

Redefinición de Modelo Geometalúrgico de Work Index mediante Agrupamiento por K-media

Cristián Jeraldo G.
Fernando Ramírez C.
Carlos Sáez V.

XIII Congreso Geológico Chileno



Introducción

Se presenta optimización de modelo de Work Index en mina Chuquicamata, utilizando resultados y caracterizaciones de 1,500 test metalúrgicos de laboratorio.

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



Problema

La alteración es el principal control sobre el consumo de energía en procesos de molienda en Chuquicamata.

Si bien son útiles para la estimación leyes, las unidades de alteración potásica no resultan adecuadas como control de Work Index, parámetro geometalúrgico clave en concentración de minerales.



Hipótesis

Utilizando la totalidad de información asociada a test metalúrgicos, a saber, descripciones geológicas; análisis químicos; respuesta metalúrgica, es posible reordenar las unidades de alteración potásica en Chuquicamata de manera de mejorar el actual modelo de Work Index.



Concepto general: Work Index

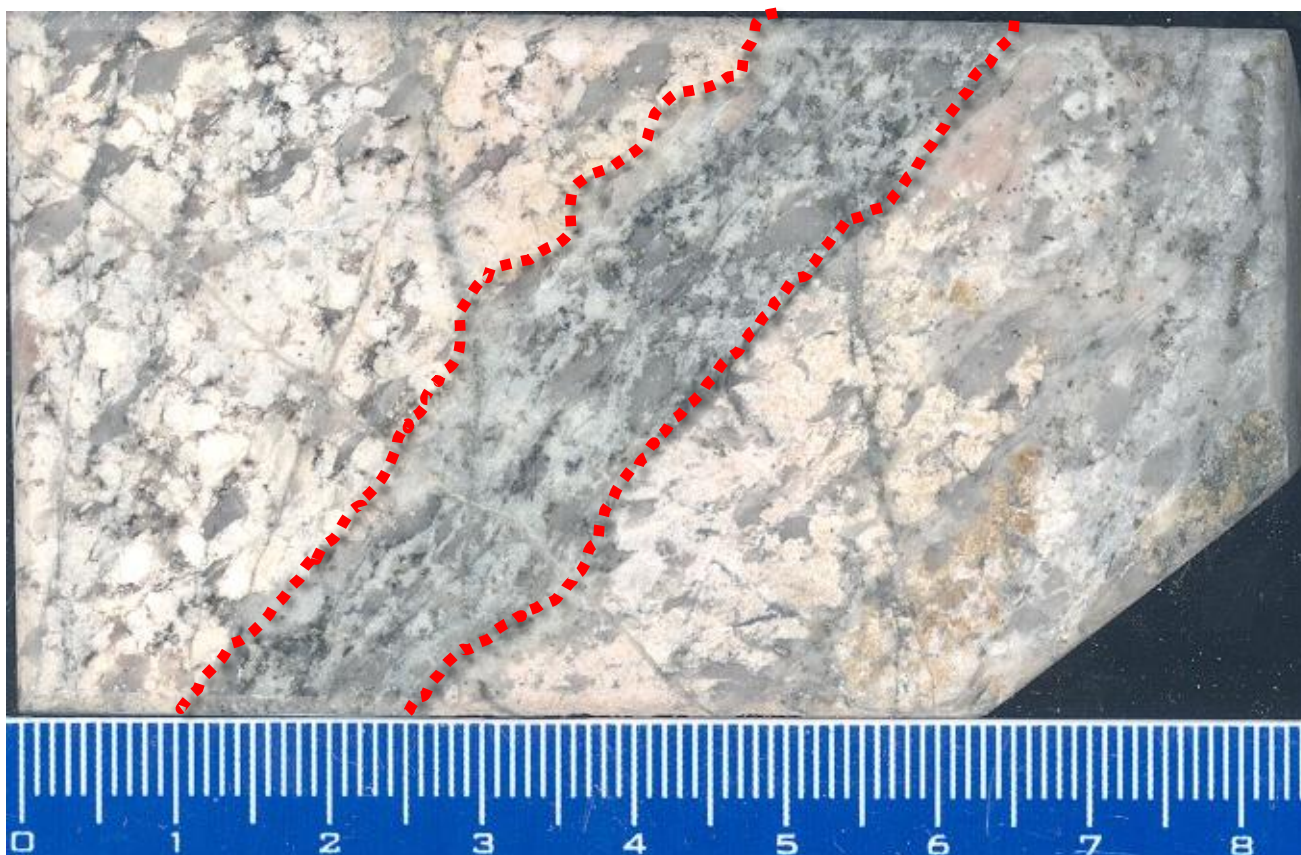
Work Index (W_i) equivale a la energía necesaria para reducir un material desde 1,7 a 0,1 mm en un molino de bolas de laboratorio, de acuerdo al estándar definido por Fred Bond (1960).



W_i permite estimar el consumo de energía para molinos de bolas industriales, un ítem de alta incidencia en el costo de operación de plantas concentradoras.

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Concepto general: Sericita Gris Verde (SGV)



Agregado de sericita y cuarzo como reemplazo de minerales originales del pórfido. Ocurre preferentemente en vetillas, entre las cuales la textura del pórfido se preserva. Muestras con SGV no presentan alta dureza.

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

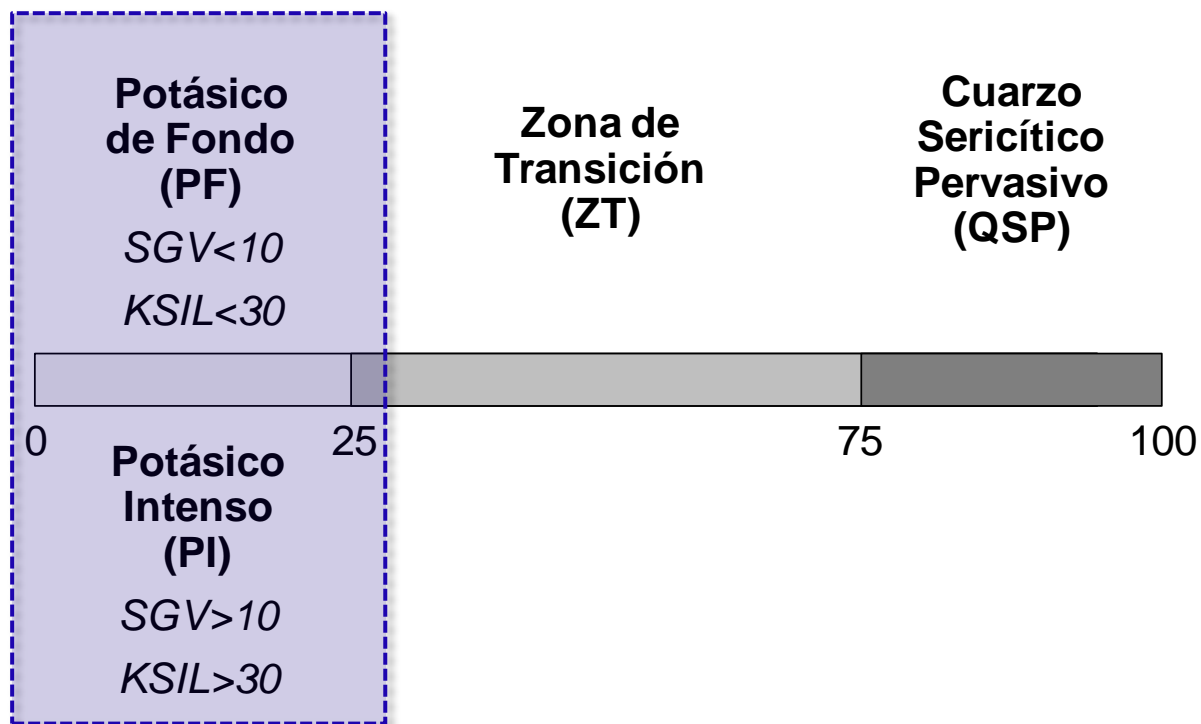
Concepto general: KSil



Agregado de grano fino de feldespato potásico secundario y cuarzo, como reemplazo de feldespatos y biotita. Textura del pórfido parcial a totalmente obliterada. Muestras con KSil presentan alta dureza.

