



fcfm

Ingeniería de Minas
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Costos y Reservas

y el Royalty como factor modificante

**Comisión Calificadora de Competencias
en Recursos y Reservas Mineras**

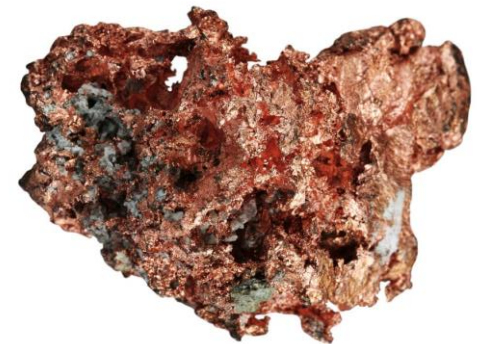
15 de septiembre de 2021

Luis Felipe Orellana

Emilio Castillo

Índice

- Reservas y factores modificantes
- Metodología: análisis de costos
- Ejemplo: royalty ad-valorem
- Palabras finales



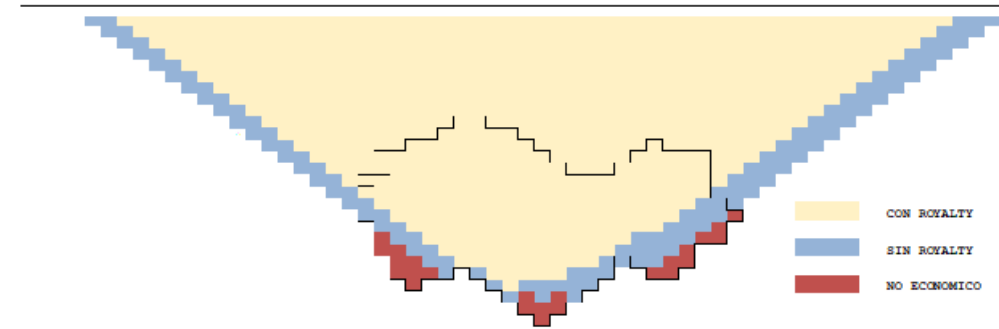
Competitividad y reservas

- La competitividad de largo plazo depende de la capacidad de generar **reservas mineras**.
- La determinación de reservas es una **definición económica**.
- Cambio en condiciones económicas **afecta** decisiones mineras.
- Etapas: **exploración, desarrollo, producción y cierre**.

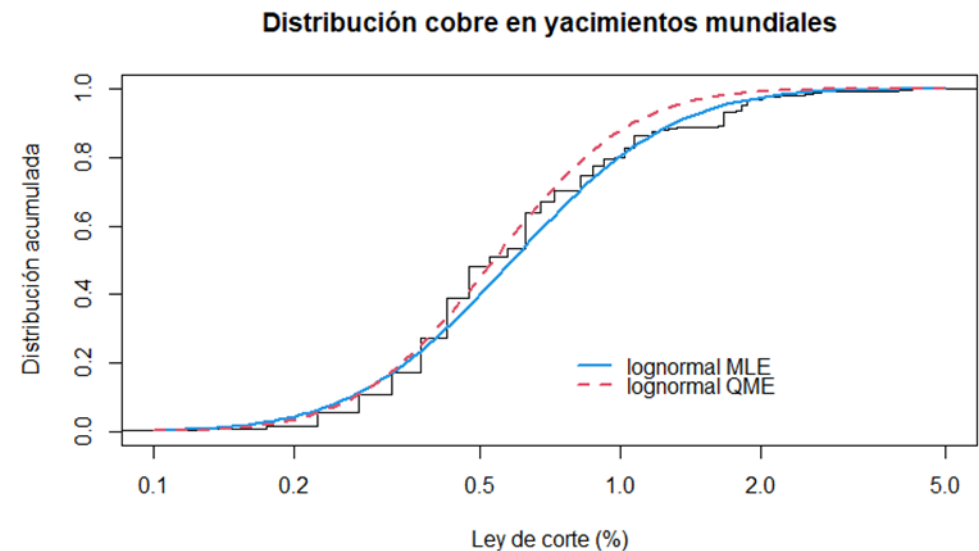


Reservas y ley de corte

- Cambio en precios/costos afecta decisión **marginal** de extracción.
- La determinación de reservas es un problema **intertemporal**.
- **Perspectiva de la presentación:** analizar impacto en reservas por estructura de costos y ejemplificar royalty ad-valorem



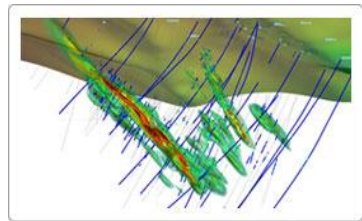
Fuente: Orellana (2021)



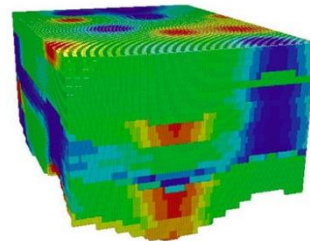
Fuente: Castillo (2021) en base a Jowitt & Mudd (2018)

Preámbulo

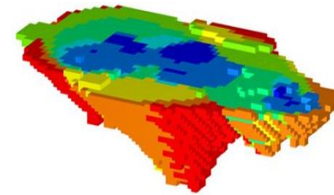
Las **reservas mineras** condicionan la vida útil de los proyectos mineros, la producción, y el valor final.



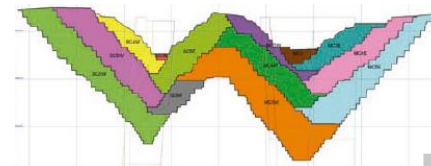
Yacimiento



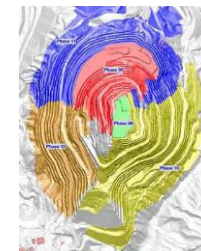
Modelo de recursos



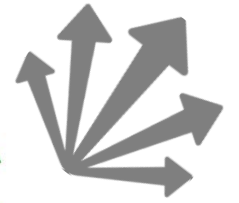
Determinación de envoltura económica



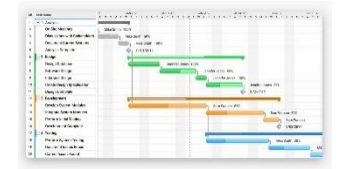
Secuenciamiento de extracción



Diseño de fases y botaderos



EVALUACION ECONOMICA



PLAN MINERO



Diagrama de flujo simplificado diseño y planificación de minas, adaptado de Nelis (2020)

