

PRODUCCIÓN DE SULFATO DE COBRE A GRAN ESCALA COMO UNA ALTERNATIVA A PROCESOS CONVENCIONALES



Luis Araya⁽¹⁾ and Danyer Girón⁽²⁾.

Minera Pampa de Cobre S.A. Grupo Milpo S.A.A., PERU.

(1) Gerente de Operaciones (2) Metalurgista de Proyectos

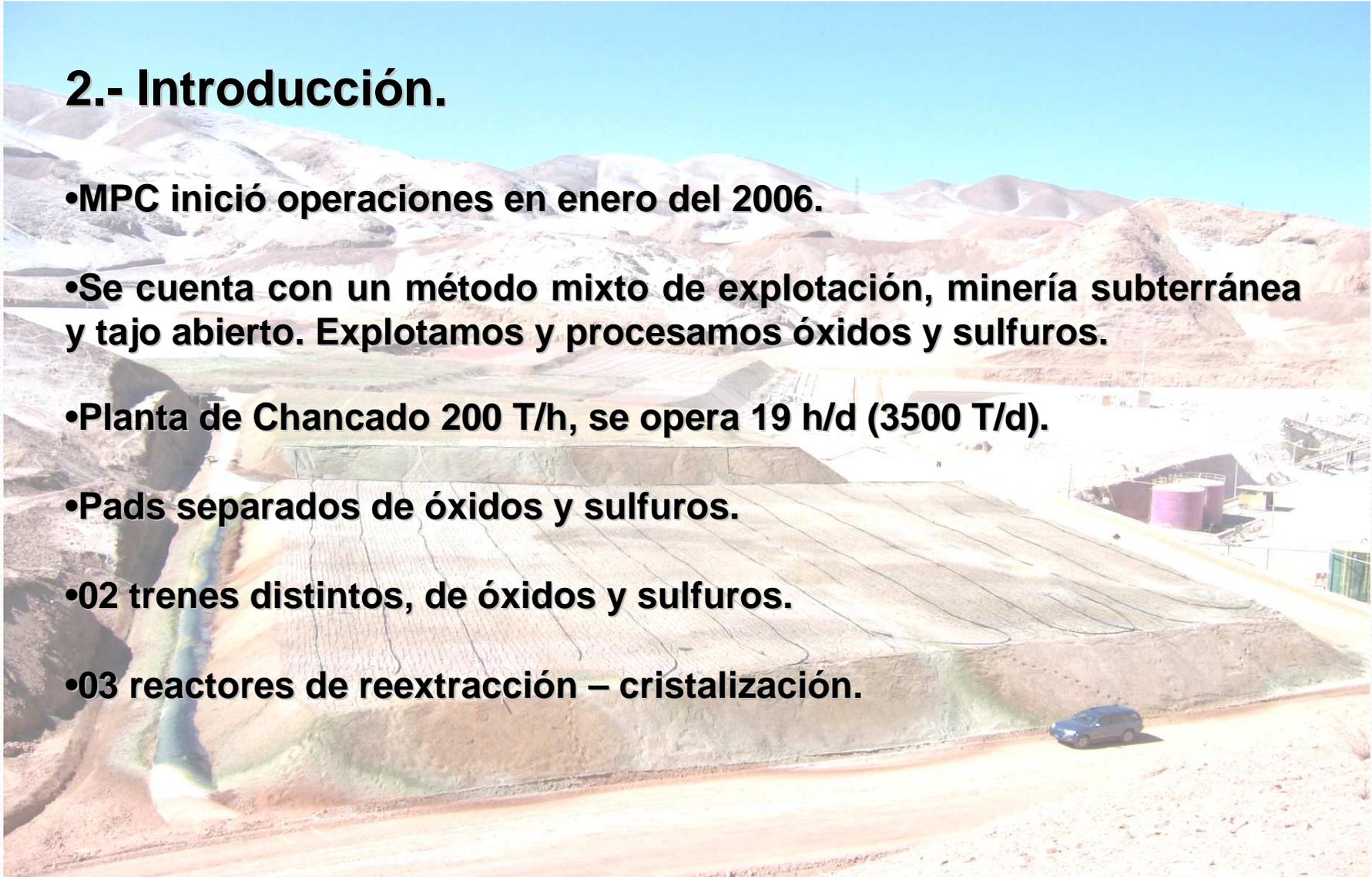