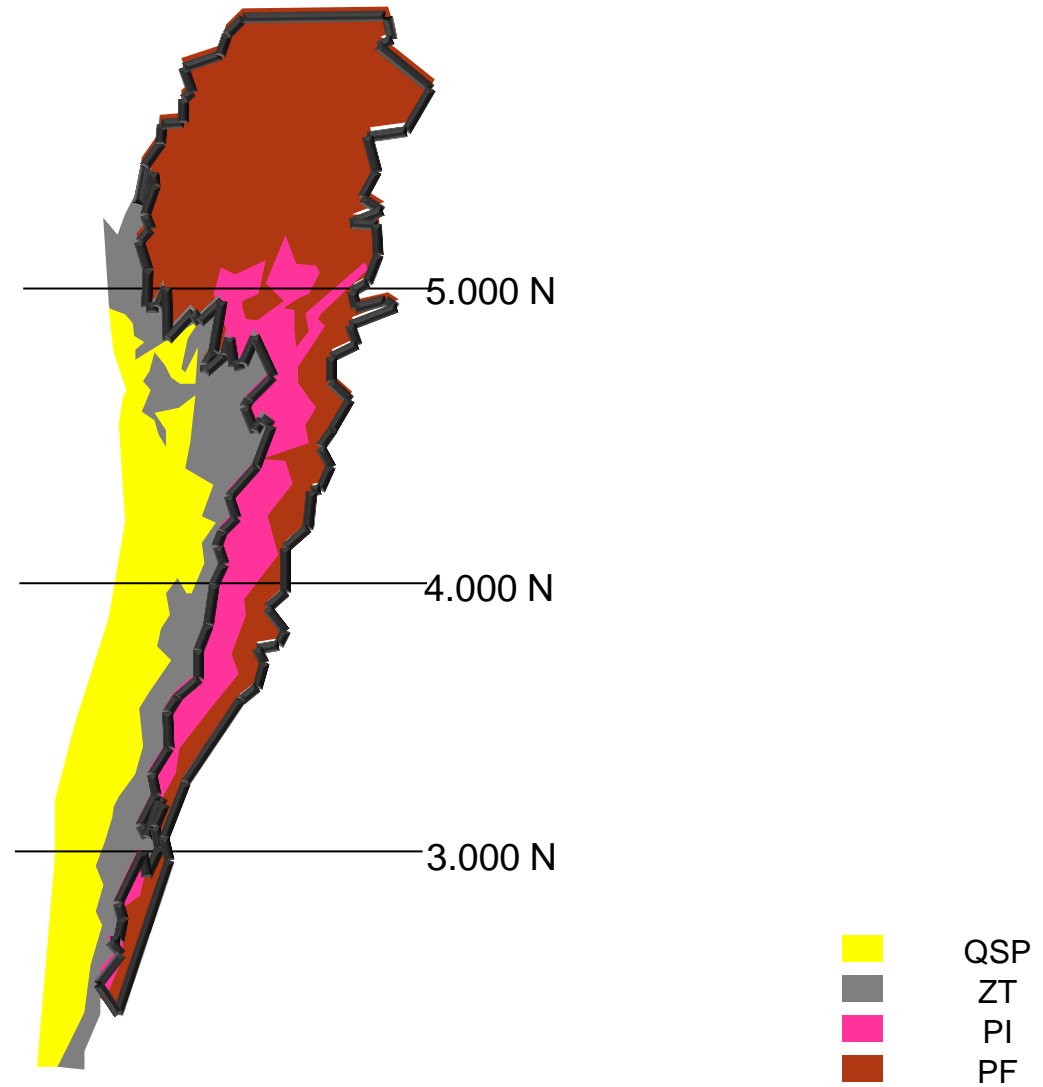
Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Unidades de Alteración en yacimiento Chuquicamata



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

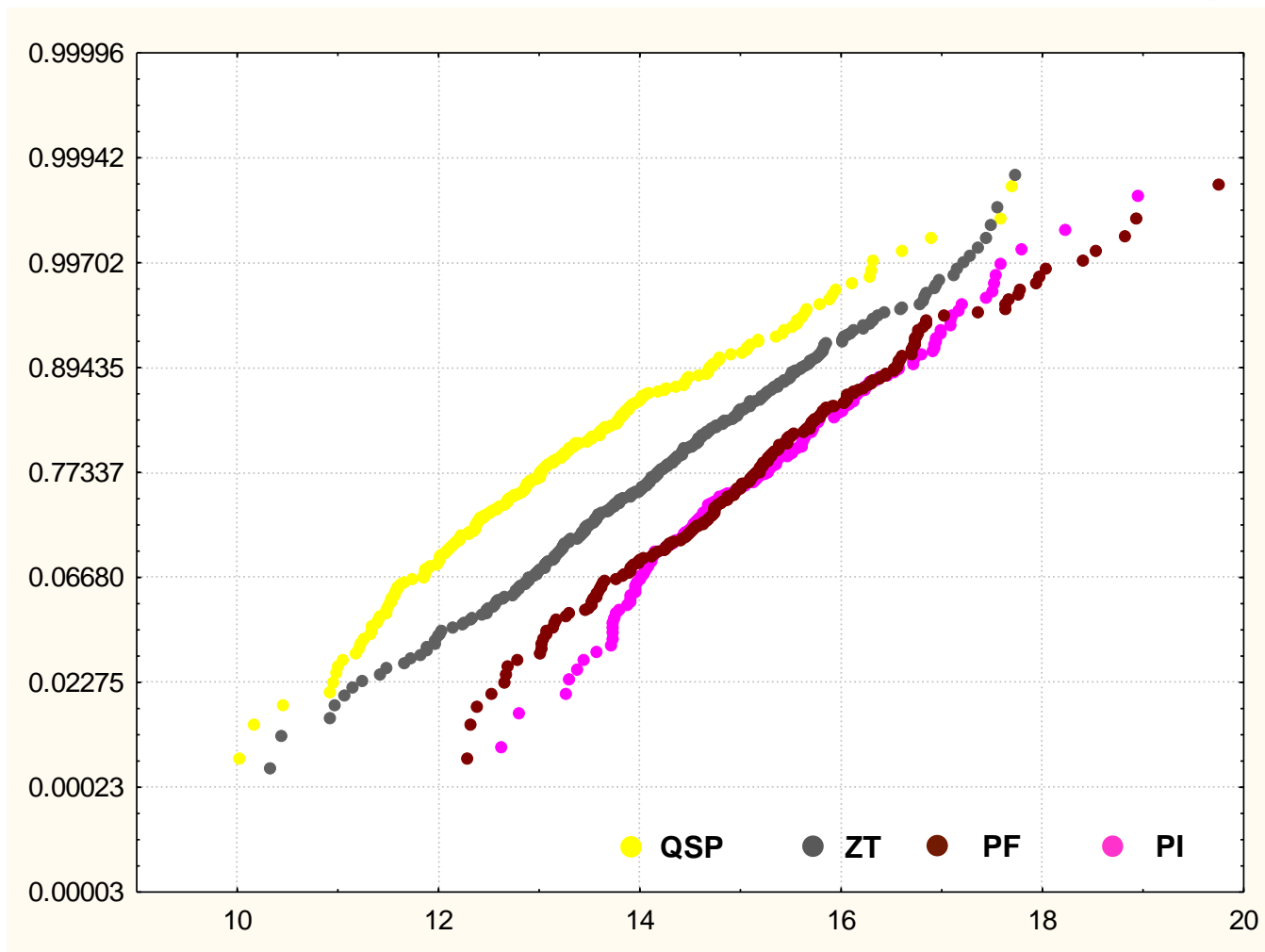
Planta con Unidades de alteración



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.



