

## WORKSHOP 3

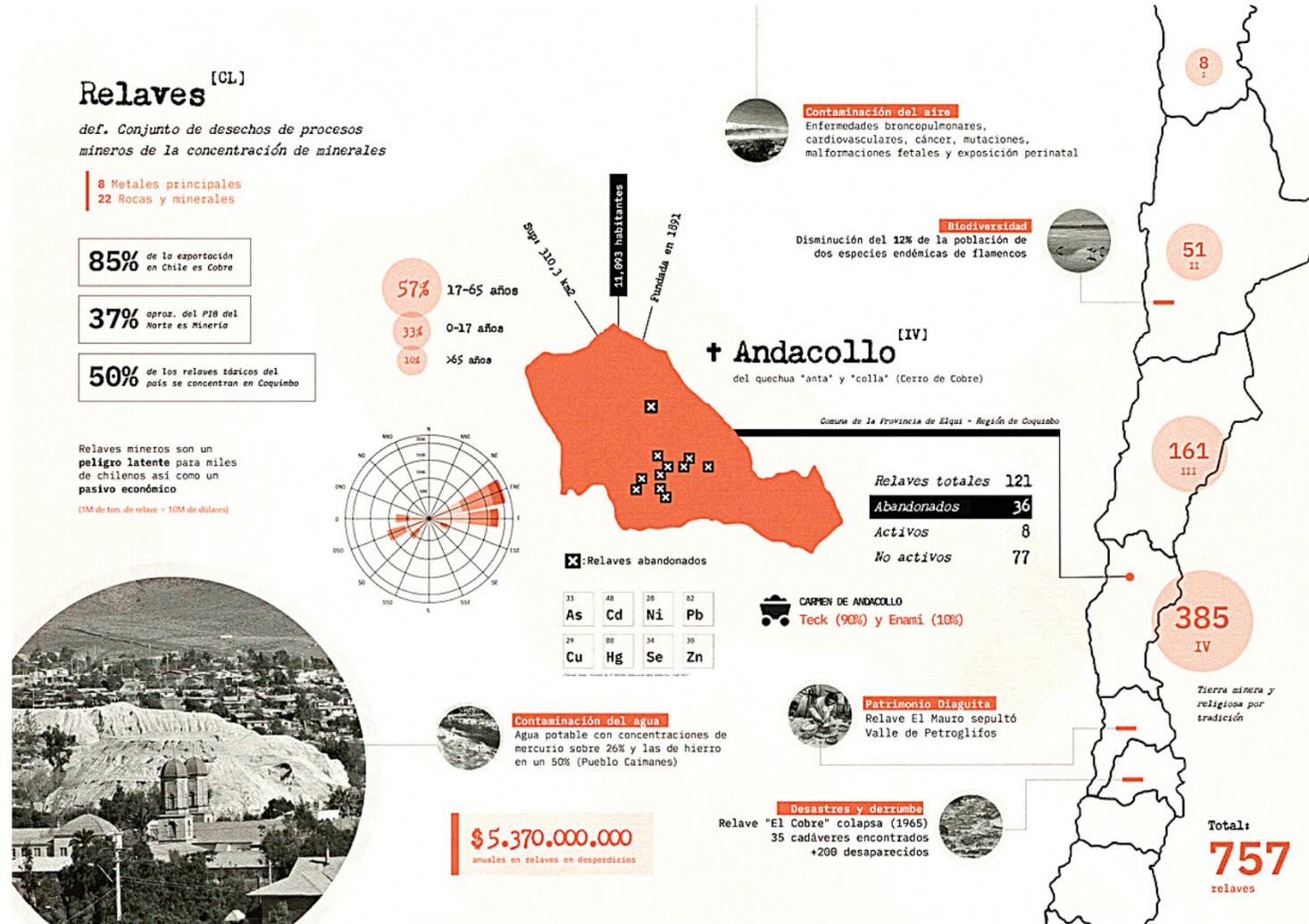
# Impacto Demográfico y Toxicidad de Relaves