Envolvente Económica: FM

Beneficio = Ingresos – Costos

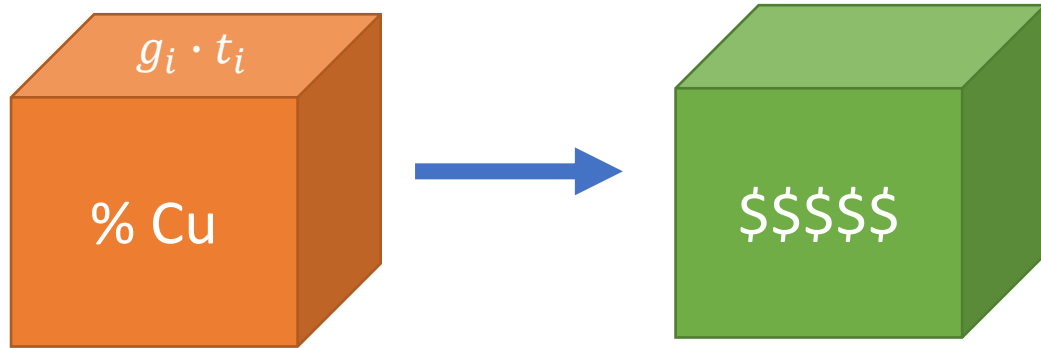


Foto de CODELCO

$$\text{Beneficio (USD)} = (P \cdot (1 - \text{Royalty}(\%)) - C_v) \left(\frac{\text{USD}}{\text{lb}} \right) \cdot \text{Rec}(\%) \cdot g_i(\%) \cdot t_i(\text{ton}) \cdot f \left(\frac{\text{lb}}{\text{ton}} \right)$$

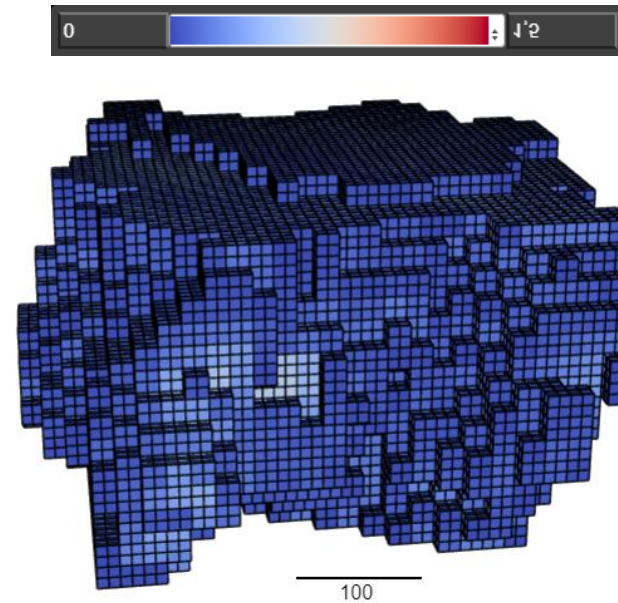
$$V = \text{Beneficio} - (C_p + C_m) \quad \rightarrow \rightarrow \text{bloque procesado}$$

$$V' = -C_m \quad \rightarrow \rightarrow \text{bloque minado a botadero}$$

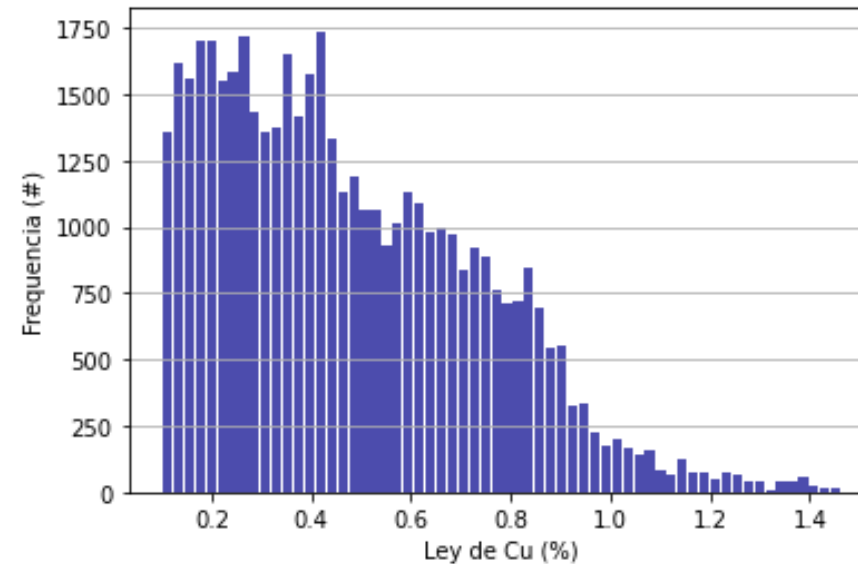
$$\max(V, V')$$

Metodología

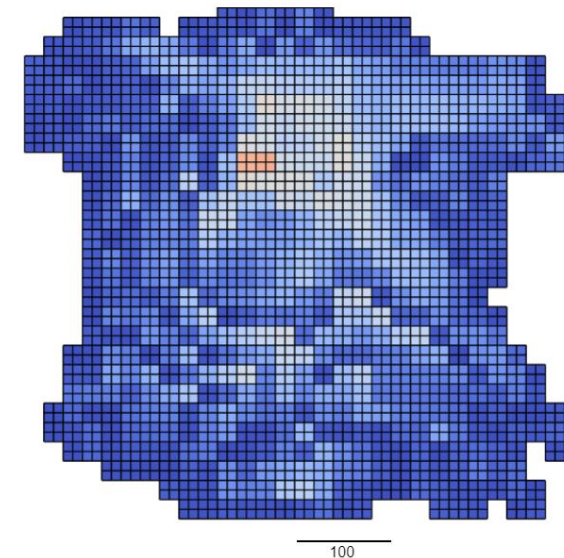
El yacimiento que hemos considerado tiene una ley media de cobre igual 0.43%, ley máxima de 1.46% y consta de cerca de 140.000 MTon de roca extendidos en aproximadamente 640.000 m²



Histograma de leyes



Vista en planta



Metodología

Minería a cielo abierto

Términos / Escenario	Costos bajos	Costos altos
Costo mina C_M $\left(\frac{USD}{ton}\right)$	2	4
Costo planta C_p $\left(\frac{USD}{ton}\right)$	8	12
Costo venta C_v $\left(\frac{USD}{lb}\right)$	0.35	0.35
Recuperación $Rec(\%)$	85	85



Foto de CODELCO

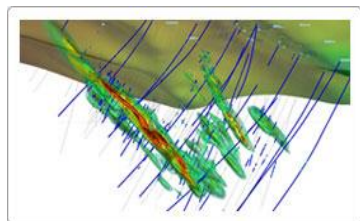
...minería subterránea es distinto

Metodología

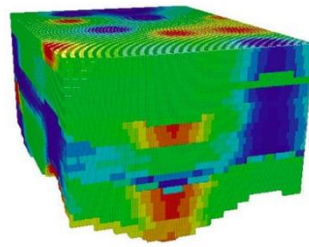
Finalmente, se selecciona el ***pit*** que maximiza el valor. Se compara aspectos en la decisión inversión

