

## **Proyección de producción de cobre de Chile 2014-2020**

**Gustavo Lagos C.C.**

**Departamento de Ingeniería de Minería**

**Centro de Minería**

**Universidad Católica de Chile**

**17 de julio 2014**

### **1. Introducción**

El objetivo de este artículo es estimar la producción de cobre de Chile en el período 2014-2020. Dichas proyecciones recogen la tendencia respecto de la inversión minera que se venía dando en los mercados mundiales y en el país desde 2013, y no considera los eventuales efectos que la reforma tributaria que se discute actualmente en el Parlamento chileno podría tener en la inversión minera. Por ello es preciso clarificar que las proyecciones que siguen son “**pre reforma tributaria**”. Esta clarificación no intenta sugerir si la reforma tributaria tendrá o no un efecto sobre la inversión minera.

Proyectar la producción de cobre de mina chilena no es tarea sencilla ya que sabemos que en los últimos 10 años hubo una sobre estimación de aproximadamente 20% de la producción futura chilena, la que estaba basada en cifras proporcionadas por la industria minera.

Se sabe que las estimaciones de las empresas mineras respecto a su producción futura tienen como principal propósito colocar metas exigentes pero realistas que sirvan para realizar el control de gestión necesario en toda empresa. Al mismo tiempo la proyección de producción de cobre tiene mucha importancia en el mercado ya que puede disuadir o persuadir a otras empresas mineras a realizar inversiones en otras ubicaciones geográficas. Una información equívoca entregada por una empresa minera respecto a sus planes futuros de inversión puede generar fuertes desbalances en el mercado, los que afectan, en último término, el precio del commodity.

En la última década la producción minera en diversos países del mundo estuvo afectada por varios factores que significaron una reducción significativa de esta.

Entre estos mencionaré seis que son relevantes en los **yacimientos en explotación**. Primero, la reducción de la ley de los metales y el cambio de otras variables del yacimiento, segundo los fenómenos naturales, tercero los accidentes, cuarto las fallas de equipos, quinto las huelgas y paralizaciones laborales, y sexto las fallas en la planificación minera.

Además, están las pérdidas de producción en los **nuevos proyectos y ampliaciones que ya están en construcción**. Las causas de estas pérdidas son distintas de aquellas que se observan en yacimientos en explotación. Primero están las causas generadas por atrasos en la construcción de los proyectos. Segundo, las pérdidas de

producción asociadas a diseños defectuosos, lo que redundó en procesos de puesta en marcha mucho más lentos que lo previsto, no lográndose la producción de diseño en los tiempos planificados. En tercer lugar están los eventos que han detenido la construcción de un proyecto debido a exigencias ambientales, de las comunidades, de precio o rentabilidad, de cambio de las tendencias económicas, de nuevos impuestos, y de otros motivos. Una cuarta razón, muy influyente, son los desacuerdos entre los equipos del mandante o dueño del proyecto, y los equipos de la empresa de ingeniería principal que construye el proyecto.

## **2. Pérdidas de producción en minas en operación**

La primera causa de reducción de producción en las minas ha sido, históricamente, la reducción de las leyes de los metales y el cambio de otras variables del yacimiento, tales como dureza, distancias de transporte, profundidad, material estéril a ser removido, etc. Dichas causas ***deberían ser conocidas ex ante***, como parte de la planificación minera, la que utiliza sofisticados algoritmos y software para proyectar el desarrollo de las minas a 20 y 30 años hacia el futuro. Por lo anterior es que aquí se considera que la reducción de leyes y otros factores operativos de los yacimientos debieran estar comprendidos en las proyecciones, y no debieran ser parte de las explicaciones ex post de por qué se produjo menos.