por Alejandro Cifuentes, Martin Seguel, Trinidad Yañez y Martin Zúñiga

# Índice de contenidos

- 0 Resumen Workshop 1**  
Contexto de Chile respecto a la minería y fundamentación foco comuna de Andacollo
- 0 Resumen Workshop 2**  
Área impacto relaves a zona urbana
- 1 Planteamiento del problema**  
Impacto de la contaminación de los relaves en función de la población andacollina
- 2 Mapas de contexto y Flujo Metodológico**  
Información de toxicidad de relaves en Andacollo y relación con población/servicios públicos
- 3 Resultados (Cartografía)**  
Análisis de mapas y cartografía de los relaves a nivel micro.
- 4 Análisis y Conclusiones**  
Punto de resultados y conclusiones del estudio realizado.

# Peligros de relaves en Chile



Fuente: Elaboración Propia

Los Relaves son un problema a nivel mundial. Pueden llegar a tener tanto problemas químicos como estructurales. Desastres que contaminan aguas, aires y ecosistemas. Varios accidentes de derrumbes a lo largo de la historia que han arrasado con los habitantes de los pueblos.

Los Relaves que fueron cerrados en el pasado incorrectamente, son muy propensos a tener altas concentraciones de metales pesados. Y estando en un lugar como en el norte de Chile, el ambiente seco hace que el viento pueda dispersar el polvo tóxico hacia la zona urbana. Provocando enfermedades broncopulmonares, cardiovasculares, cáncer, mutaciones, malformaciones fetales y exposiciones perinatales.

[https://www.terram.cl/descargar/recursos\\_naturales/mineria/app\\_-\\_ analisis\\_de\\_politicas\\_publicas/APP-24-La-mineria-y-su-pasivo-ambiental.pdf](https://www.terram.cl/descargar/recursos_naturales/mineria/app_-_ analisis_de_politicas_publicas/APP-24-La-mineria-y-su-pasivo-ambiental.pdf)

# Evaluación y selección Andacollo

Usando la tabla de "Catastro de Depósitos de Relaves en Chile (actualización 10-08-2020)", se levantaron puntos que representan la localización de los diferentes depósitos. En el primer mapa (ver FIG. 1), las regiones se tiñen de un color rojo más intenso a medida de tener una mayor concentración. Según nos indica, la Región de Coquimbo es la más afectada. Por lo que hicimos el mismo porcedimiento por comunas de esta (ver FIG. 2), resultando ser la comuna de **Andacollo** nuestra zona de estudio para la presente investigación (Workshop 2).