Distribución estadística de Wi Unidades de alteración Chuquicamata



Dos unidades potásicas no diferenciadas, a pesar de mayor contenido de KSil en PI

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

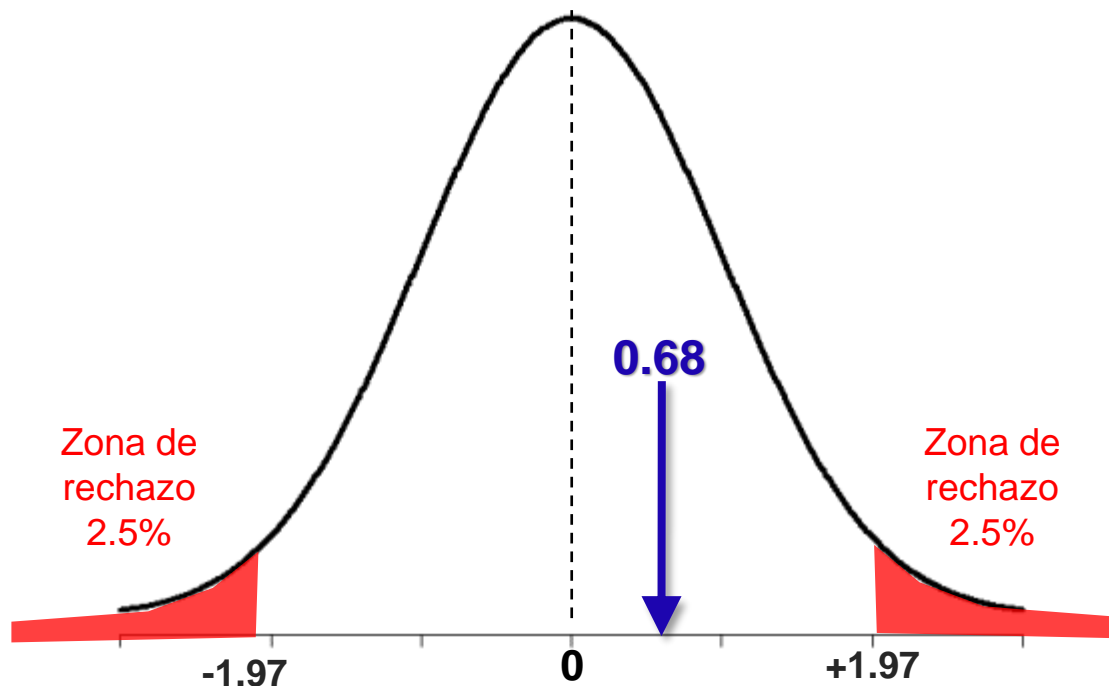
Chuquicamata |



CODELCO
Orgullo de Todos



Test de Hipótesis: igualdad de medias μ_i



Estadístico t de student **0.68**, para zona de rechazo con dos colas de ± 1.97 , con 95% de confianza. La hipótesis de igualdad de medias de μ_i entre PI y PF es aceptada.

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

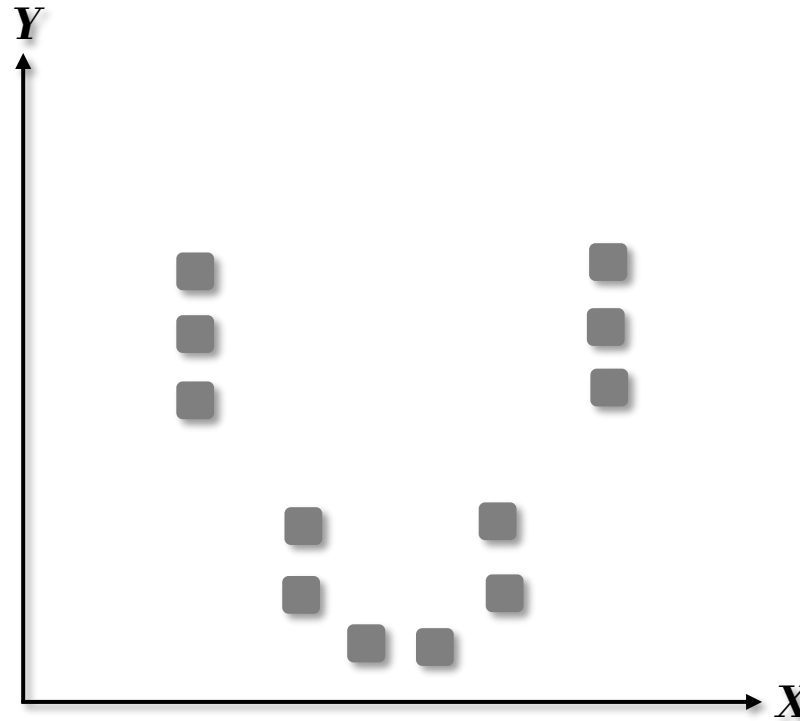
Concepto de Agrupamiento

Técnica que permite agrupar datos de forma multivariable mediante 2 criterios:

1. Maximizar la similitud entre muestras de un mismo grupo
2. Minimizar la similitud entre muestras de grupos distintos



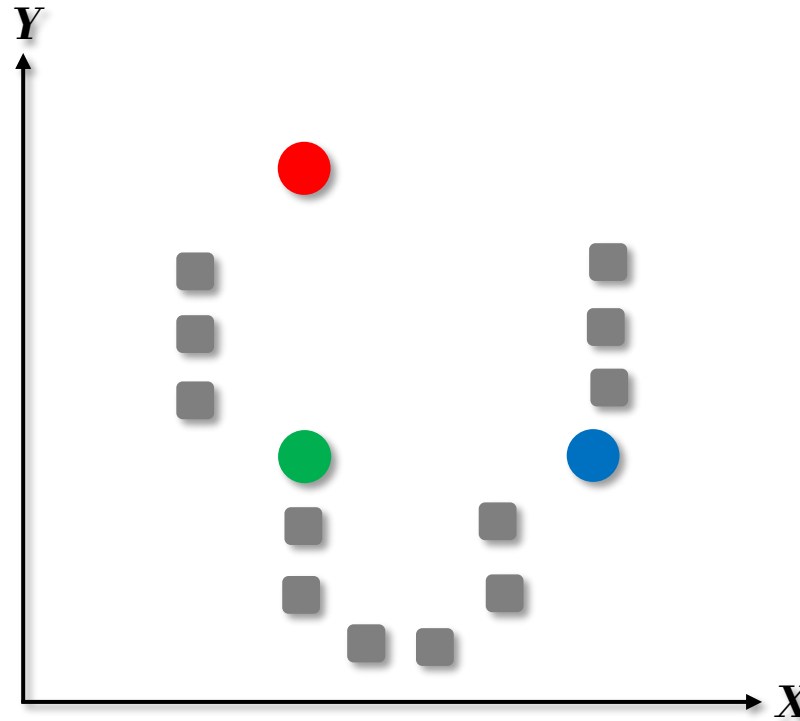
Ejemplo: agrupamiento usando 3 grupos



Conjunto de datos en un espacio de 2 dimensiones (X e Y)