- **Reservas**
- Ritmo de producción
- Vida útil
- VPN

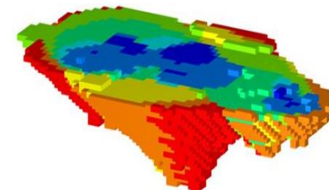
$$\left\{ \begin{array}{l} \max_{q_t} V = -I_0 + \sum_t^T \delta^t \pi(q_t) \\ s. a R_t - R_{t-1} = q_t \end{array} \right.$$



Yacimiento



Modelo de recursos



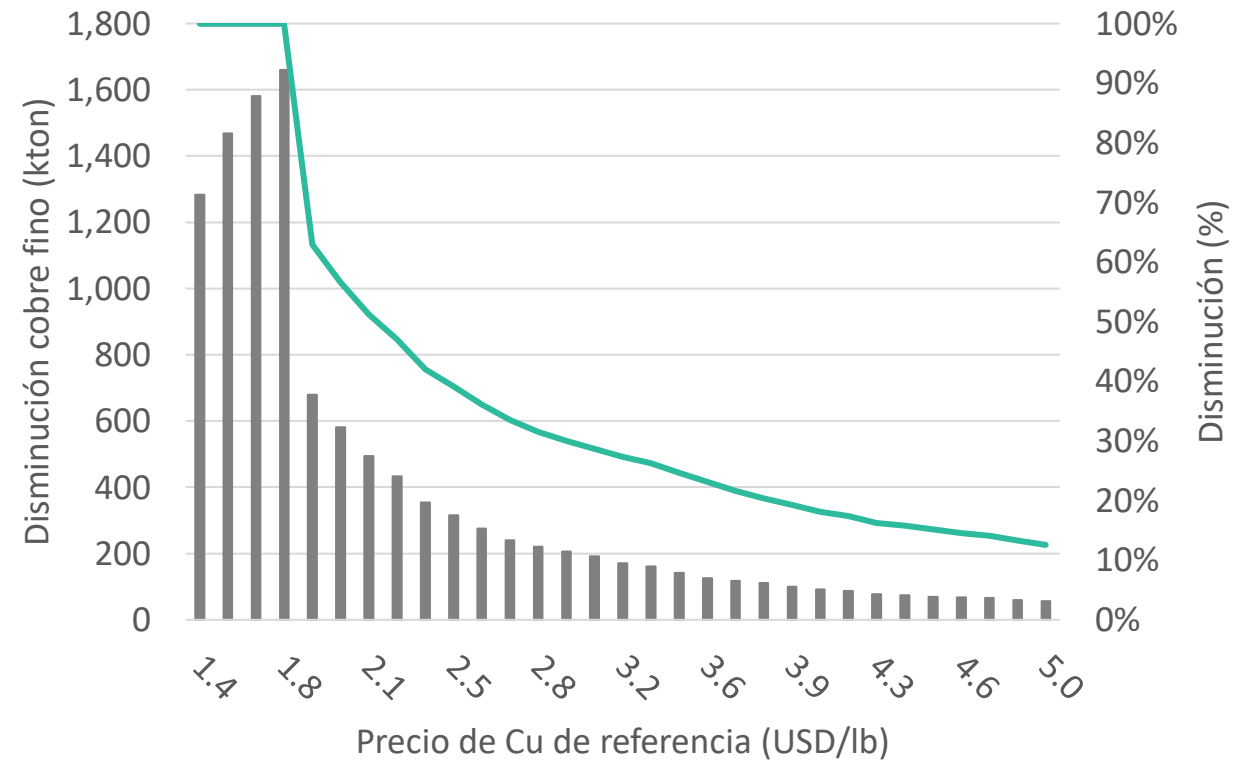
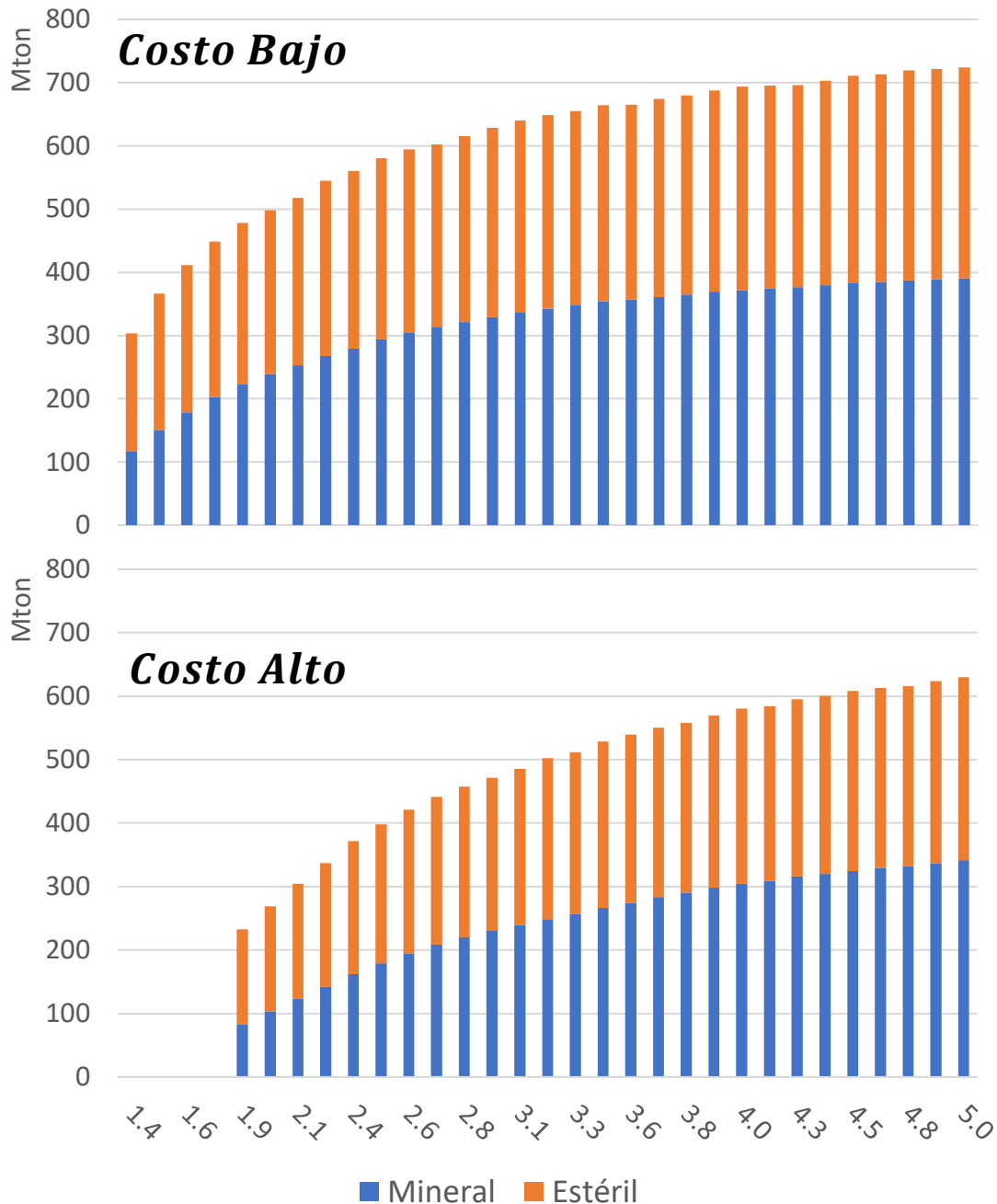
Determinación de envoltura económica