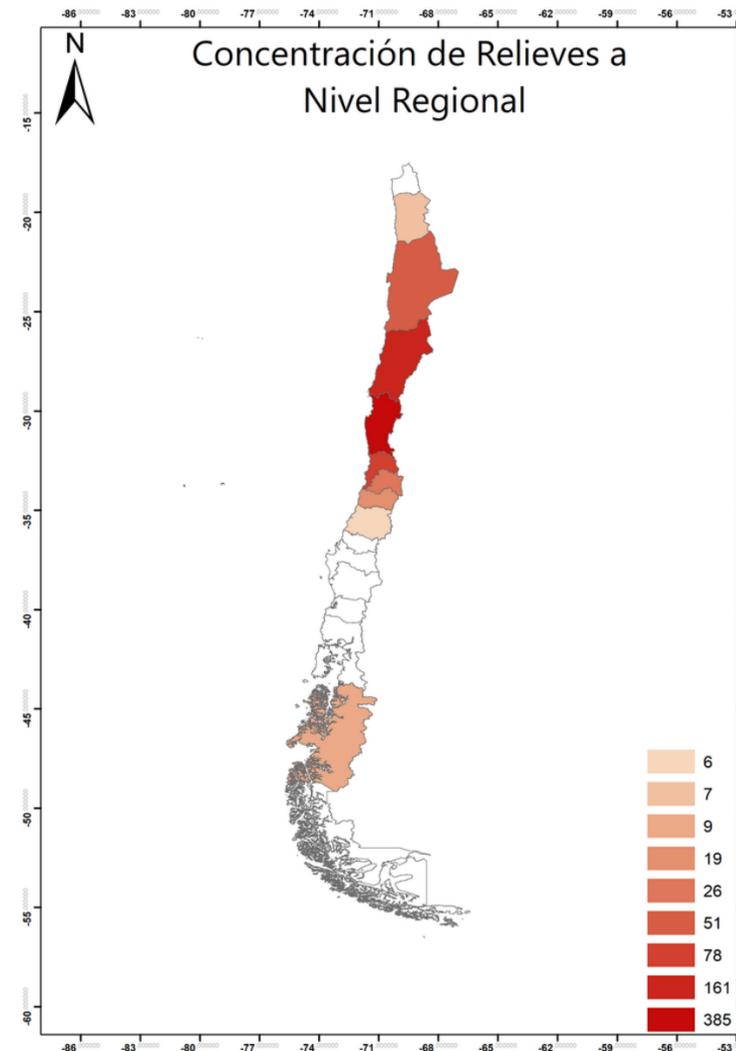


FIG 1. Concentración de relaves a nivel regional; Elaboración Propia

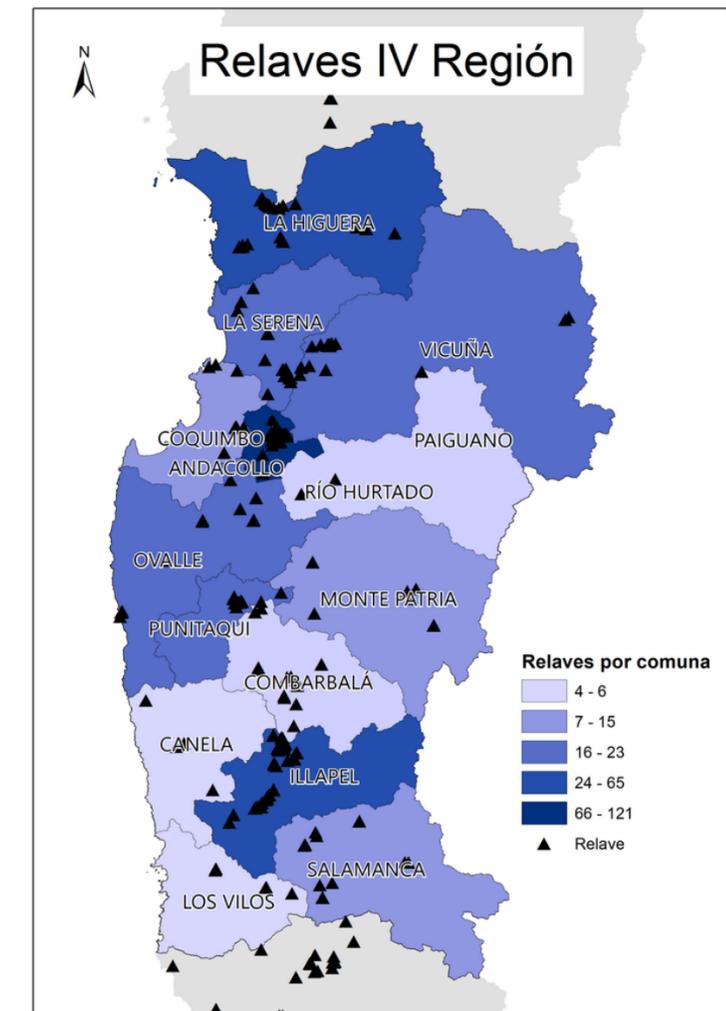


FIG 2. Relaves IV Región; Elaboración Propia

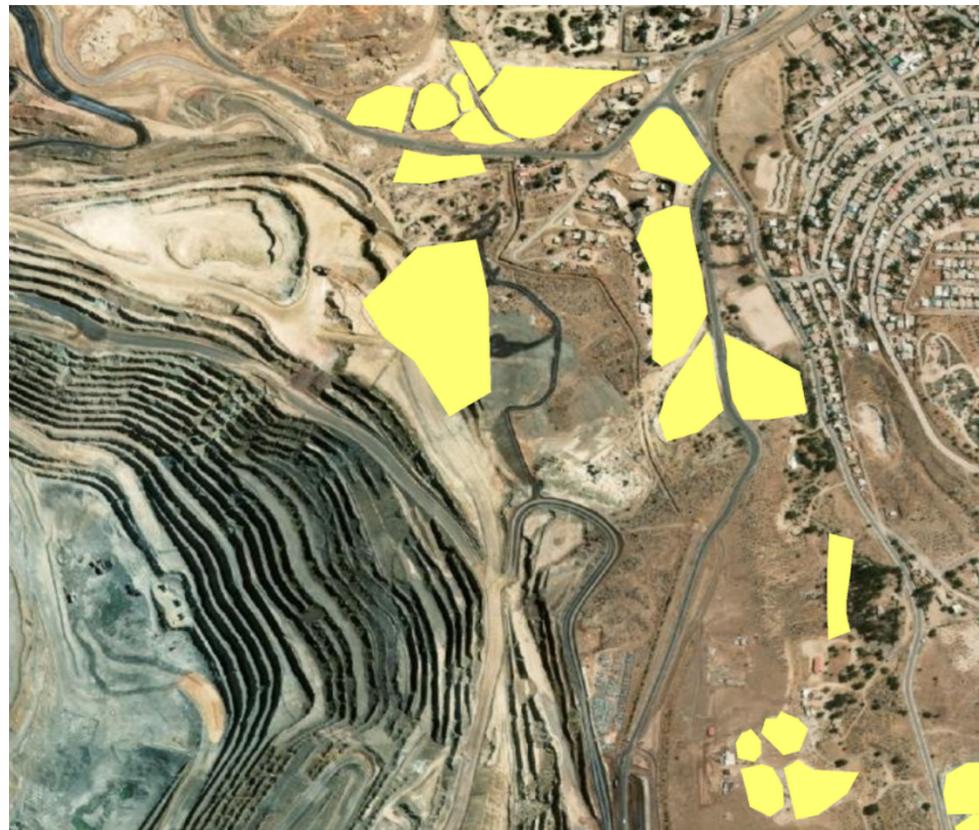


“Andacollo fue declarado **zona saturada por PM10\*** en 2009. Esto afecta considerablemente la **calidad de vida de los andacollinos**, obviamente porque el aire que respiramos no es el ideal y eso perjudica, por ejemplo, la práctica del deporte al aire libre, la salud de las personas, entre otros factores”

Juan Carlos Alfaro, Ex alcalde comuna de Andacollo (2015)

<https://www.conaf.cl/andacollo-logra-respirar-mejor-con-arboles-entregados-por-conaf/>

# Superficie relaves + servicios públicos



Fuente: Propia. Vista de algunos polígonos desde ArcMap

Una vez teniendo cuando las muestras son tóxicas. Hicimos polígonos representativos de los relaves más cercanos a la zona urbana de Andacollo. Estos fueron clasificados con un ID y con "merge" hacemos una lista de las geometrías. Por el lado de la tabla de toxicidad, unimos las muestras con un "dissolve" según el depósito, mostrando el máximo de las concentraciones en cada muestra. Finalmente unimos la información para cada depósito: la geometría más las muestra con mayor toxicidad. Gracias a esto podemos ordenar de manera adecuada y visual en un mapping el estado de cada uno.

Además de esto, se realizó una búsqueda de los lugares en donde se encuentra una mayor concurrencia de personas. Una vez que se identificaron estos lugares, se realizó una búsqueda en google maps de sus coordenadas (longitud y latitud) y transformarlas a valores UTM (x e y). Una vez que la información se encuentra en Arcmap, diferenciamos los distintos lugares por sus "tipo" para separarlas.





# Relación relave-población (aire)

Para analizar como afectan los relaves a la población, se levanto información sobre la ubicación de los relaves y las zonas más concurridas en la región de Coquimbo (servicios/áreas públicas).