1.- Ubicación de Minera Pampa de Cobre



- La concesión se encuentra ubicada en el límite entre Moquegua y Arequipa.
- Esta ubicada en Distrito La Capilla (a 45 Km. al sur de la Ciudad de Arequipa), Provincia General Sánchez Cerro, Departamento de Moquegua.

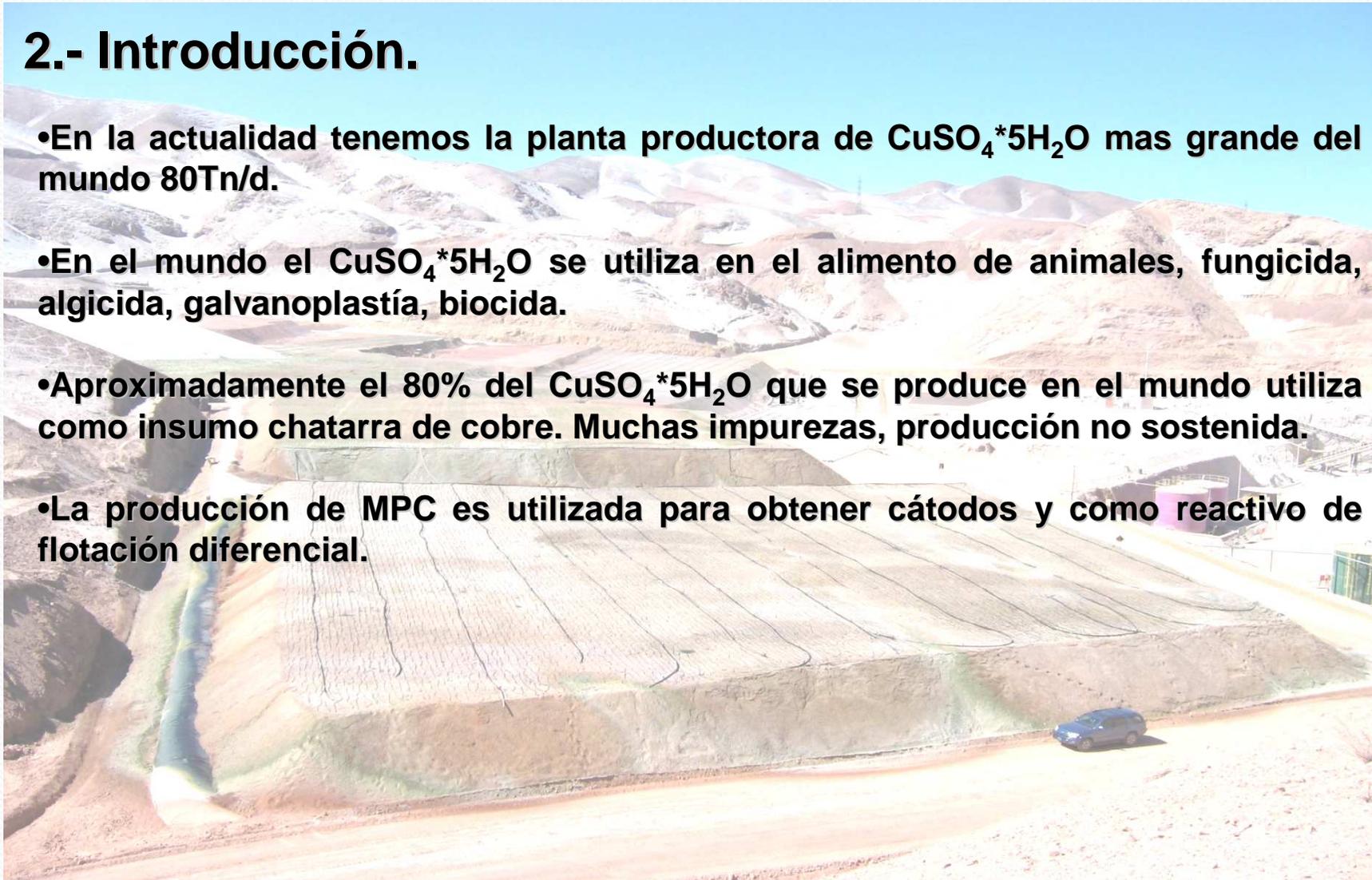
2.- Introducción.