Una segunda causa para la reducción de la producción futura es la ocurrencia de fenómenos naturales tales como, la remoción en masa<sup>1</sup> (Grasberg y Bingham Canyon), derrumbes (Caverna de Chuquicamata 2006, Grasberg 2013), factores climáticos (el invierno Boliviano - Collahuasi), terremotos (Cerro Colorado 2005), crecidas (Disputada de Las Condes 1987), y otros fenómenos naturales. Estos fenómenos son difíciles de predecir y pueden ser considerados como factores exógenos. A estos hay que agregar las explosiones de roca, que es un fenómeno natural que ocurre en algunas explotaciones subterráneas de minas debido a la inmensa presión que soportan los túneles y cavernas. Ejemplo de ello en Chile fueron las explosiones de roca de El Teniente en la década de los 80 y antes.

Un tercer tipo de eventos que afectó la producción en el pasado fueron accidentes con pérdida de vidas, lo que modificó los procedimientos de explotación posteriores. Ejemplos de accidentes que significaron la reducción posterior de la producción hay muchos, algunos de los más recientes ocurrieron en Radomiro Tomic en 2012<sup>2</sup>, y en Grasberg, Indonesia en 2013<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Deslizamientos de tierra, barro, avalanchas, etc.

<sup>2</sup> En RT el accidente fatal ocurrido en 2012 significó la detención durante varios meses de la explotación de los frentes que estuvieron involucrados en el accidente, generando una importante reducción en la producción.

<sup>3</sup> La estadounidense Freeport suspendió en mayo 2013 las actividades en Grasberg, con un costo estimado de unos US\$15 millones por día en producción perdida, un día después que un túnel de entrenamiento lejos de sus operaciones principales colapsara sobre 38 trabajadores, matando a 28 de ellos.

Un cuarto tipo de eventos que afectó la producción minera en el pasado son las fallas de grandes equipos, como el caso de un molino SAG<sup>4</sup> en la Planta Laguna Seca de Escondida<sup>5</sup> en 2009 y de uno de los molinos SAG de Collahuasi<sup>6</sup> en 2006 y 2007, las que causaron pérdidas de producción cuantiosas.

Un quinto tipo de eventos que afectaron la producción fueron huelgas prolongadas, tal como la ocurrida en Minera Escondida en 2011, que duró 15 días.

Finalmente, están las pérdidas de producción debido a fallas en la planificación minera, causadas por conocimiento inadecuado de la geología de los yacimientos y o por errores o falta de experiencia en la planificación de las secuencias de explotación de la mina. No es poco común escuchar en la minería “los geólogos no saben dónde está el cobre”, “faltó meterle más lucas a las perforaciones”, “la mina nos está mandando sapos y culebras a la planta”, “oye viejo, la mina no es el supermercado de la planta”.

Las fallas en la planificación son, posiblemente, las más importantes de todas las causas de pérdidas de producción. Por ello se está haciendo cada vez más común auditar los planes mineros con objeto de detectar errores, omisiones y, algunas veces, voluntarismo.

En muchas ocasiones en los últimos años se ha escuchado explicaciones de menor producción debido a la caída de las leyes de cobre y de otros metales. Ello es explicable ya que este es uno de los factores más importantes en la reducción de producción de una mina que no ha ampliado su planta para paliar este efecto. ***Lo que no es aceptable es planificar una producción determinada y obtener menos, asignando la causa ex post a la reducción de leyes.*** Esto último, nunca debería ocurrir si existe un adecuado conocimiento del yacimiento, de las leyes de los metales, de la composición de las rocas y minerales, y de las impurezas. Tal como se indicó, incluso conociendo los yacimientos plenamente, a veces se cometen errores en la planificación que pueden costar muy caros. Un ejemplo es el desarrollo tardío de las fases siguientes de explotación, lo que en el caso de Chile significó una producción menor de al menos 170 mil toneladas en 2012.

---

<sup>4</sup> SAG significa Semi Autogenous Mill, Molino Semi Autógeno.