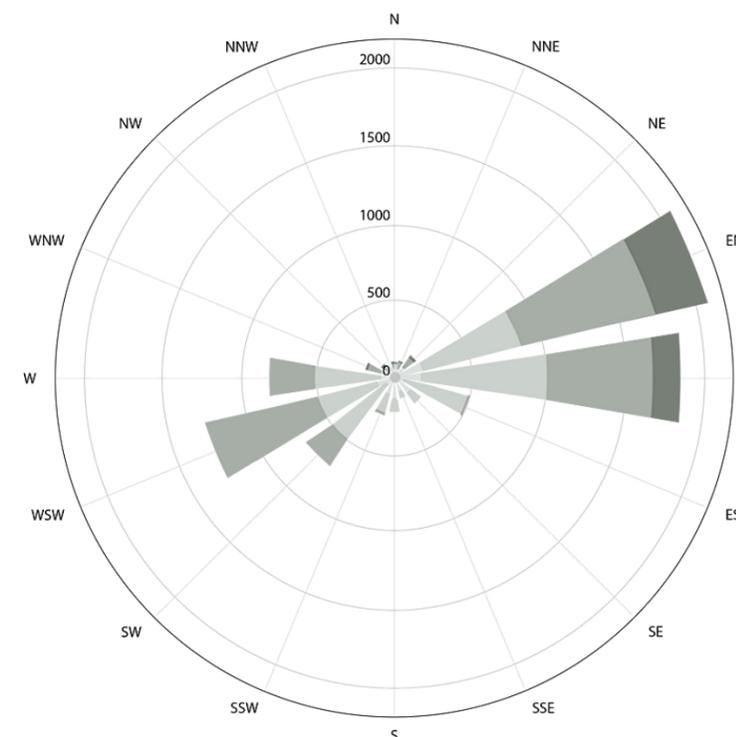
Además se delimito la zona urbana en donde se centra la mayor parte de afluencia de personas, sin embargo, este limite no es suficiente ya que la toxicidad que emiten los relaves se puede transmitir en dirección del viento. Podemos ver esto en la rosa de los vientos de la zona de estudio.

"El problema es que las comunidades habitualmente crean campamentos alrededor de los yacimientos y no toman la precauciones. Cuando hay una faena minera; ni el campamento, ni donde habitan, ni donde comen, debiera estar al lado de la faena, sino que ojalá estar retirados en un radio de acción de 15 kilómetros, que es lo que están haciendo, generalmente, todas las empresas hoy"