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

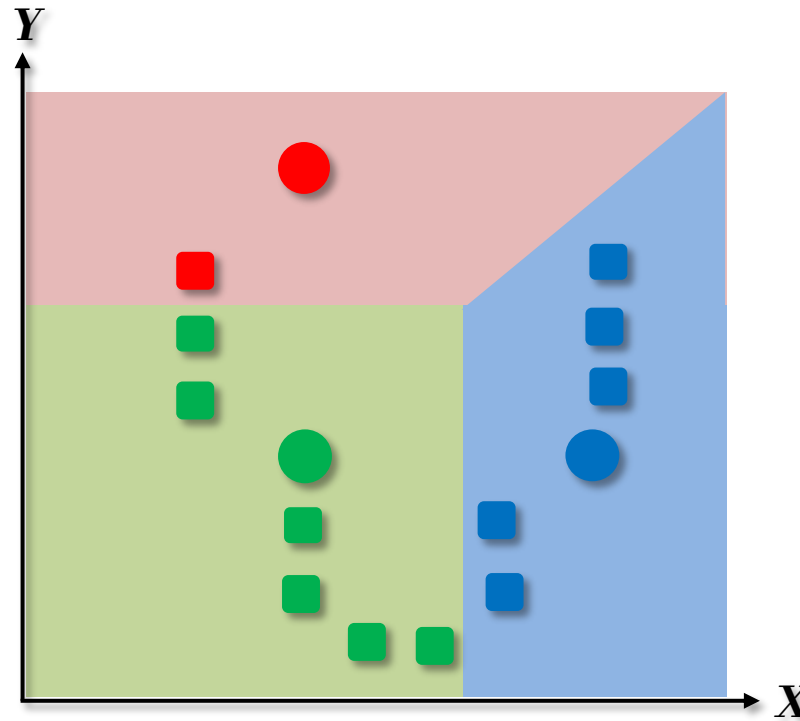
Ejemplo: agrupamiento usando 3 grupos



Paso 1: los centroides iniciales son aleatoriamente seleccionados a partir del conjunto de datos

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

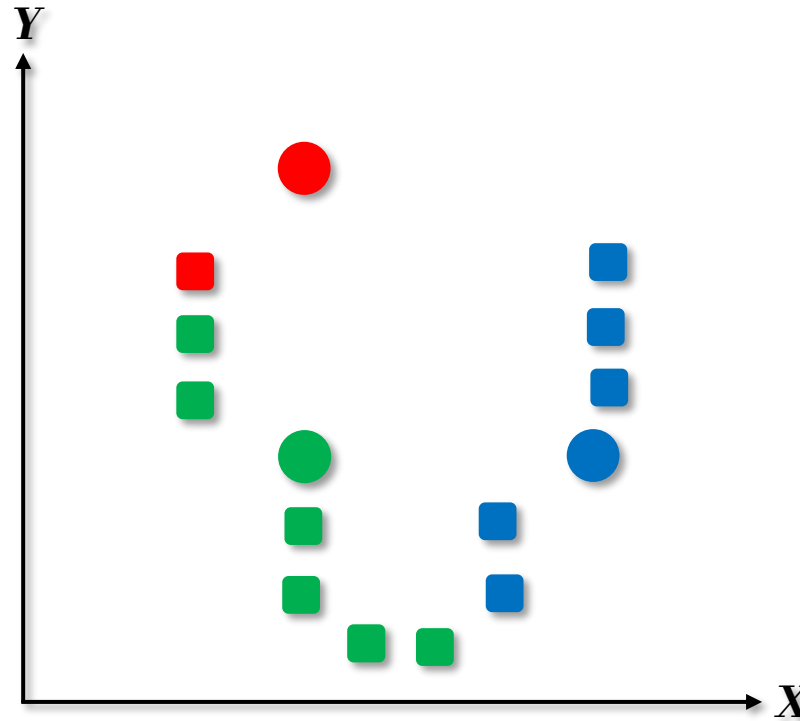
Ejemplo: agrupamiento usando 3 grupos



Paso 2: los grupos (zonas coloreadas) son creados asociando cada muestra con su centroide más cercano

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

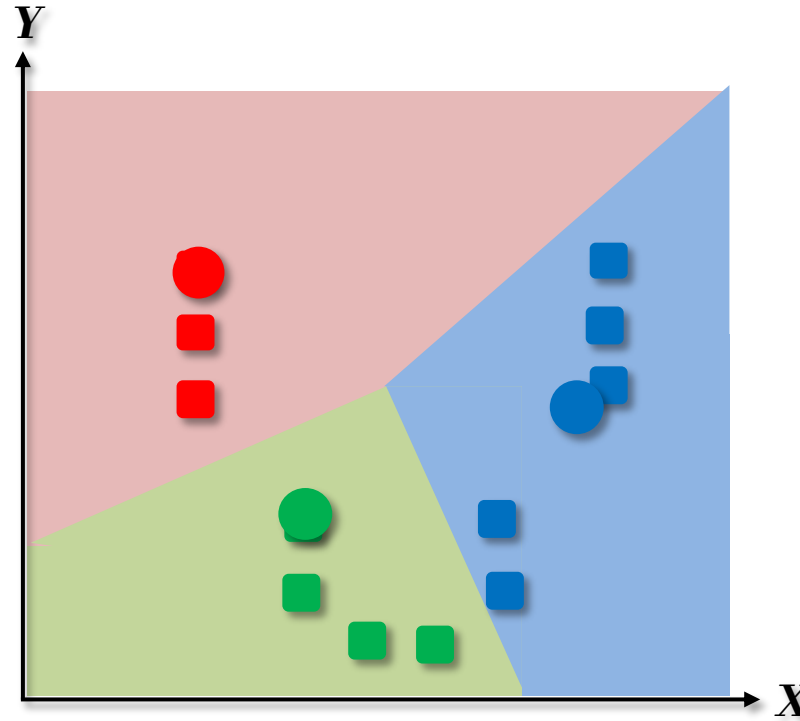
Ejemplo: agrupamiento usando 3 grupos



Paso 3: los centroides son ajustados minimizando distancia con muestras de cada cluster

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Ejemplo: agrupamiento usando 3 grupos

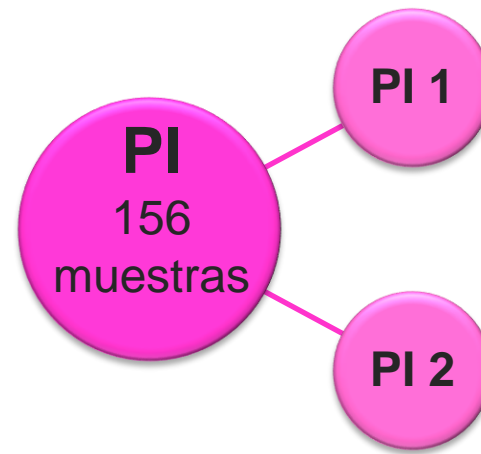
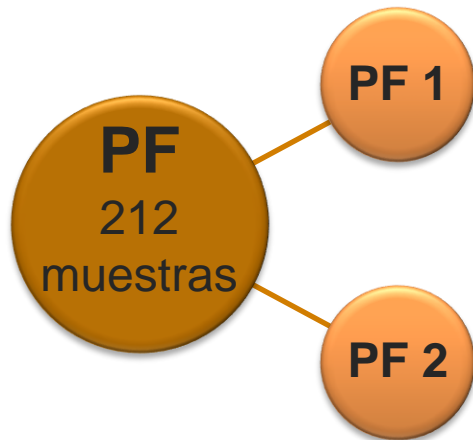