- MPC inició operaciones en enero del 2006.
- Se cuenta con un método mixto de explotación, minería subterránea y tajo abierto. Explotamos y procesamos óxidos y sulfuros.
- Planta de Chancado 200 T/h, se opera 19 h/d (3500 T/d).
- Pads separados de óxidos y sulfuros.
- 02 trenes distintos, de óxidos y sulfuros.
- 03 reactores de reextracción – cristalización.



2.- Introducción.

- En la actualidad tenemos la planta productora de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ mas grande del mundo 80Tn/d.
- En el mundo el $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ se utiliza en el alimento de animales, fungicida, algicida, galvanoplastía, biocida.
- Aproximadamente el 80% del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ que se produce en el mundo utiliza como insumo chatarra de cobre. Muchas impurezas, producción no sostenida.
- La producción de MPC es utilizada para obtener cátodos y como reactivo de flotación diferencial.



2.- Proceso de extracción por solventes y Cristalización SX-CR.

En el proceso extracción por solventes – cristalización (SX-CR), ocurren tres reacciones principales, las cuales se muestran a continuación:



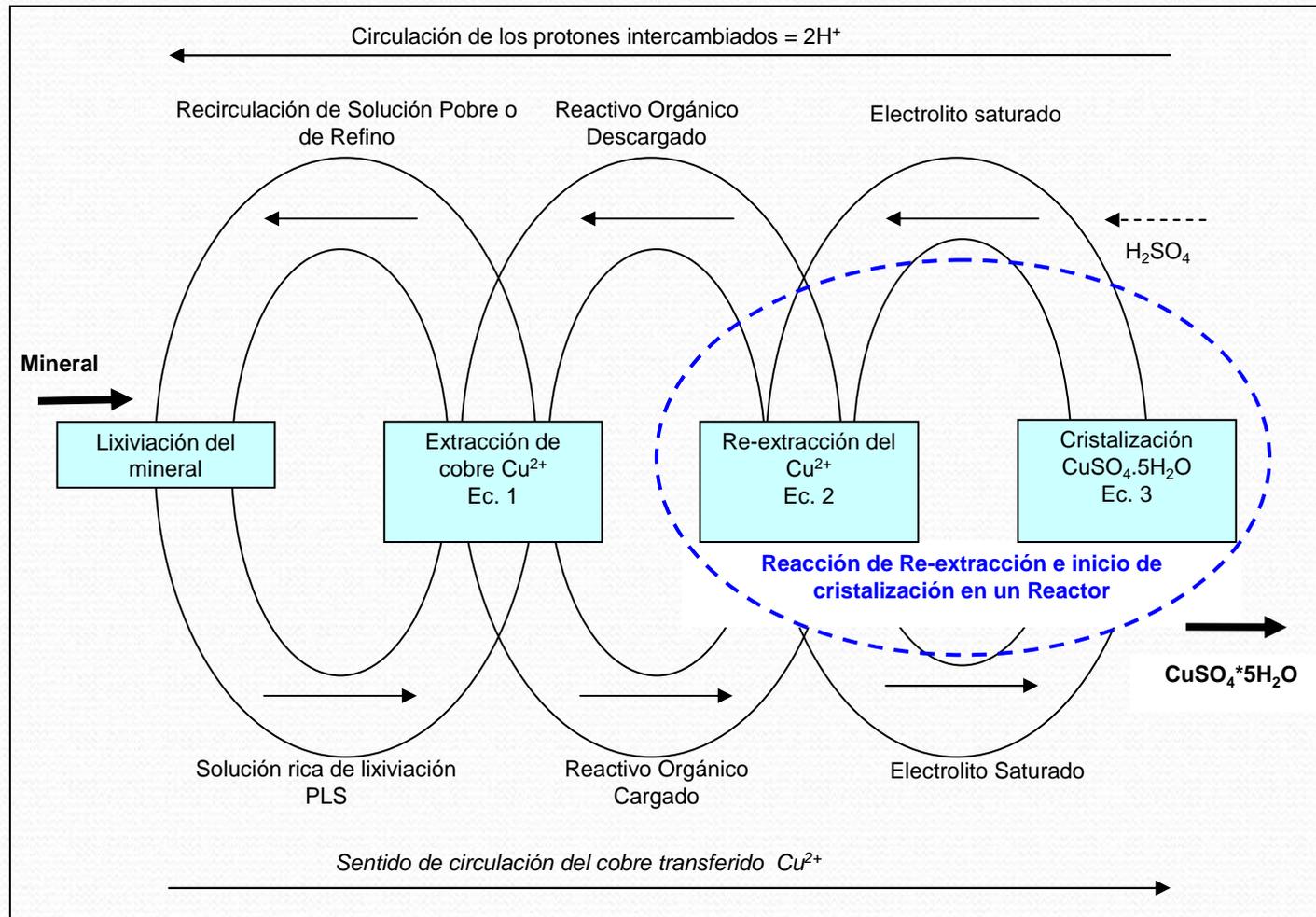


Fig. 1 Diagrama de flujos esquemático para la producción de $CuSO_4 \cdot 5H_2O$. Hacia la derecha circula el Cu^{2+} y en sentido contrario circula el H^+ que es adicionado como H_2SO_4 .