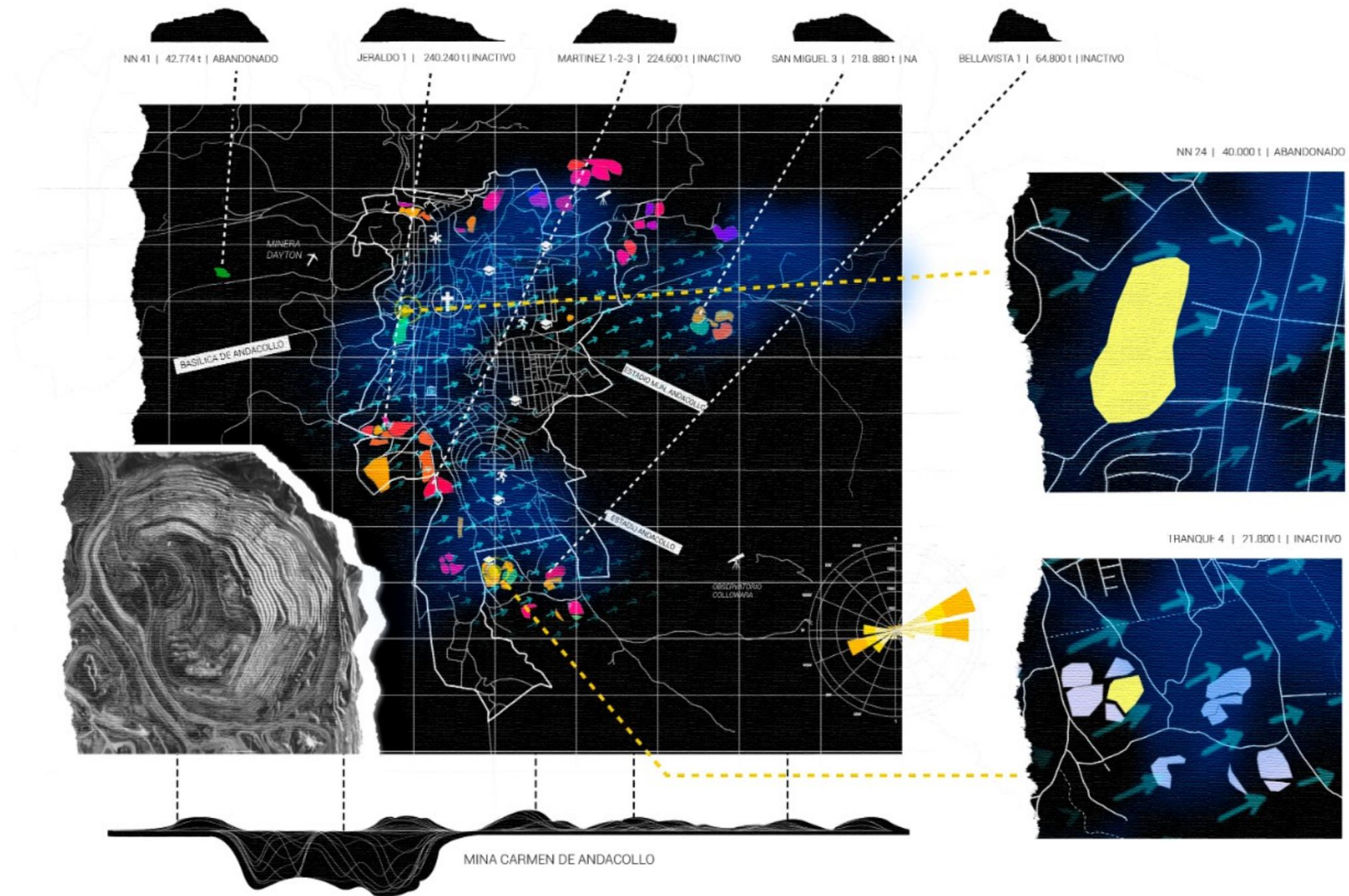
-Geólogo experto en minería

Fuente: Relaves de minería en Andacollo: Ahogados en desechos; Francisca Maturana Torres

[https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/andacollo\\_chile\\_3899680](https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/andacollo_chile_3899680)



"La Rosa de los Vientos para Andacollo muestra el número de horas al año que el viento sopla en la dirección indicada. Ejemplo SO: El viento está soplando desde el Suroeste (SO) para el Noreste (NE). Cabo de Hornos, el punto de la Tierra más meridional de América del Sur, tiene un fuerte viento característico del Oeste, lo cual hace los cruces de Este a Oeste muy difícil, especialmente para los barcos de vela"

