, principalmente en los mercados norteamericano y europeo, netamente porque son más sensibles a la bioseguridad que en el mercado nacional. Un aspecto importante de este producto es que cuenta con certificaciones, estudios en la Universidad de Chile y en Microchem Lab USA y publicaciones en revistas científicas, lo cual, como se verá más adelante, es uno de los desafíos de la industria en general.

Atacama LAB tiene como desafío disminuir sus costos, ya que, producir un kilo de nano partícula de cobre le cuesta alrededor de 5.000 dólares. Por estas razones, lotes grandes fueron fabricados en Inglaterra con cátodos chilenos. Otro de los retos más próximos que tiene la empresa, son el licenciar¹⁰, de manera tal que cualquier persona del mundo pueda ocupar su tecnología, ya que el fuerte de la empresa es generar ideas y no, la producción debido a la necesidad de mayor inversión. En el proceso de patentamiento se produce otra barrera, puesto que puede demorar 5 años, debido a que el proceso de validación, además de ser costoso. Luego procede la certificación la cual también

⁸ Asociación de Exportadores y Manufacturas, Asexma Chile A.G, fundada en 1984, cuyo compromiso radica en representar y apoyar a las empresas exportadoras de manufacturas y servicios.

⁹ <https://www.atacamalab.com/>

¹⁰ Buscan patentar formulación, composición y la manera que se fabrica.



es demorosa y, mientras tanto, las empresas deben mantenerse con capital propio ante las pocas fuentes de créditos.

Los targets a futuro son generar convenios con empresas importantes, como Codelco, que busquen comprar su patente. Además, la empresa espera lograr introducir cobre en hormigón con mineral de baja ley, proveniente de botaderos. De lograr esta iniciativa se generaría un círculo virtuoso, ya que la empresa solo debería incurrir en costos de traslado y generar las condiciones en el lugar para procesar el hormigón.

2.2.5 CUNOV

La empresa lleva cerca de seis años estudiando, fabricando, diseñando e implementando recubrimientos de cobre antimicrobianos auto-adhesivos para todo tipo de aplicaciones y superficies en distintas industrias y países, siendo así categorizados como pioneros en este rubro.

Dedicados al mercado de la higiene y la salud, a partir de la pandemia del COVID-19, la empresa tuvo una facturación importante en oficinas, en base a que se buscaba disminuir el riesgo de infecciones, ejemplo claro de esto, es la aplicación de 9.000 láminas de distinto tamaño en 9 pisos de 3 edificios del centro de Santiago para Banco Falabella. También cuenta con trabajos en centros clínicos y hospitales como en el Hospital Sotero del Río. No obstante, la adaptabilidad del producto permite alcanzar más industrias y alianzas, como los son los hoteles, laboratorios, industria alimentaria, academia, restaurants, entre otros. CUNOV realiza ventas nacionales e internacionales y participó junto a Pro Chile en la feria internacional que se realizó en Dubái para dar a conocer sus productos y servicios. La empresa también ofrece servicio de mantenimiento, el cual consiste en reemplazar todos los recubrimientos que consideren deteriorados y realizar una limpieza general.

El principal proveedor de CUNOV es China, quienes los abastecen de rollos de cobre. Igualmente han realizado contratos con proveedores de Estados Unidos, pero en este caso les sale más costoso, tanto los rollos como el traslado.

Para CUNOV el desarrollo de Cobre Foils en Chile presenta una oportunidad importante para tratar temas de higiene. Especialistas de CUNOV creen que las pandemias continuarán y se abre la oportunidad interesante para hacer foco en el cobre microbiano y que la industria sea líder en nuevos usos del cobre. Cabe destacar que el cobre Foils esta entro de los 3 ejes de ruta minera, aunque este enfocado en el mercado de las baterías, el tercer uso (no tradicional), está orientado en la nanotecnología para generar nuevos productos.

Al igual que otras empresas, la idea de patentar les resulta casi imposible. Si bien cuentan con ideas patentadas como lo es una lámina de cobre que protege un estetoscopio; concuerdan con que el proceso es bastante extenso como para realizarlo constantemente. El mayor desafío que tiene CUNOV es el de realizar las mediciones para la implantación de sus recubrimientos en cualquier espacio que se les solicite, sobre todo cuando es en el extranjero. La importancia de esto recae, en que las mediciones deben ser exactas, y por lo general, cuando el cliente realiza las mediciones caen en errores afectando el presupuesto y la relación proveedor-cliente. Si bien, CUNOV ha tratado de hacer capacitaciones y mediciones por video conferencia, no han logrado buenos resultados.