Paso 4: se iteran los pasos 2 y 3 hasta que los centroides convergen a un óptimo

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

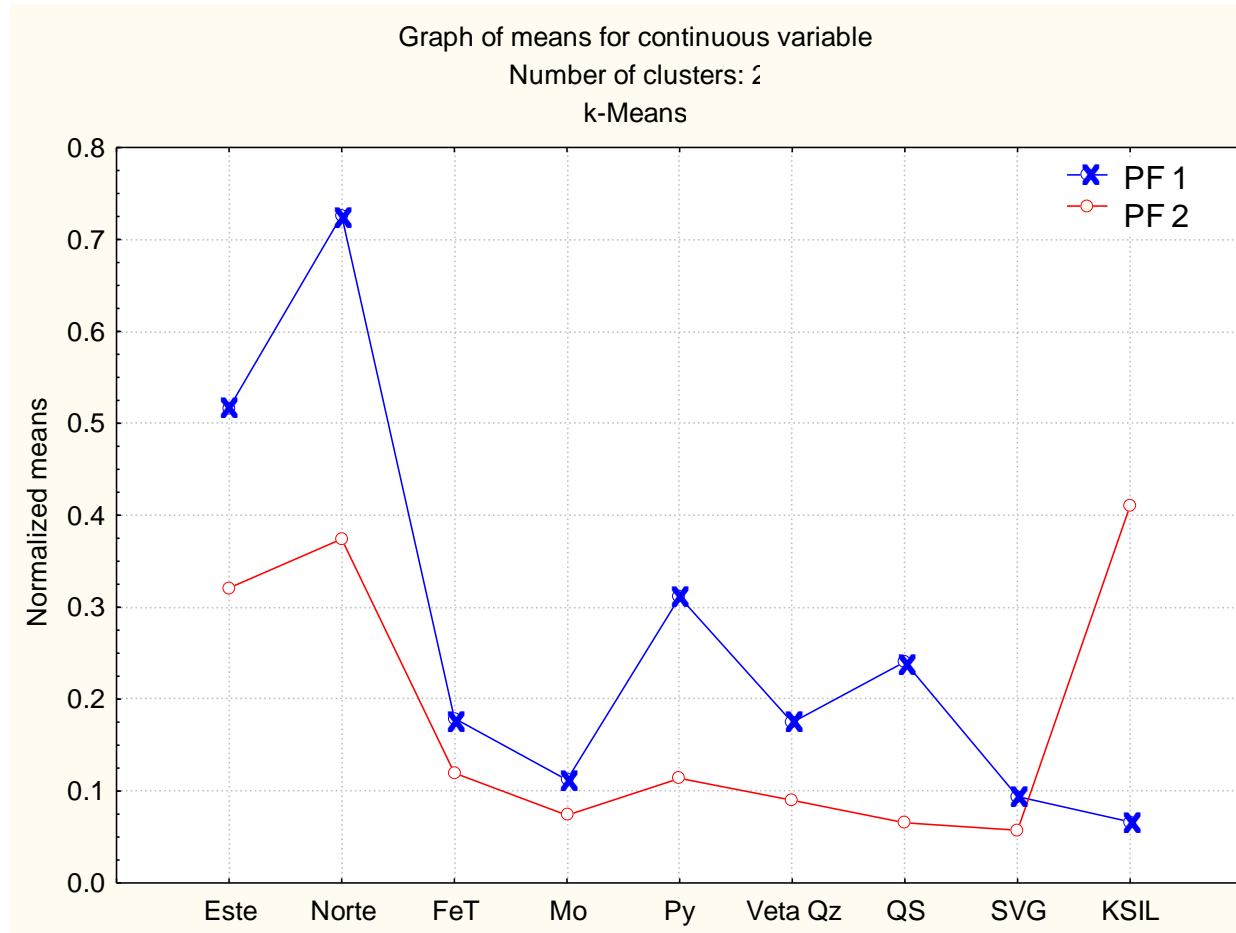
Agrupamiento de unidades PF y PI

Se forman 2 grupos en cada unidad de alteración. Se utilizan 9 variables, por tanto, los grupos serán generados a partir de un espacio de 9 dimensiones.



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

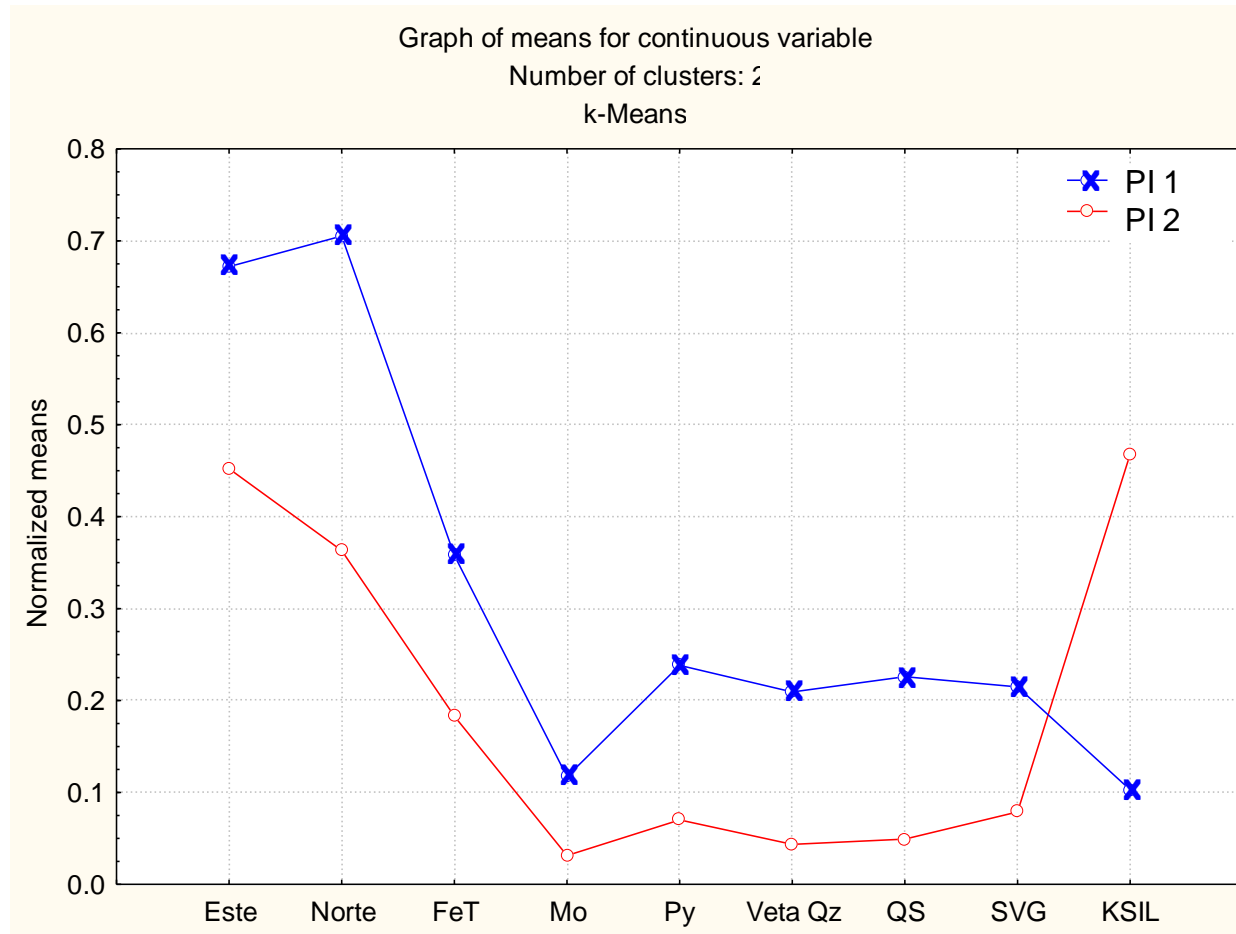
Agrupamiento PF



Coordenadas del centroide de grupos 1 y 2 de Unidad PF,
en espacio de 9 dimensiones