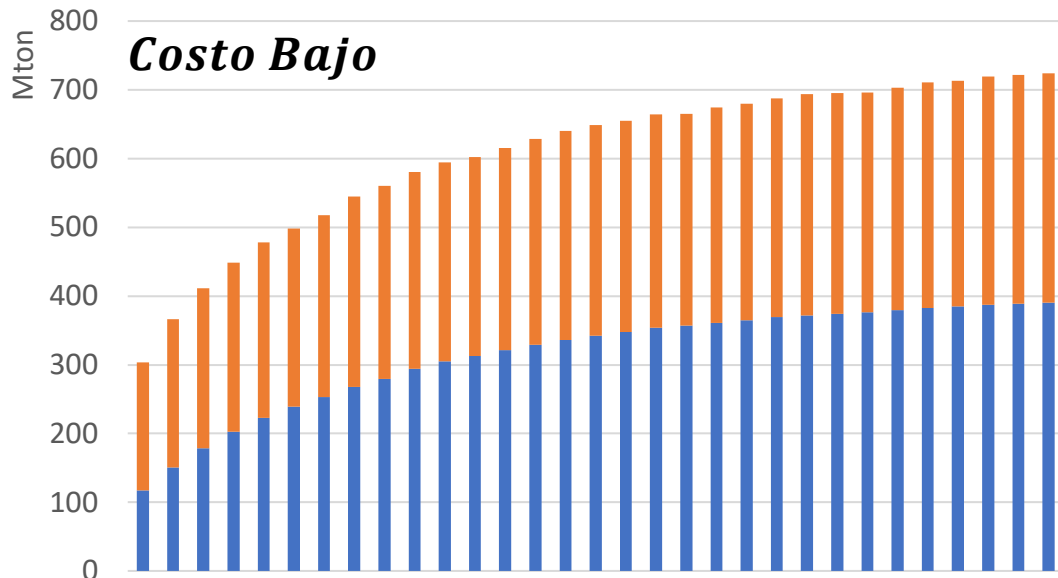
Evaluación Económica

Resultados: costos

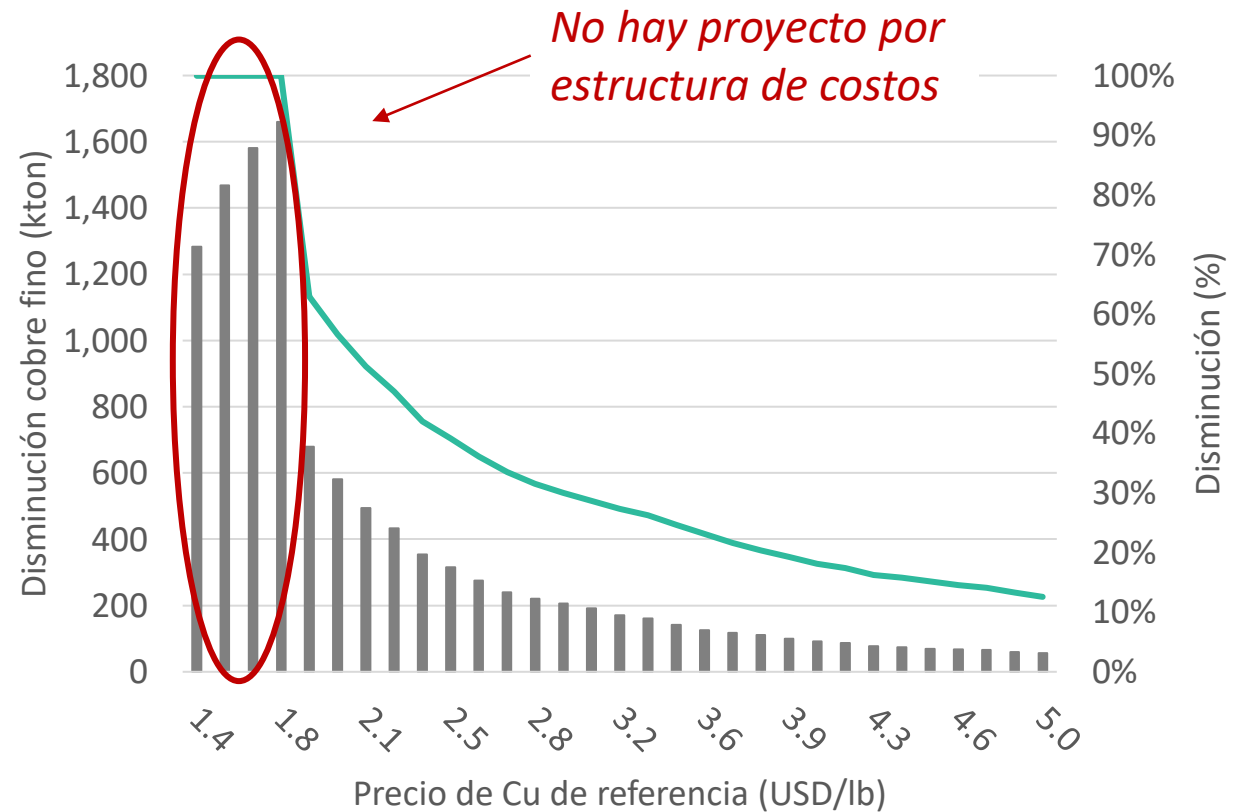
Estructura de costos tiene efecto sobre el diseño y el negocio → Disminución de envoltente y fino