<sup>5</sup> Durante 2009 Minera Escondida produjo un 12% menos que en 2008. Ello se debió a un efecto combinado de una baja en la ley, mayor dureza del mineral tratado y la falla en el molino SAG 4 de la concentradora Laguna Seca, que experimentó seis detenciones entre agosto de 2008 y junio de 2009.

<sup>6</sup> Un molino SAG de Collahuasi falló en 2006 y fue finalmente reparado en 2007, generando pérdidas estimadas en 160 millones de dólares durante 2006.

### **3. Pérdidas de producción en minas nuevas y en ampliaciones.**

Los atrasos en la construcción de los proyectos por causas endógenas<sup>7</sup> son casi una regla, es decir son muchos menos los proyectos que son construidos a tiempo que los que se atrasan. No es necesario, por ello, ahondar en este aspecto.

Una segunda causa son los diseños defectuosos, los que se deben a un conjunto muy amplio de factores, desde geológicos, mineralógicos, metalúrgicos, hidráulicos, geográficos, climáticos, y humanos. Lo concreto es que construir una mina y sus instalaciones de procesamiento tiene muchísimo más riesgo que construir una planta que fabrica televisores o automóviles, ya que en estas, los factores e insumos son conocidos, no hay volatilidad ni falta de conocimiento. En el caso de una mina, el insumo básico es la roca y el mineral, con altísima volatilidad en su composición, y muchas veces existe falta de conocimiento sobre su composición, características físicas y reológicas, o peor aún, sobre el efecto de estas propiedades en el procesamiento y en la recuperación.

Casos de diseños defectuosos hay muchísimos en Chile y en otros países. Por citar tres notables en Chile, la puesta en marcha de Zaldívar en la década de los 90 contaba con un diseño de planta que debió ser modificado. La planta de la mina Esperanza, hace menos de 10 años, no logró su producción de diseño hasta varios años después. La planta de lixiviación amoniacal de Minera Escondida en los 90 nunca cumplió sus parámetros de diseño y fue abandonada finalmente. En Codelco en los últimos 25 años hubo muchos proyectos que tuvieron puestas en marcha defectuosas, mucho más lentas que lo planificado, perdiendo en su conjunto cientos de miles de toneladas de producción.

Como ejemplo del tercer tipo de eventos, consistente en la detención de proyectos durante su construcción, está la mina Pascua Lama, cuya construcción fue detenida por la autoridad ambiental debido a incumplimientos de la Resolución de Calificación Ambiental por parte de la empresa. Pero la mayor parte de la detención de proyectos ya en construcción es debido a la reducción del precio o el deterioro de la situación económica global.

La cuarta causa de retrasos en la partida de un proyecto – desacuerdos entre el dueño y el contratista principal - tiene numerosos ejemplos, los que son muy conocidos al interior de la industria, pero que por su carácter técnico o de diferencias de opinión, usualmente no percolan a la opinión pública ni a los líderes de opinión. Además estas causas son, muchas veces, difíciles de demostrar, por lo que se hace inconducente perseguir a un “culpable”. Un ejemplo de este tipo de desacuerdos fue, nuevamente, el proyecto Pascua Lama, el que cambio varias veces

---

<sup>7</sup> Atraso en comprar o en recibir los equipos y otros suministros, falta de personal clave, errores en la construcción, hallazgo de errores en los planos, modificación de criterios, etc.

a la empresa de ingeniería principal durante la ejecución del proyecto<sup>8</sup>, auto causándose un daño económico gigante. Pero este está lejos de ser el único caso. En numerosas ocasiones, los apuros, aprehensiones, tincadas, o abiertamente, incompetencia del dueño o del contratista principal, causó retrasos muy costosos en la puesta en marcha.