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

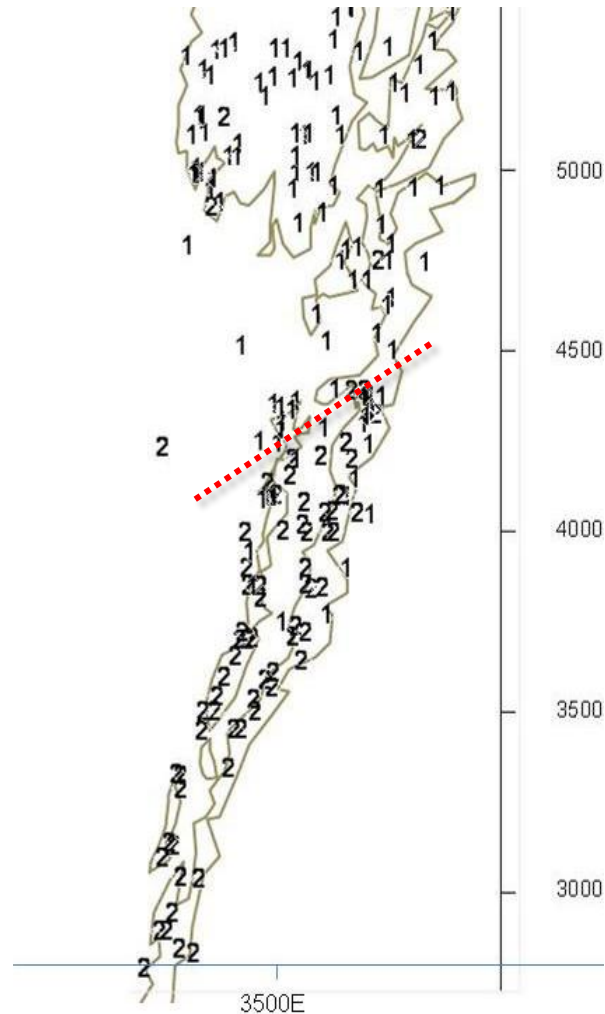
Agrupamiento PI



Coordenadas del centroide de grupos 1 y 2 de unidad PI,
en espacio de 9 dimensiones

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

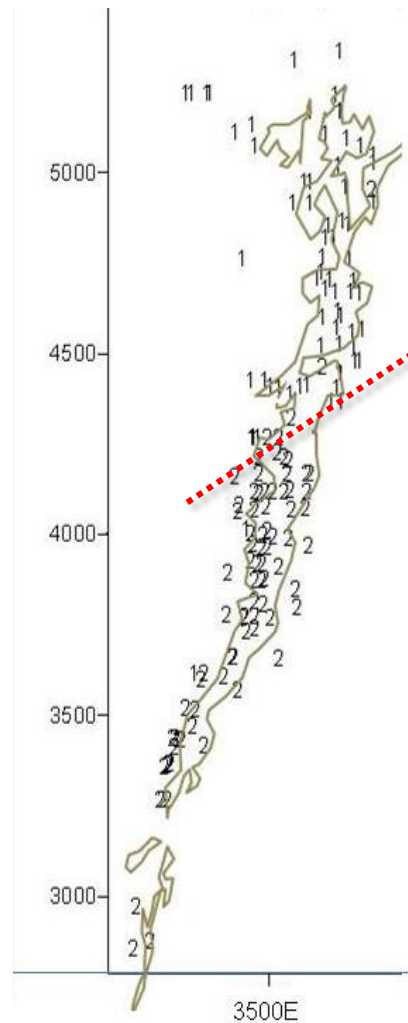
Distribución espacial muestras grupos 1 y 2 PF