2.2.6 CuperScience

Es una empresa que se dedica a la investigación y desarrollo de productos basados en cobre, para su aplicación en el rubro de la salud. El principal producto es Cupersan, el cual es una solución de cobre y ácido láctico para la irrigación, limpieza y descontaminación de heridas complejas. La empresa entró al mercado en el 2016, con estudios y antecedentes positivos. Tal es el caso de un paciente de 60 años, el cual con el uso de los productos de CuperScience, logró revertir un pronóstico de amputación de una herida grado IV. En el 2019 logró conseguir un laboratorio farmacéutico para poder fabricar el producto, junto con el registro sanitario otorgado por el Instituto de Salud Pública y así comercializar sus productos en el 2020, cuando realizaron su primer lote industrial. Si bien la empresa cuenta con poca disponibilidad de sulfato de cobre, lograron establecer conexiones con Minera San Gerónimo, quienes los abastecen de sulfato de cobre.

CuperScience tiene el desafío del desarrollo nacional e internacional, donde sus principales escollos es el registro en la FDA¹¹, buscar distribuidores y el financiamiento para hacer crecer su negocio. Dentro de sus desafíos está el establecer vínculos con el sector público, de manera tal, que sus productos estén en los servicios de salud. Por último, CuperScience trabaja en mejorar su desarrollo comercial.

2.2.7 Pinturas Panorámicas

A pesar que la empresa fabrica pinturas, se incluyen dentro de la industria química, donde Pinturas Panorámicas ha buscado diferenciarse de la competencia con I+D. La empresa entrega en sus formulaciones de pinturas Nano partículas de cobre metálico, de manera de poder utilizar el ya mencionado poder antimicrobiano del metal, de modo que se elimine hasta un 99,9% los virus, bacterias, algas y hongos. Actualmente la empresa abarca entre 50 a 60 trabajadores, distribuidos en sus bodegas en Santiago, vendedores a distribuidores y vendedores volantes en Concepción.

La empresa cuenta con un proyecto en el área de la salud junto a Clínica Vespuccio Santa Maria; y los Hospitales Van Burén y Regional de Temuco. En el área de alimentos realizaron pruebas con Agrosuper, Packing Subsole, Colún, entre otros. Mientras que en el área industrial se destaca Copec, Banco Central y Codelco. Sin embargo, el gran fuerte de la empresa está en el área inmobiliaria, donde cuentan con proyectos de relevancia Nacional como lo son Pocuro, Socavesa, Pleange, Martabid, URBES, Passivhaus.

Pintura panorámica coincide con el hecho de que el proceso de internacionalización es complejo, debido a que todavía le queda territorio nacional por abarcar. A pesar de contar con un distribuidor en Miami, se dieron cuenta que la nano partícula no está patentada, por ende, no la pueden

¹¹ Administración de alimentos y medicamentos, es una agencia del gobierno de los estados unidos responsable de la regulación de alimentos, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y derivados sanguíneos.



comercializar. Esta empresa no forma parte de ningún gremio, y demanda mayor apoyo gubernamental en temas referentes a la nanotecnología. En la actualidad, señala que es un tema que está en crecimiento, por ende, están buscando formas de generar publicidad y que el conocimiento de esta tecnología basada en cobre vaya en aumento.

2.3 Desafíos de la industria

Sin lugar a dudas, la pandemia del COVID-19 generó que los temas relacionados con higiene y salud se volvieran relevantes en nuestro día a día, esto se puede notar en el uso de mascarillas, alcohol gel y otros, que al parecer seguirán siendo de uso cotidiano por un buen tiempo. Ante esto, las oportunidades que brinda el nano cobre para combatir virus y bacterias son inmensas. La innovación y desarrollo se vuelven cruciales para poder aplicar esta tecnología en pro del beneficio humano.

En general, los procesos de obtención de una certificación y patentamiento suelen ser duraderos, tediosos y costosos, transformándose en una barrera de entrada difícil de derribar sin apoyo gubernamental o de grandes empresas. Incluso con tales certificaciones y productos patentados, el éxito, no está asegurado, lo cual, no genera el incentivo suficiente para arriesgar capital propio de las empresas.

La falta de inversión y crédito es otro aspecto común entre las empresas analizadas, ya que muchas deben apostar todo el capital propio para proyectos que duran años en tener retribuciones, sumado a los inconvenientes que se generan con el proceso de obtención de patentes y certificaciones. Esto implica que las empresas que ofrecen productos y servicios con tecnología de nano cobre deben desde ser capaces de solventar su proyecto e inversión durante largos periodos de tiempo, y si no cuentan con apoyo gubernamental y/o de inversionistas se les hace complicado e incluso más demoroso.

A nivel gremial, se encuentra ACU Chile, en donde la mayor cantidad de asociados realizan trabajos con nano partículas. En general se argumenta que los problemas y desafíos son bastantes transversales en esta época; se sitúa un ambiente con mucha incertidumbre proveniente de las empresas e incluso del proceso constituyente respecto a la capacidad para generar nuevos proyectos.



III Comentarios finales

Es importante potenciar a Chile con una mayor oferta de productos con valor agregado, además de ser reconocidos como un país líder en la producción de cobre, y posicionarlo como un país que entrega una mayor oferta tecnología asociada a su principal riqueza minera. Para esto se hace imperioso, generar más mesas de trabajo como las que realiza Pro Chile, pero que pueda incluir a la industria minera y manufacturera como tal. Este hecho podría generar alianzas entre las áreas de innovación y tecnología de las empresas mineras y manufactureras, con las empresas desarrolladoras de productos y servicios con nanocobre. Por consiguiente, los problemas de falta de crédito e inversión podrían verse atenuados con estas alianzas y generando un círculo virtuoso, en pro de un crecimiento de la industria en general.