Existen con frecuencia incentivos perversos para adelantar artificialmente la fecha de inicio de la producción por parte de los equipos del dueño o del contratista principal. Muchas veces estos comportamientos no buscan deliberadamente engañar a alguien sino que buscan incrementar el valor del proyecto. Por ejemplo, si la puesta en marcha se puede adelantar un mes en una mina que producirá 100 mil toneladas anuales de cobre fino, ello significa incrementar el valor presente (VPN) del proyecto en 55 millones de dólares<sup>9</sup>. Un mes en una construcción que dura tres años no parece mucho, y puede hacer mucho más atractivo el proyecto para el dueño. Obviamente, una vez comenzada la construcción los atrasos no resultan, usualmente, en la suspensión del proyecto, ya que ya hay mucho dinero invertido<sup>10</sup>.

#### **4. Elaboración de escenarios de producción futura**

A partir de la discusión anterior, es evidente que los motivos por los que la producción futura puede ser menor a la proyectada son tan sustanciosos y numerosos, que parecería una suerte cuando no es así. En la década de los 90 ocurrió lo contrario en Chile, es decir hubo una sub estimación de la producción futura, aspecto que no analizaré aquí.

La producción futura del año siguiente y más adelante es elaborada en base a los anuncios públicos de las empresas sobre sus inversiones y puestas en marchas. La producción futura en yacimientos que ya están en operación es más difícil de proyectar porque las empresas son renuentes a comprometerse públicamente con determinadas cuotas, ya que estas pueden variar muy frecuentemente en el tiempo. Por ello las estimaciones de producción futura de yacimientos que ya están en explotación se elabora en base a información privada entregada confidencialmente por las empresas mineras a los expertos que hacen las proyecciones nacionales y globales, y que no compromete metas "oficiales" de producción. Las empresas mineras entienden que es importante contar con estimaciones lo más precisas posibles sobre la producción nacional y global futura ya que en definitiva ello es lo

---

<sup>8</sup> Debido al aumento constante del costo de inversión.

<sup>9</sup> Estimado al precio del cobre de aproximadamente 3 US\$/lb, imperante al momento de escribir este artículo.

<sup>10</sup> Como punto de referencia, la ingeniería completa de un gran proyecto minero debiera representar alrededor del 10% de los costos totales del proyecto, mientras que la construcción, las obras auxiliares (caminos, tendidos eléctricos, campamentos, etc.) realizadas antes que se decida la construcción del proyecto completo, las compras de terrenos, los derechos de agua, la aprobación del estudio de impacto ambiental, la compensación de las comunidades y otros aspectos, suman el 90% restante.

que determinará el precio futuro, incluso el actual, debido a las expectativas, y que permitirá a los gobiernos elaborar estimaciones sobre tributación, exportaciones, tipo de cambio y otras variables claves de la economía.

En el caso de muchas empresas expertas en proyectar la producción futura, sus estimaciones no pueden desviarse sustancialmente de lo que les es indicado por las empresas mineras por motivos obvios. *Por ello las estimaciones más comunes sobre producción futura son la que las propias empresas mineras proporcionan.* En este trabajo este será denominado el **escenario número uno de producción futura de cobre (E1), el de las empresas mineras.**

Se elaboró un escenario E2 en que se aplica a E1 un factor de corrección estimado a partir de la proyección de producción realizada en 2008 hasta 2014, comparada con la producción realmente lograda en estos años. Este último **escenario (E2) lo denomino Escenario con error de estimación igual al periodo 2008-2014.**

**Finalmente el escenario E3 es igual a la mitad el error de estimación utilizado en escenario E2.**

## **5. Escenario E1 (empresas mineras)**

Debido a que este escenario incluye la producción de hasta 6 años en el futuro (2020) se contabiliza la entrada en operación de aquellos proyectos que ya están en construcción, y de aquellos proyectos que tendrían un potencial para realizarse y entrar en producción antes de 2020.