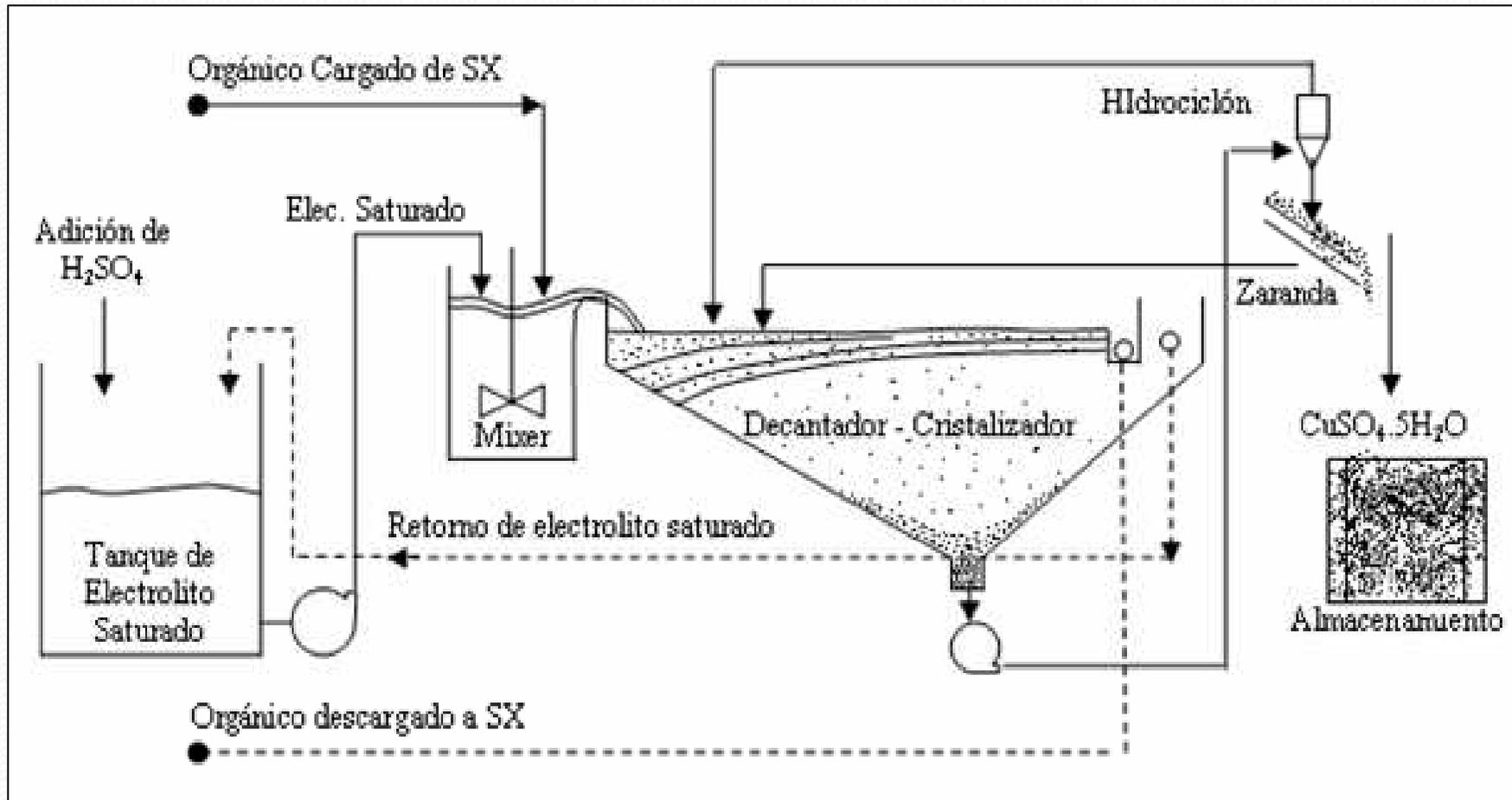


Fig. 2 Diagrama esquemático del proceso de Reextracción-Cristalización y separación sólido-líquido del CuSO₄*5H₂O.

3.- Cristalización por saturación.

- La cristalización es un proceso físico-químico, tiene tres etapas: etapa de supersaturación, nucleación de los cristales y crecimiento de los cristales.
- La supersaturación es la fuerza impulsora tanto de la nucleación como del crecimiento. La sobresaturación en el presente proceso de cristalización es generada por el ión cúprico Cu^{2+} producto de la reacción de reextracción.
- La eficiencia de la reacción de re-extracción Ec.2, es función de la concentración del ión cúprico Cu^{2+} la cual debe ser lo más baja posible, Ec. 4.
- La sobresaturación en cobre que es condición para que ocurra la cristalización Ec. 3 y Ec. 5.