El presentar opciones para crédito, no solo permitiría mantener a las empresas activas en la industria, sino que también, es una manera agilizarlos procesos de certificación y acreditación, ya que al haber más involucrados, las mesas de diálogos e ideas se verían potenciadas. Los gremios y asociaciones también cumplen una función fundamental para poder conectar a la industria, con el Estado y la academia, de manera de resolver no solo asuntos de crédito e inversión, sino también asuntos técnicos que pueden detener o ralentizar proyectos.

Una de las mayores inquietudes de las empresas es la presencia gubernamental en lo que asuntos de nanocobre se refiere. Si bien existe una hoja de ruta que involucra los nuevos usos del cobre, no existe un KPI claro a seguir que permita ir siguiendo para conocer los avances de la industria. La presencia gubernamental, permitirá además, generar la confianza en el dialogo, ya que, las empresas se sienten asiladas y pocos escuchadas en lo que sus asuntos se refiere.

Ante el conocimiento comunitario (dígase comunitario, ya que, la gran mayoría de los productos y servicios presentados están acorde de salvaguardar la salud de las personas) que generan los productos con tecnología de nanocobre, se hace necesario publicitarlo al resto de la comunidad. Por lo cual, el apoyo gubernamental también es fundamental para dar a conocer estas iniciativas, como lo hace Pro Chile. Modelo de esto sería lo realizado por la empresa Canadiense TECK la cual realizo trabajos comunitarios en diversos espacios públicos, utilizando cobre foils, para generar lugares con mayor higiene. En este caso, se puede apreciar la importancia de las alianzas estratégicas entre las empresas, industria minera y estado, puesto que, ante la necesidad de responder a la responsabilidad social corporativa, las empresas podrían realizar su aporte a la comunidad con tecnología de nanocobre y así fomentar su uso. El rol del estado en este caso sería la de un mediador y un ente que enlaza la industria privada con las empresas de tecnología de nanocobre.

Por último se hace imperioso destacar que la cantidad de cobre que es demandado por la industria del nano cobre es muy pequeña, por tanto, en el caso de un crecimiento acelerado no se vislumbra un impacto en la demanda total de cobre. Sin embargo, su aporte a la industria minera va de acuerdo a los productos con valor agregado que se generan y así entregar una oferta más empaquetada y completa de cobre, como también, en caso de generarse las instancias ser un país reconocido por la tecnología basada en cobre que entrega.



Referencias

- COCHILCO. (2021). *El mercado de productos semielaborados de cobre*. Santiago.
- CRU Copper Monitor. (30 de Julio de 2021). Copper Monitor and Prices.
- España-Sánchez, B. L.-G.-M.-V.-B.-V.-M.-O.-V. (2014). *Nanocomposites based on Polypropylene and Copper Nanoparticles: Preparation, Surface Activation by Plasma and Antibacterial Activity*. Acta universitaria .
- Gawande, M. e. (2016). *Cu and Cu-Based Nanoparticles: Synthesis and Applications in Catalysis*. Chemical Reviews.
- GIEC. (2020). Grupo Internacional de Estudios del Cobre.
- GIEC. (Noviembre de 2021). *Grupo Internacional de Estudios del Cobre*. Obtenido de <https://www.icsg.org/>
- Imran Din, M., & Rehan , R. (2017). *Synthesis, Characterization, and Applications of Copper Nanoparticles*. Analytical Letters.
- Jones, B., Acuña, F., & Rodríguez, V. (2021). *Cambios en la demanda de minerales: Análisis de los mercados del cobre y el litio, y sus implicaciones para los países de la Región Andina*. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Stubrin, L., & Gana, J. (2017). *Las empresas manufactureras de cobre en Chile*. Cepal. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Wahyudi, S. e. (2018). *Synthesis and Applications of Copper*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
- WBMS. (Noviembre de 2021). World Bureau of Metal Statistics. *Copper Workbook*.



ANEXO 1**Clasificación de Tamaño de Empresas por Venta Anual**

Tamaño empresa	Ingreso ventas anual
Pequeña	2.500 UF a 50.000 UF
Mediana 1	50.000 UF a 100.000 UF
Mediana 2	100.000 UF a 200.000 UF
Grande 1	200.000 UF a 600.000 UF
Grande 2	600.000 UF a 1.000.000 UF
Grande 3	Más de 1.000.000 UF



**Este trabajo fue elaborado en la
Dirección de Estudios y Políticas Públicas por**

**Joaquín Donoso Vásquez
Analista de Estrategia y Políticas Públicas**

**Cristóbal Muñoz Cáceres
Analista de Estrategia y Políticas Públicas**

Diciembre, 2022