Resultados: costos

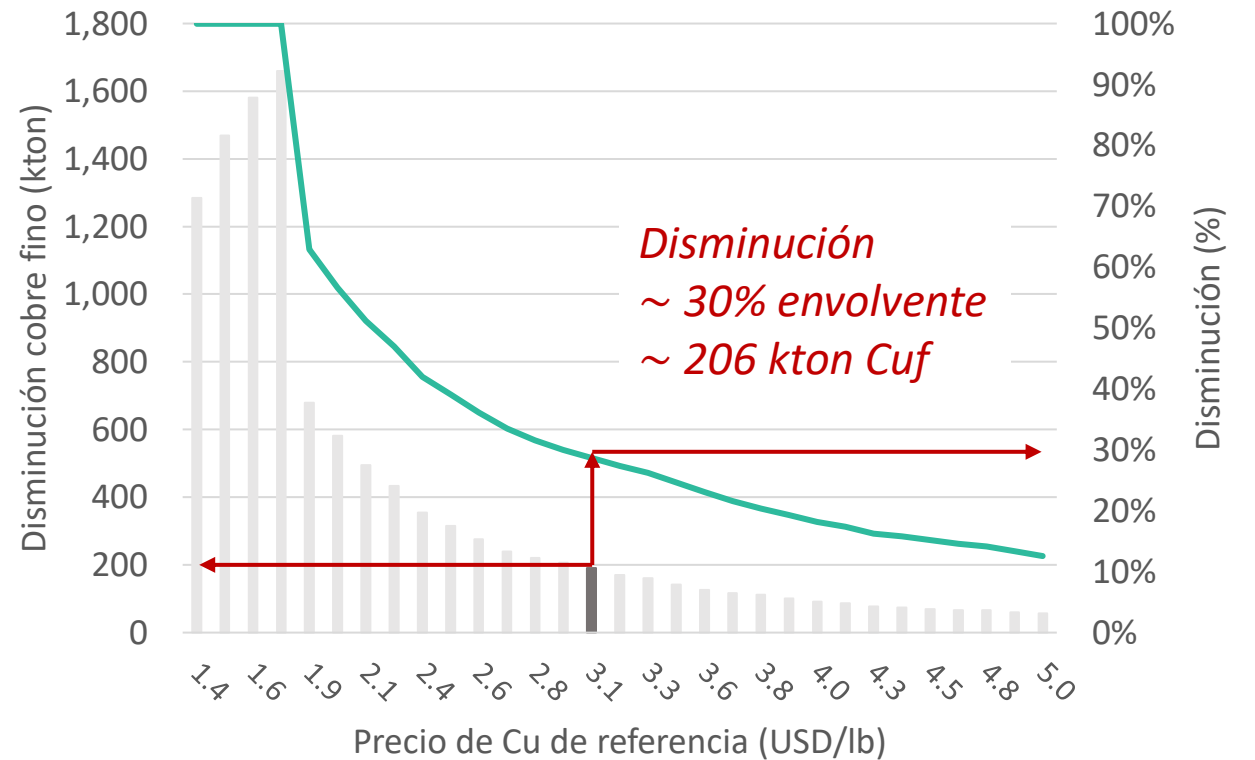
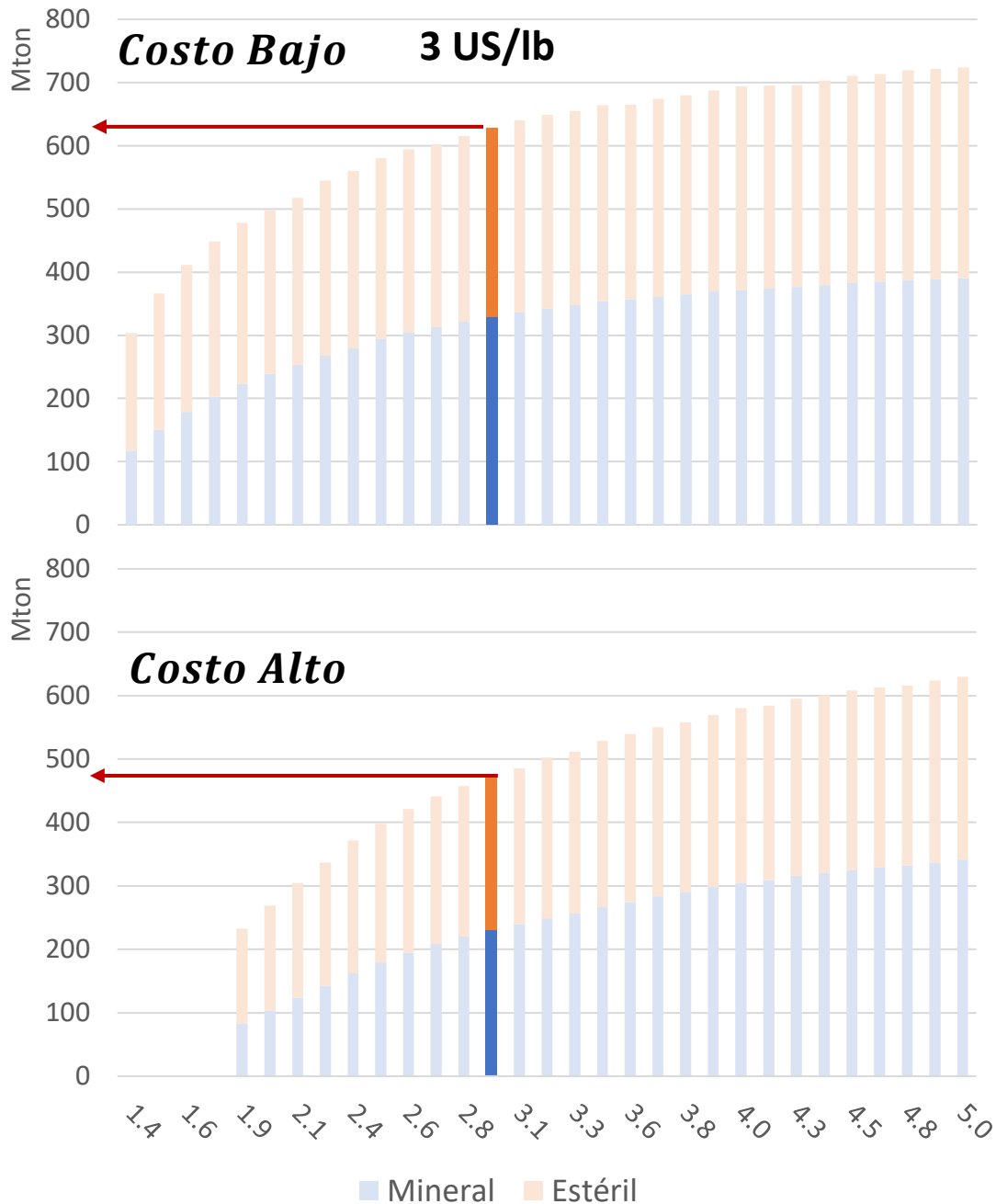