$$K \frac{[RH]^2}{[H^+]} = \frac{[R_2Cu]}{[Cu^{2+}]} \quad (4)$$

$$K [SO_4^{2-}] [H_2O]^5 = \frac{[Cu^{2+}]}{[CuSO_4 * 5H_2O]} \quad (5)$$

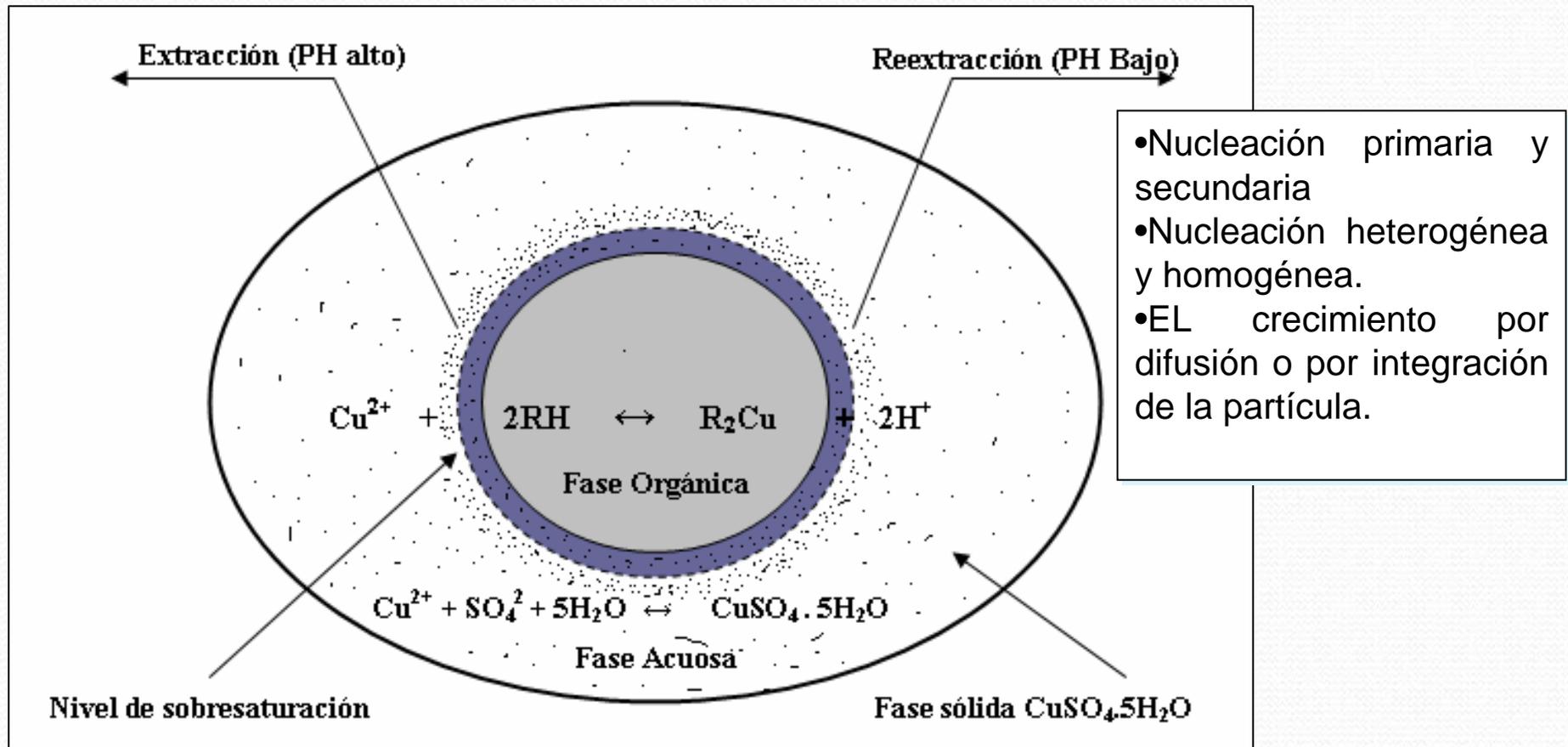


Fig. 3: Esquema de transferencia de cobre desde la fase acuosa a la fase orgánica y viceversa además se muestra la fase sólida de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$.

4.- Niveles de producción de sulfato de cobre desde la puesta en operación.