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

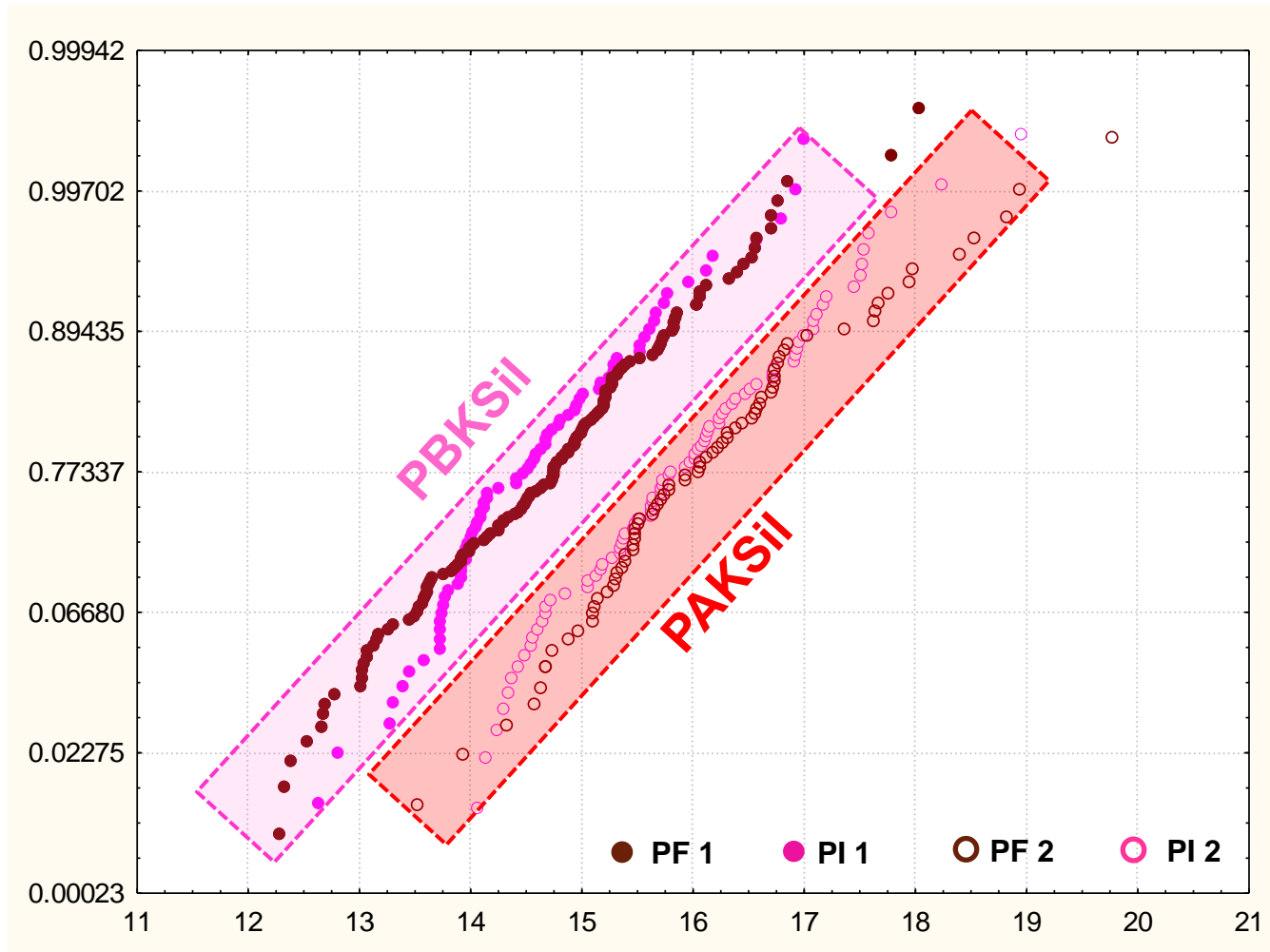


Distribución espacial muestras grupos 1 y 2 PI



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

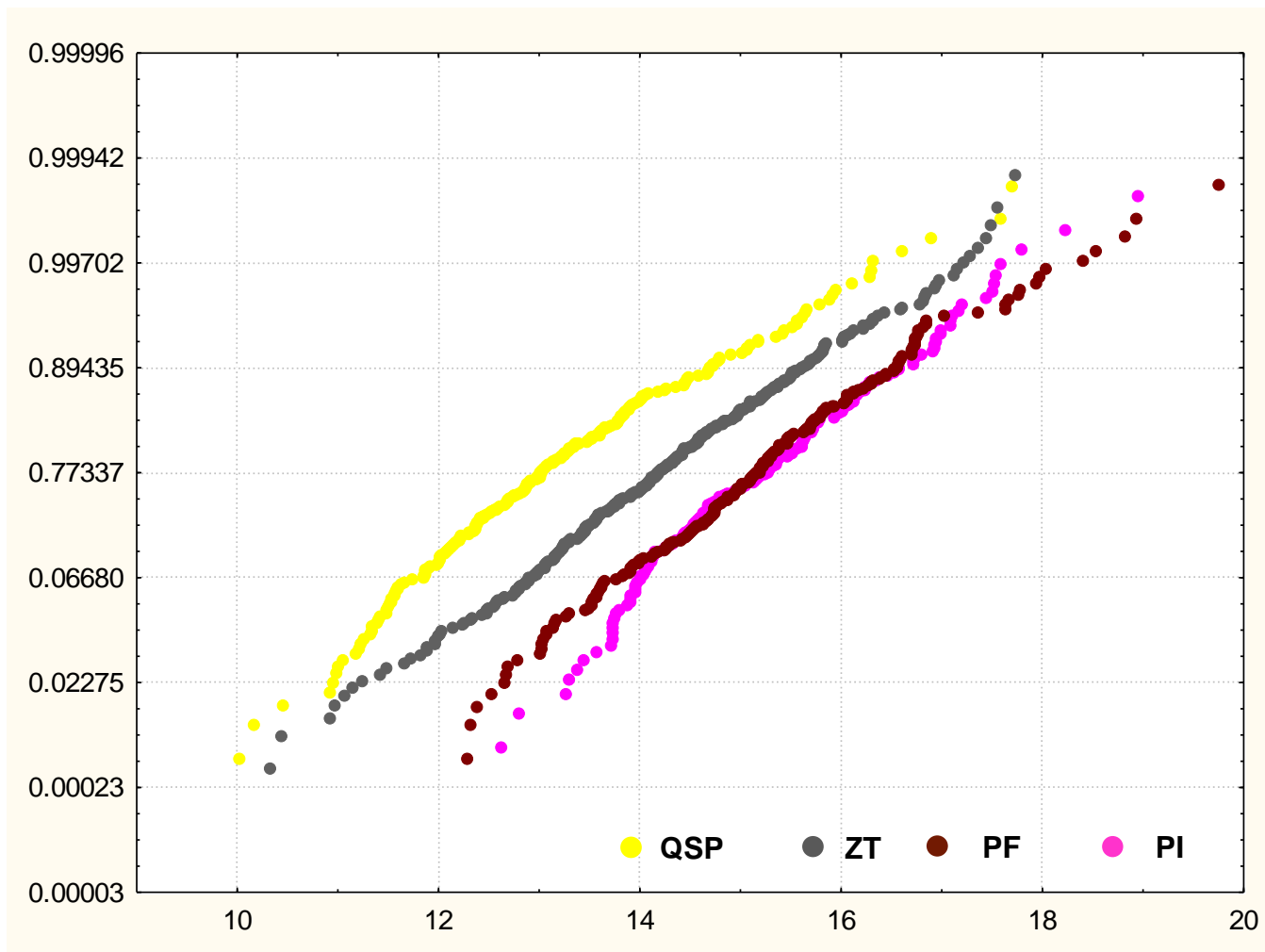
Distribución estadística de Wi para PI y PF segregados en 2 grupos



Se generan 2 nuevas unidades de alteración:
PBKSil (bajo Wi) y PAKSil (alto Wi).

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Distribución estadística de Wi Unidades de alteración Chuquicamata