Estructura de costos tiene efecto sobre el diseño y el negocio → Disminución de envolverte y fino



Resultados: costos

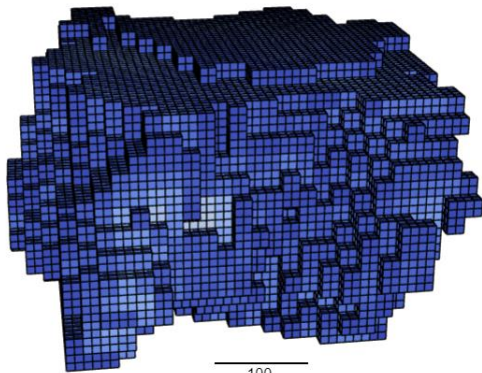
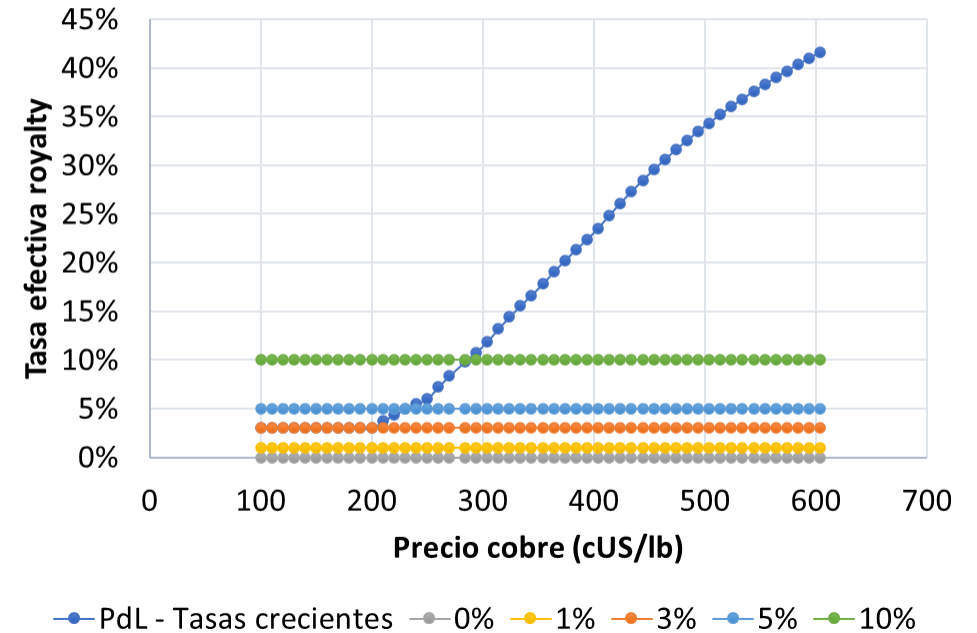
Menor tamaño de envoltorio limita problema intertemporal → Disminución de reservas y VPN



El Caso de un royalty ad-valorem

- Aplicamos distintos ad-valorem. No incluimos en el análisis otros impuestos sobre utilidades.
- **Asumimos escenarios de costos: altos y bajos**

Tasa efectiva royalty (%) ad - valorem sobre concentrados de cobre



Yacimiento ley media de cobre igual 0.43%, ley máx. 1.46%, 140.000 MTON de roca, superficie aprox. 640.000 m²

Términos / Escenario	Costos bajos	Costos altos
Costo mina $C_M \left(\frac{USD}{ton} \right)$	2	4
Costo planta $C_p \left(\frac{USD}{ton} \right)$	8	12
Costo venta $C_v \left(\frac{USD}{lb} \right)$	0.35	0.35
Recuperación $Rec(\%)$	85	85

Perfiles y tasas ad-valorem



<i>Perfil</i>	<i>A</i> <i>Status-quo</i>	<i>B</i> <i>Tasas crecientes</i>	<i>C</i> <i>1% flat</i>	<i>D</i> <i>3% flat</i>	<i>E</i> <i>5% flat</i>	<i>F</i> <i>10% flat</i>
Royalty minero Ad-valorem	Sin tributo, 0%	3% a 2 US/lb, 11% a 3 US/lb, 23% a 4 US/lb, y creciente con el precio.	1% fijo, independiente del precio	3% fijo, independiente del precio	5% fijo, independiente del precio	10% fijo, independiente del precio

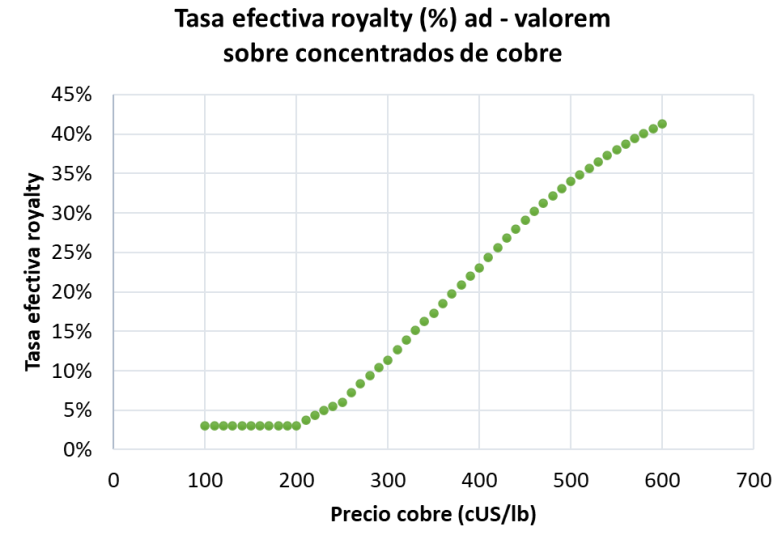
Perfiles y tasas ad-valorem

Perfil	A <i>Status-quo</i>	B <i>Tasas crecientes</i>	C <i>1% flat</i>	D <i>3% flat</i>	E <i>5% flat</i>	F <i>10% flat</i>
Royalty minero Ad-valorem	Sin tributo, 0%	3% a 2 US/lb, 11% a 3 US/lb, 23% a 4 US/lb, y creciente con el precio.	1% fijo, independiente del precio	3% fijo, independiente del precio	5% fijo, independiente del precio	10% fijo, independiente del precio