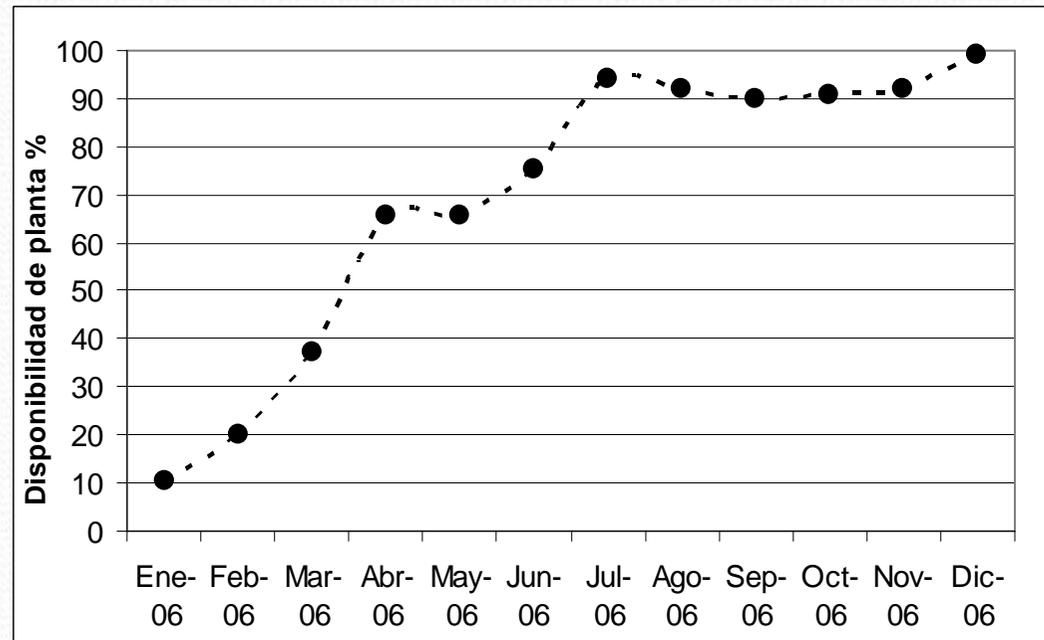


Fig. 4 Disponibilidad de planta de SX-CR durante el año 2006.

- Durante los meses de enero y febrero cristalización de equipos y líneas de transporte.
- Durante el mes marzo se reemplazo líneas de acero, por líneas y accesorios de HDPE.
- Durante los meses de abril y mayo y separación S/L y sistema de bombeo.