Específicamente, se supone que El Teniente Nivel Mina, la concentradora OGP1 de Minera Escondida, Antucoya de Antofagasta Minerals, las inversiones que se realizarán en Centinela (nueva mina que une Esperanza y Tesoro), la mini expansión de Pelambres, entrarán en operación en los años anunciados, antes de 2020. Este escenario no considera una ampliación de Andacollo desde 75 mil a 100 toneladas de cobre anuales<sup>11</sup>, la ampliación de Collahuasi a 850 mil toneladas<sup>12</sup>, la producción de las fases hipógenas<sup>13</sup> de Quebrada Blanca<sup>14</sup>, Lomas Bayas<sup>15</sup>, Zaldívar<sup>16</sup>,

---

<sup>11</sup> Andacollo aún no presenta un Estudio de Impacto Ambiental y la última etapa de ingeniería realizada fue la conceptual, terminada en 2013. Si la empresa presentara el EIA y comenzara la ingeniería básica prontamente, podría construir la ampliación para que entrara en producción hacia los últimos años de la década.

<sup>12</sup> Collahuasi no ha presentado el EIA de la ampliación, tampoco se ha comenzado la ingeniería básica, es decir si todos los pasos siguientes se dieran inmediatamente esta ampliación estaría operativa, estimativamente, en 2021.

<sup>13</sup> Estos yacimientos producen cobre en base a la explotación de óxidos y sulfuros secundarios, mientras que la fase hipógena es primaria, con sulfuros primarios, complejos, muy difíciles de lixiviar.

<sup>14</sup> Quebrada Blanca se desistió de EIA en 2012, eso sí terminó ingeniería básica. Si la empresa decide ir adelante, y el EIA es concluido en dos años, podría alcanzar a iniciar producción en 2020.

Mantoverde<sup>17</sup>, El Abra<sup>18</sup>, y Spence<sup>19</sup>, entrando en producción hacia fines de la década.

El criterio que se utilizó para desestimar la entrada en operación de las minas indicadas anteriormente tiene que ver con el desestimiento de las propias empresas de esos proyectos y con los tiempos necesarios para llevar adelante un proyecto, tal como lo muestra la Figura 1. Si una empresa minera no ha presentado el EIA ni ha realizado la ingeniería básica a la fecha, aunque decida en los próximos meses ir adelante y todo sale a la perfección, su producción estaría partiendo a fines de 2019 lo más temprano. Su impacto en el total de producción del país en el período 2014-2020 sería marginal.

### Duración de un gran Proyecto Minero



Figura 1: Etapas de un gran proyecto minero.

El escenario E1 supone que Chuquicamata Subterránea y la concentradora de Radomiro Tomic entrarían en producción en los años previstos por Codelco y que Salvador no cerrará su explotación actual sino que esta será reemplazada justo a tiempo por la producción a partir del Rajo Inca. *Si bien los supuestos sobre estos tres proyectos de Codelco son muy optimistas en cuanto a su puesta en marcha, ello puede ser corregido en los escenarios 2 y 3.*

Este escenario supone que las grandes expansiones de Escondida, Pelambres, Andina y los Bronces, así como los yacimientos asociados a este último, no entrarían en producción antes de 2020.

<sup>15</sup> No hay EIA presentado ni ingeniería básica iniciada, de comenzar estas ahora, difícilmente podrían producir en 2020.

<sup>16</sup> No está reportado que hayan hecho ingeniería conceptual. Imposible que produzcan en 2020.

<sup>17</sup> Comenzó ingeniería conceptual en julio 2013. Altamente improbable que estén produciendo en 2020.

<sup>18</sup> Ingeniería conceptual terminada en diciembre 2013, no hay EIA presentado ni ingeniería básica iniciada. Altamente improbable que estén produciendo en 2020.

<sup>19</sup> Ingeniería conceptual terminada en junio 2013, EIA no presentado, ni ingeniería básica comenzada. Altamente improbable que esté produciendo en 2020.