Dos unidades potásicas no diferenciadas

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

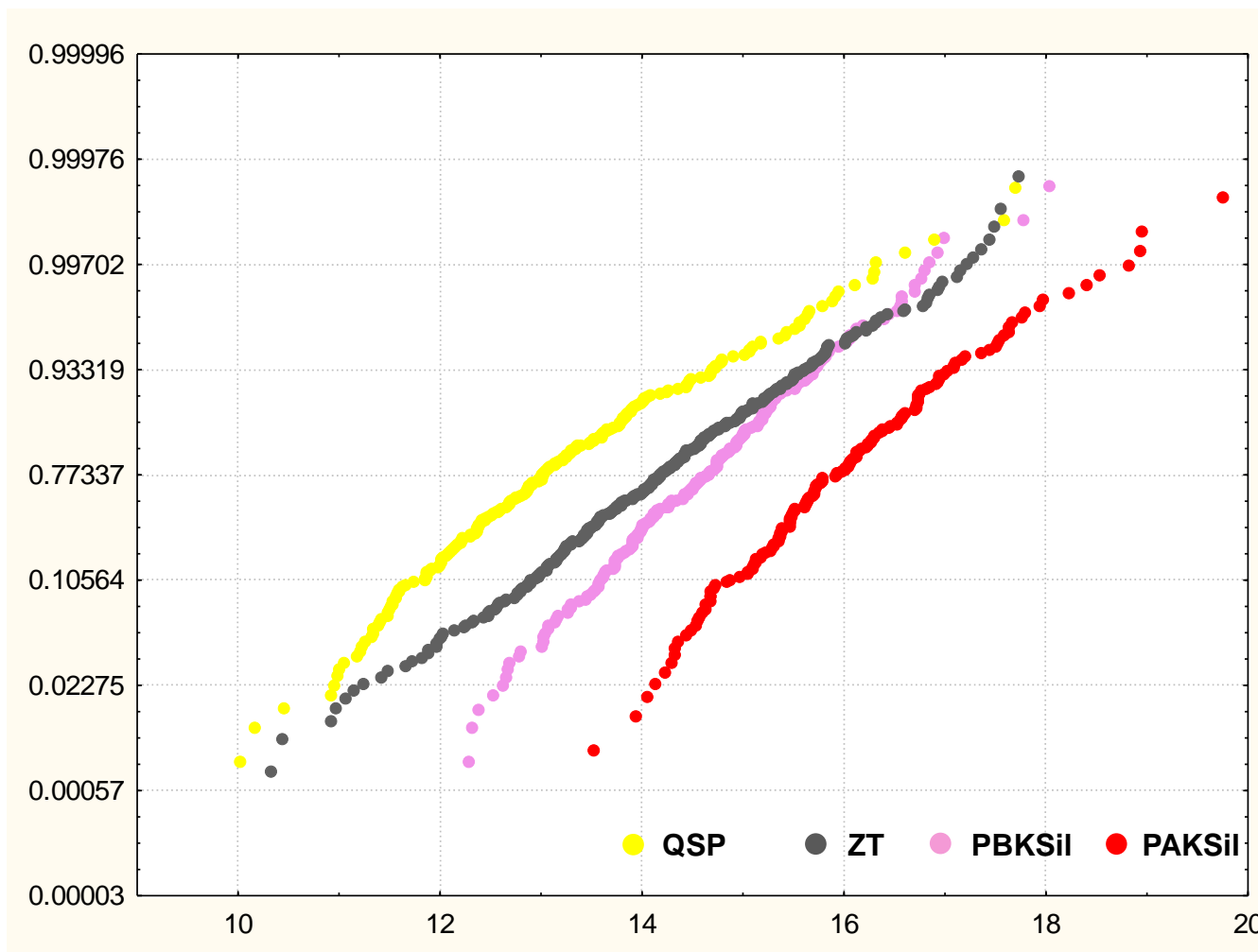
Chuquicamata |



CODELCO
Orgullo de Todos



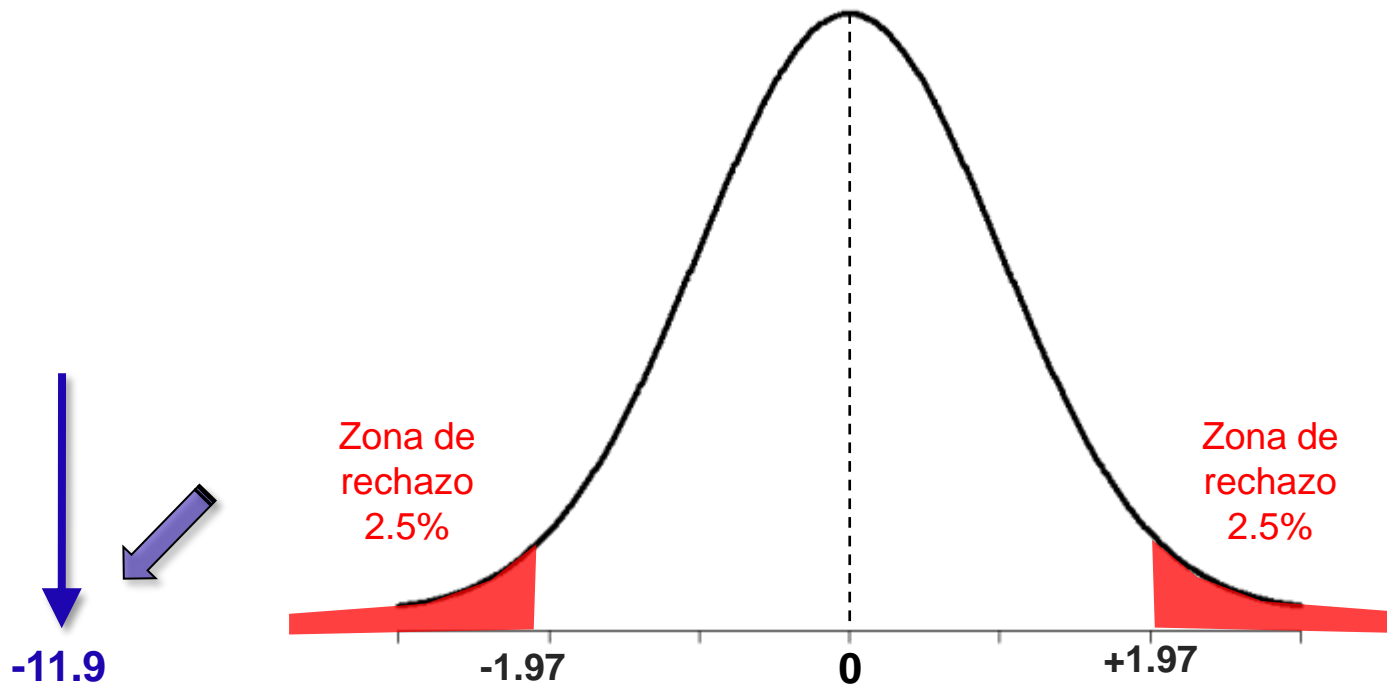
Distribución estadística de Wi con nuevas unidades de alteración



Dos unidades potásicas bien diferenciadas. PAKSiI Unidad de alto Wi

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

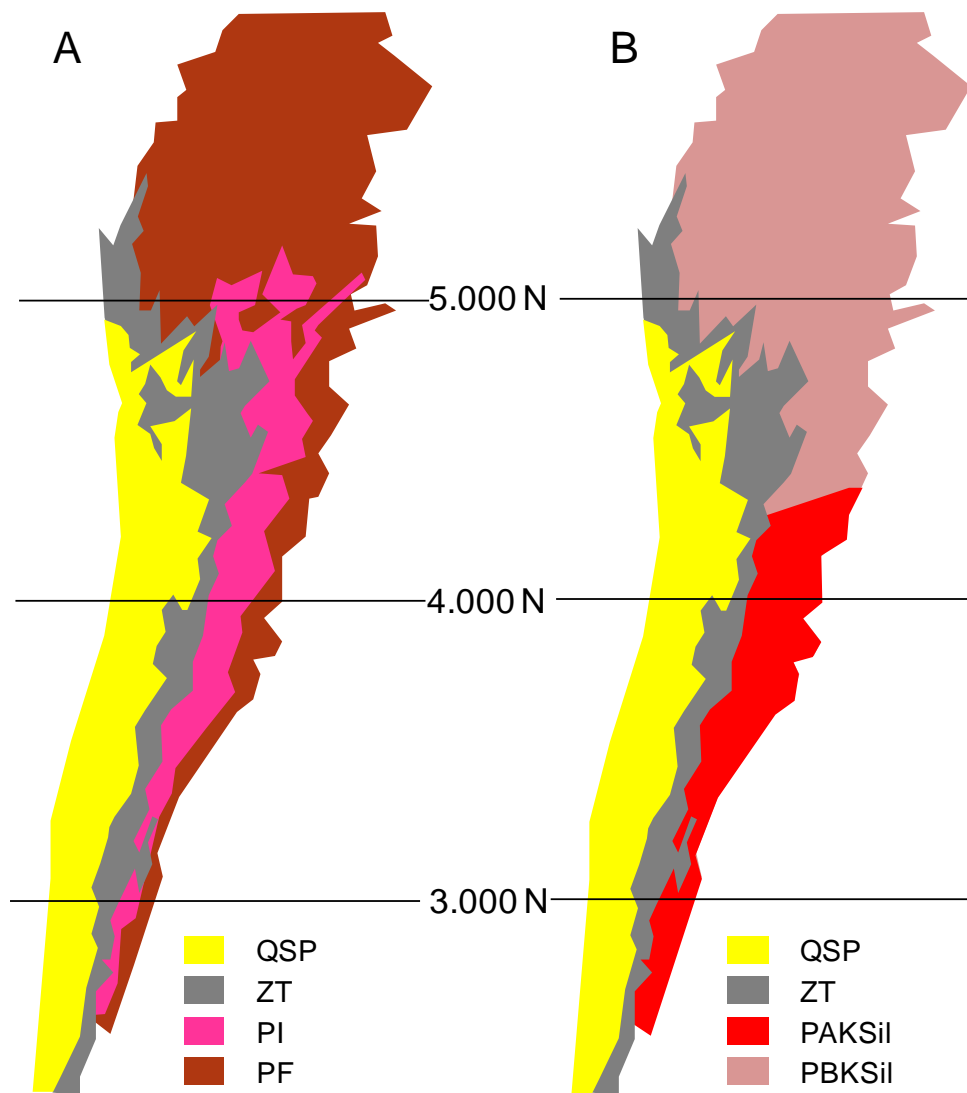
Test de Hipótesis



Estadístico t de student **-11.9**, para zona de rechazo con dos colas de ± 1.97 , con 95% de confianza. La hipótesis de igualdad de medias de W_i entre PBKSil y PAKSil es rechazada.

Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Plantas con antiguas (A) y nuevas unidades (B) de alteración potásica



Copyrights © 2011 CODELCO-CHILE. Todos los Derechos Reservados. | Copyrights © 2011 by CODELCO-CHILE. All Rights Reserved.

Conclusiones

- ✓ Utilizando agrupamiento por K-media, una herramienta de minería de datos, es posible redefinir exitosamente las unidades de alteración del yacimiento Chuquicamata
- ✓ El modelo geometalúrgico de W_i es mejorado al reducir en 40% la varianza de este parámetro con las nuevas unidades de alteración