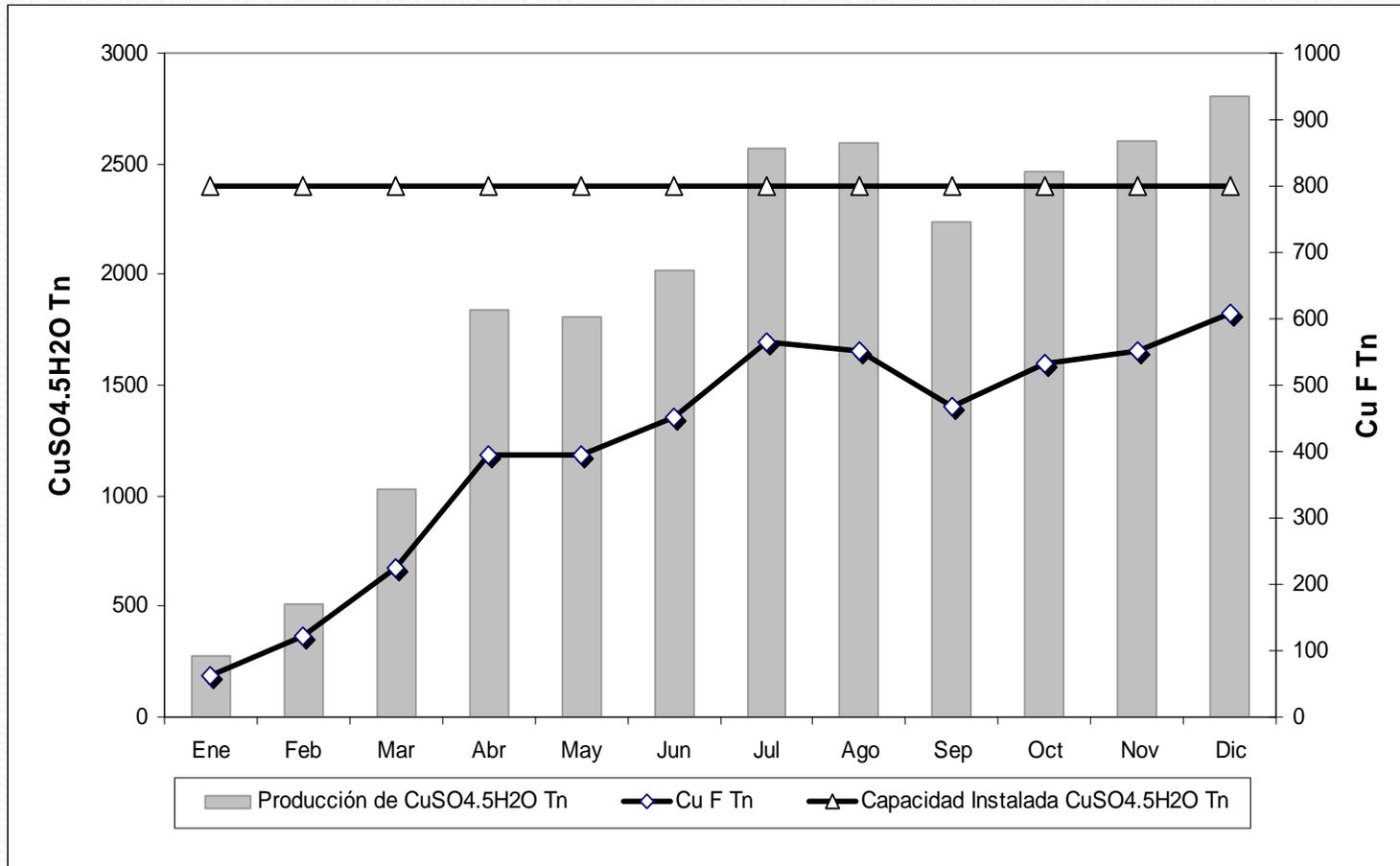


Fig. 5 Producción mensual de CuSO₄*5H₂O y Cu fino en el año 2006.

4.- Costos de inversión y producción.

Tabla 1. Costos de inversión para procesos LIX-SX-EW y LIX-SX-CR de mediana minería.

Proceso	Mineral	Costo de inversión, US\$/TMCuF Año
LIX-SX-EW	Óxido/sulfuro	2500
LIX-SX-CR	Óxido/sulfuro	1500

Tabla 2. Costo de producción para procesos de LIX-SX-EW y LIX-SX-CR.

Proceso	centavos US\$/Lb
LIX-SX-EW	35-40
LIX-SX-CR	38-44

- Los costos de inversión en un proceso LIX-SX-CR son menores que el proceso convencional de LIX-SX-EW
- El proceso de reextracción-cristalización se realiza en una sola planta, mientras que el proceso convencional tiene una planta adicional de EW.
- Otro factor importante es el bajo consumo de energía en el proceso SX-CR.
- Los costos de producción en SX-CR, son muy sensibles al consumo y costo del ácido sulfúrico.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

- Aproximadamente el 80% del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ que se produce en el mundo utiliza como insumo chatarra de cobre. EL sulfato de cobre producido a partir de chatarra de cobre no presenta garantía referente al contenido de impurezas, a niveles de producción ni a continuidad de producción.
- La producción de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ por LIX-SX-CR, en relación a la producción de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a partir de chatarra, asegura un producto bajo en impurezas, de características similares en el tiempo, además de una producción sostenida.
- La reacción de reextracción en el proceso LIX-SX-CR se ve limitada por la sobresaturación en cobre que es condición para que ocurra la nucleación y crecimiento.
- El principal problema operacional, en plantas SX-CR es la continua meta-estabilidad que provoca la sobresaturación del Cu^{2+} , la cual provoca a su vez la cristalización espontánea de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ en los equipos y la no disponibilidad de planta.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

- La disponibilidad de la planta de MPC, se incrementa rápidamente evitando los fenómenos de cristalización en equipos y sistemas de transporte.
- Los costos de inversión en plantas LIX-SX-CR son menores en un 40% que los del proceso convencional de LIX-SX-EW, principalmente porque no se invierte en una planta EW.
- A diferencia del proceso convencional, el proceso de reextracción-cristalización se realiza en una sola planta, mientras que el proceso convencional tiene una planta adicional de EW. Otro factor importante es el bajo consumo de energía en el proceso SX-CR.
- Los costos de producción en SX-CR, son muy sensibles al consumo y costo del ácido sulfúrico, debido a que el proceso no genera ácido y a que hay un gasto adicional en relación al proceso convencional, para precipitar el cobre como sulfato.