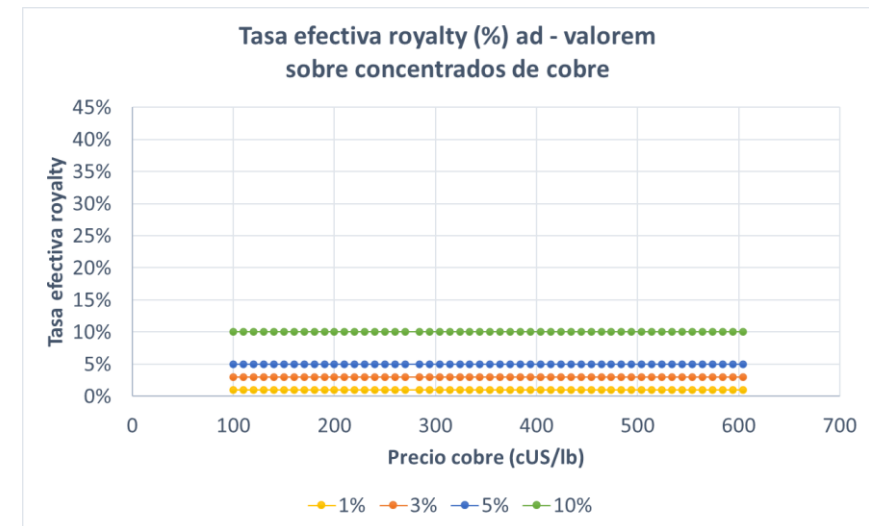
Perfiles y tasas ad-valorem

Perfil	A Status-quo	B Tasas crecientes	C 1% flat	D 3% flat	E 5% flat	F 10% flat
Royalty minero Ad-valorem	Sin tributo, 0%	3% a 2 US/lb, 11% a 3 US/lb, 23% a 4 US/lb, y creciente con el precio.	1% fijo, independiente del precio	3% fijo, independiente del precio	5% fijo, independiente del precio	10% fijo, independiente del precio



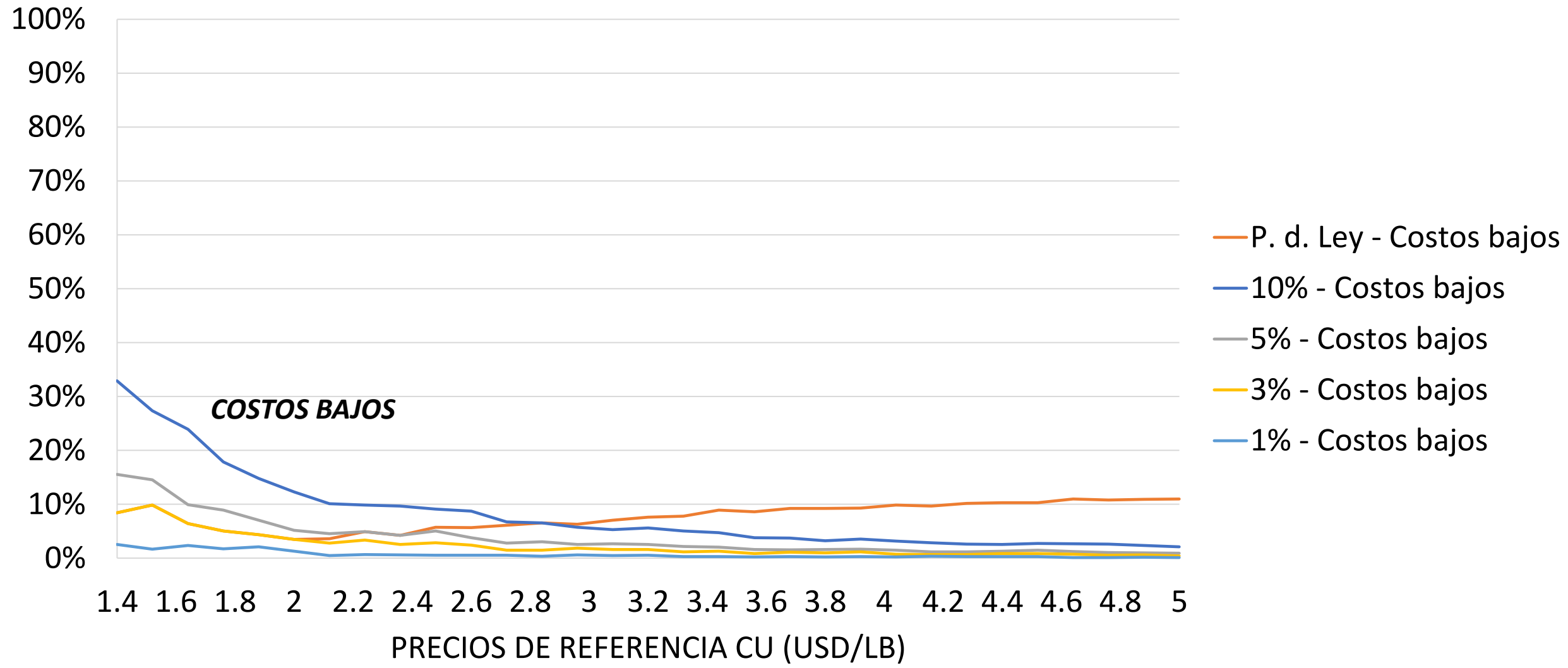
Perfiles y tasas ad-valorem

<i>Perfil</i>	<i>A</i> <i>Status-quo</i>	<i>B</i> <i>Tasas crecientes</i>	<i>C</i> <i>1% flat</i>	<i>D</i> <i>3% flat</i>	<i>E</i> <i>5% flat</i>	<i>F</i> <i>10% flat</i>
Royalty minero Ad-valorem	Sin tributo, 0%	3% a 2 US/lb, 11% a 3 US/lb, 23% a 4 US/lb, y creciente con el precio.	1% fijo, independiente del precio	3% fijo, independiente del precio	5% fijo, independiente del precio	10% fijo, independiente del precio