Supone también que una serie de inversiones de mediano tamaño, como un aumento productivo de la mina Candelaria no entraría en producción antes de 2020. Es importante mencionar que esta mina está en proceso de ser comprada a Freeport McMoran por otra empresa minera, la que podría tener planes de expansión. De ser así el escenario E1 tendría una producción adicional hacia 2020, aunque posiblemente este aporte sea marginal con respecto al total de Chile. Puede también haber otros casos como el de Minera Candelaria que no fueron considerados, pero al mismo tiempo se supuso que el aporte de las medianas y pequeñas minas se mantendría prácticamente constante, lo que podría no corresponder a la realidad.

## 6. Escenarios más probables (E2 a E3)

Los escenarios en que la producción de cobre se ubica entre E2 y E3 se denominan los más probables, pues dan cuenta de las numerosas causas que podrían reducir la producción proyectada en E1. Estas causas fueron analizadas en las secciones 2 y 3

Para elaborar el escenario E2 se examinó las expectativas de las empresas sobre su producción futura a 2014 manifestadas en julio de 2008. La Figura 2 muestra la producción proyectada en julio 2008 hasta 2014 (ex ante) por las empresas mineras chilenas, y muestra también la producción lograda (ex post) en la realidad. Se aprecia que las expectativas de 2008 respecto a las producciones de 2013 y 2014 fueron un 20% superior a la producción lograda.

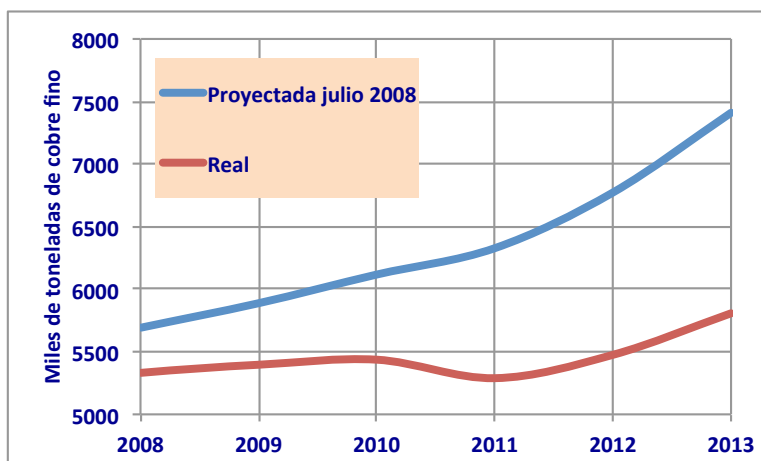


Figura 2: Producción de cobre chileno proyectada 2008-2014 según empresas mineras en julio 2008 y producción lograda en dicho período.

El Escenario E3 considera un error de estimación de la mitad del escenario E2, es decir, el escenario E3 es menos conservador que E2.

La Figura 3 muestra los tres escenarios de producción descritos.