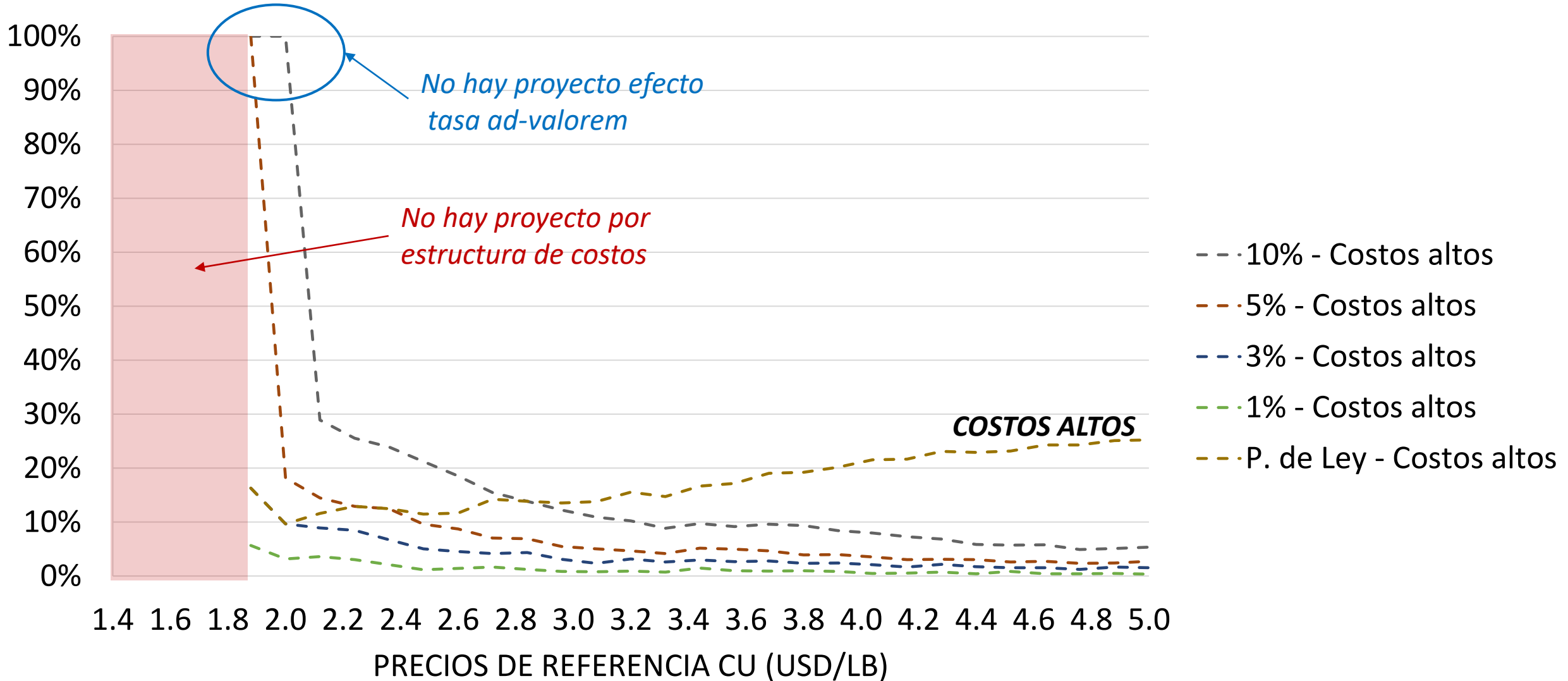
Resultado

REDUCCIÓN RESERVAS MINERAS RESPECTO DE CASO SIN ROYALTY



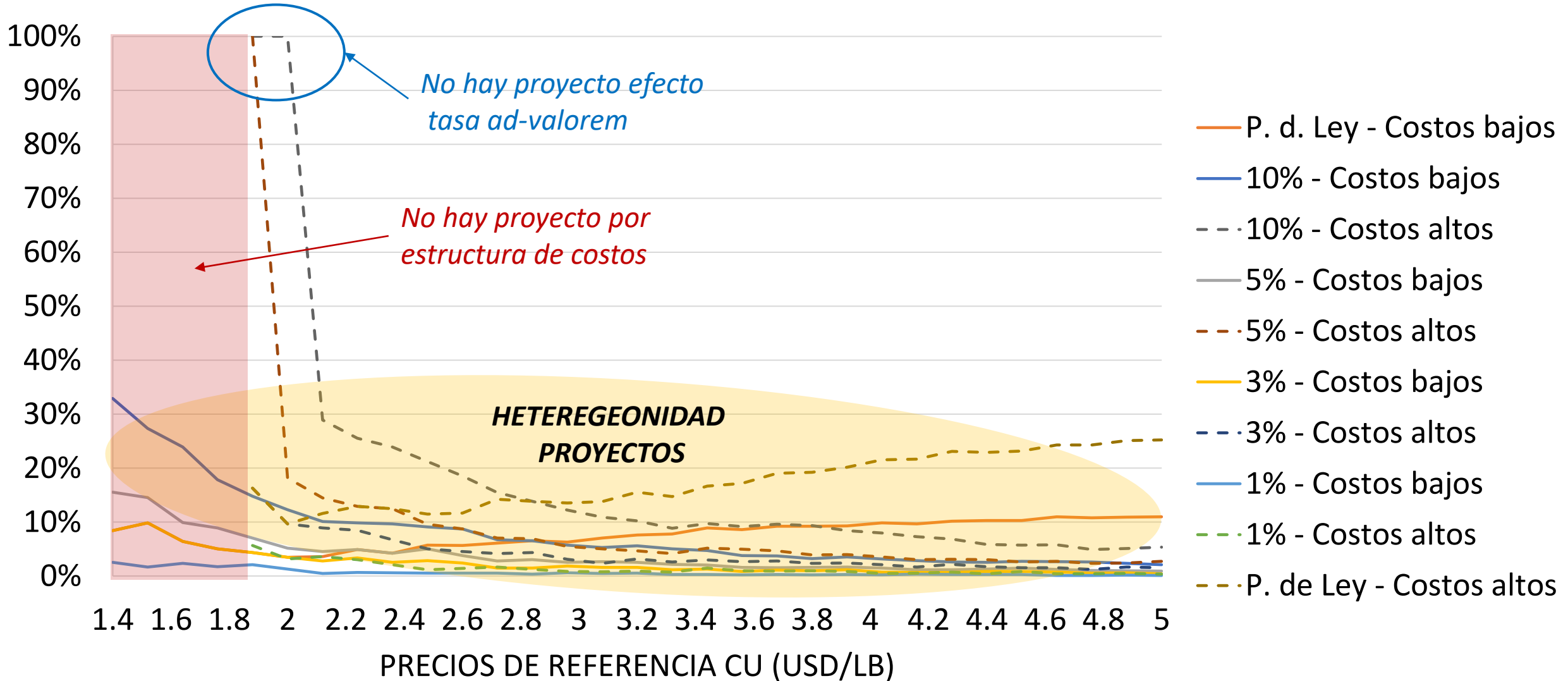
Resultado

REDUCCIÓN RESERVAS MINERAS RESPECTO DE CASO SIN ROYALTY



Resultado

REDUCCIÓN RESERVAS MINERAS RESPECTO DE CASO SIN ROYALTY



Palabras finales

- Reservas son importantes para el **desarrollo de largo plazo**
- Cambio en condiciones afecta decisión **marginal** e **intertemporal**
- Tasa ad valorem también actúan como **factor modificante**





fcfm

Ingeniería de Minas
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Costos y Reservas

y el Royalty como factor modificante

**Comisión Calificadora de Competencias
en Recursos y Reservas Mineras**

15 de septiembre de 2021

Luis Felipe Orellana

Emilio Castillo