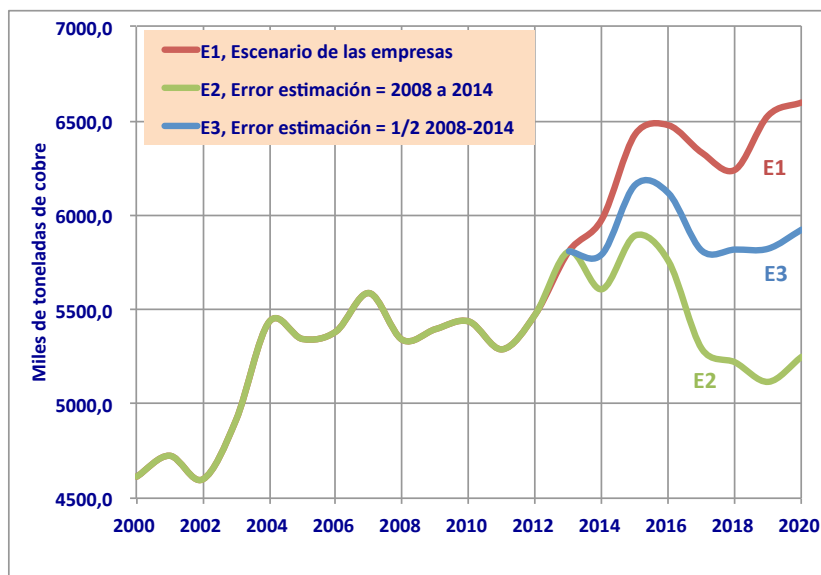


Figura 3: Tres escenarios de producción de cobre para Chile

## 7. Conclusiones

El objetivo de este artículo es estimar la producción de cobre de Chile en el período 2014-2020. Dichas proyecciones recogen la tendencia respecto de la inversión minera que se venía dando en los mercados mundiales y en el país desde 2013, y *no recoge los eventuales efectos que la reforma tributaria* que se discute actualmente en el Parlamento chileno podría tener en la inversión minera. Por ello es preciso clarificar que las proyecciones son “**pre reforma tributaria**”. Esta clarificación no intenta sugerir si la reforma tributaria tendrá o no un efecto sobre la inversión minera.

Los resultados de este estudio indican que producir un tercio del cobre del mundo como Chile logró en 2013, y mantener dicha participación en el futuro, es considerablemente más difícil de lo que parece.

La Figura 3 muestra que el mejor escenario de producción de cobre de Chile estimado para 2020 elevaría la producción anual en aproximadamente 14% respecto a 2013.

Los escenarios E2 y E3 consideran que la producción de Chile del mejor escenario (E1) sobre estimaría dicha producción en 20 y 10% respectivamente, siendo la primera cifra igual al error de estimación en que se incurrió en 2008 respecto a las producciones de 2013 y 2014. Dadas las numerosas causas por las que la producción puede reducirse, ello se juzga altamente probable.

Por ello, existiría una alta probabilidad que la producción de cobre de Chile en 2020 sea similar o inferior a la producción de 2013.

La reducción de producción observada en los tres escenarios desde 2016 a 2018 se origina en la reducción de leyes de cobre de los grandes yacimientos y que es paliada en 2019 y 2020 por la entrada en producción de los proyectos estructurales de Codelco (Chuquicamata Subterráneo, Radomiro Tomic, y Rajo Inca), siempre que estos comiencen a producir en las fechas prometidas en la actualidad.

Los tres escenarios de producción presentados son considerablemente menores que los conocidos públicamente hasta ahora, lo que tiene efectos importantes en la recaudación de impuestos, en las exportaciones, en el tipo de cambio futuro, y en otras variables macroeconómicas de importancia.

La capacidad de Chile de producir cantidades anuales superiores de cobre después de 2020 está intacta, sólo que para que ello se materialice hay que resolver las dos barreras que han hecho la producción chilena menos competitiva que la de otros países, en particular la de Perú, uno de los dos grandes competidores de Chile en la producción de cobre (el otro es China). Estas barreras son los altos costos de energía, y las demoras excesivas en la aprobación ambiental de los proyectos. También juega en contra de la inversión en Chile los altos costos laborales, los que serían al menos el doble que los de Perú.

*Reconocer que existen barreras “nacionales” para la inversión de cobre en el país significa un gran adelanto, y significa al mismo tiempo, renunciar a instaurar nuevas barreras para dicha inversión.*

Teóricamente Chile tiene los recursos mineros para alcanzar una producción cercana a los 10 millones de toneladas anuales más adelante ya que tiene un 36% de los recursos de cobre del mundo, seguido por Perú, Estados Unidos y Rusia, con 8%, 8%, y 6% respectivamente. Lograr una producción superior de cobre del país es posible más allá de 2020 y significaría inyectar un motor de crecimiento del país que este necesita para resolver los grandes problemas sociales que enfrenta.

Finalmente, es fundamental entender que debido a los largos periodos necesarios para materializar proyectos mineros, las decisiones que se adopten en el Gobierno de la Presidenta Bachelet, con suerte se materializarán en nueva producción a fines de esta década, y seguro desde comienzos de la próxima.