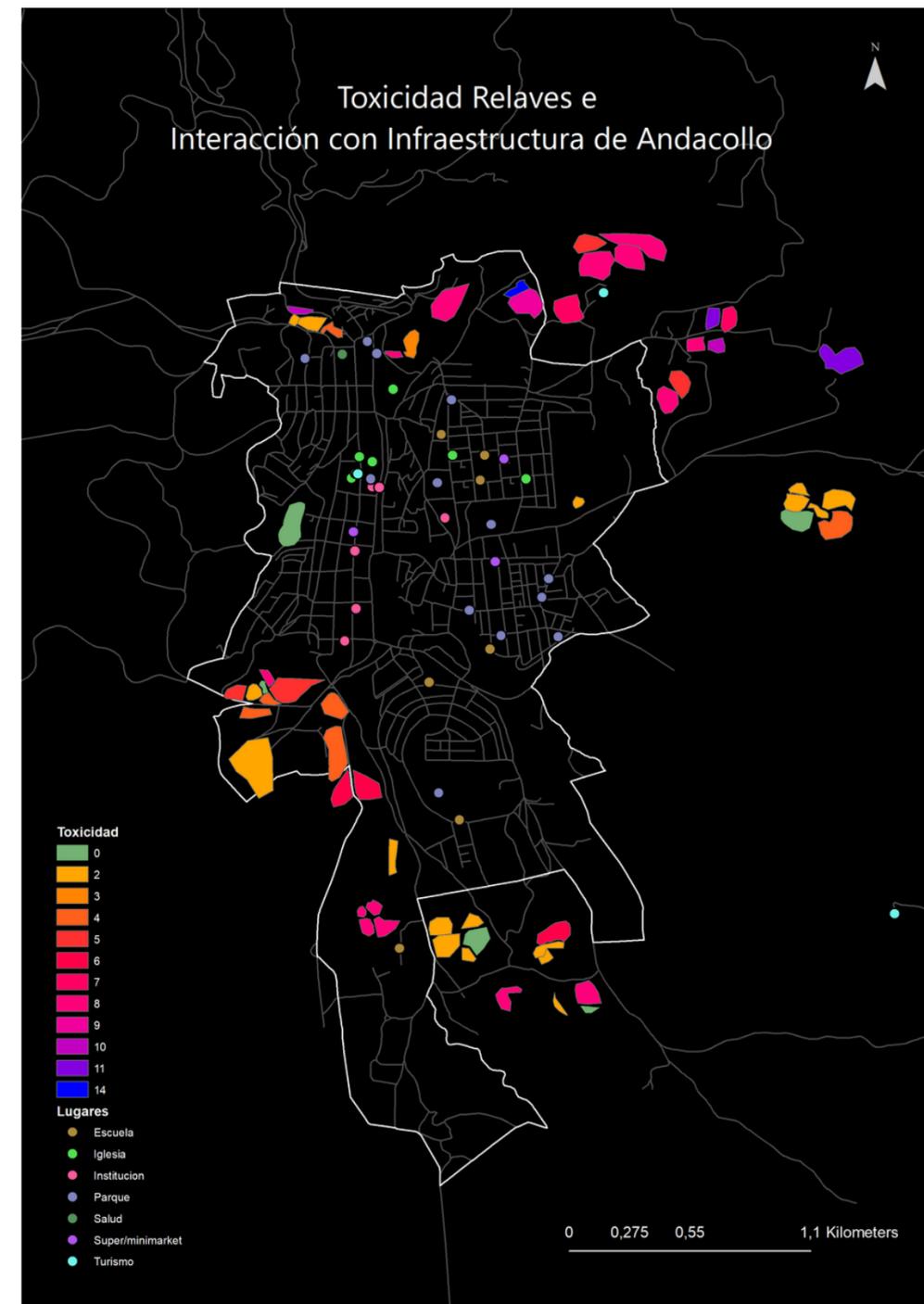


Fuente: Elaboración propia; Mapping comuna de Andacollo y relaves con posibilidades de intervención de diseño

Toxicidad relaves en zona urbana de Andacollo

# Resultados

El siguiente mapa muestra de una manera visual la toxicidad de los relaves en la zona urbana de Andacollo. Mientras el color sea más fuerte, será más peligroso. También, se muestran como símbolos las zonas en donde se concentran la mayor cantidad de personas, o son lugares de reunión como hospitales, museos, parques y colegios. Con esta información podemos ver cuáles lugares son las con un potencial mayor de riesgo.



Área de impacto e influencia de toxicidad de relaves

# Resultados

Hicimos un área de 300 metros respecto a cada relave. Esto nos permite calcular el área en la cuál el polvo debe estar en una mayor concentración disperso por el viento, y por ende, causar una mayor probabilidad de causar problemas a la salud.

Restamos el área de la zona de Andacollo menos el buffer de área Afectada por el viento. Esto nos da un área de **2.280 m<sup>2</sup>** que se encuentra en una zona "levemente más segura"

Finalmente, se calcula cuántas personas son las más afectadas debido en el lugar donde viven. Usamos la cantidad de personas que viven por manzana con el buffer de los relaves que representa la nube de mayor concentración de polvo tóxico. Dándonos un resultado de **6.816** personas.



# Planteamiento del problema

## Tesis

Los depósitos de material de desecho minero (relaves) se ven expuestos al arrastre de material particulado por el viento y la lluvia, lo que impacta negativamente en la calidad de vida de las personas y los recursos naturales de su entorno dependiendo de la toxicidad de los mismos.

## Problema

La interacción entre habitantes y relaves en el día a día potencia el desarrollo de enfermedades físicas y mentales debido a los peligros involucrados: Contaminación de aire, agua y suelos, derrumbes e impacto en la calidad de alimentos, por lo que se hace imperioso realizar un catastro del área de influencia de los depósitos y su cercanía a servicios públicos/privados

## Foco

Para evidenciar la interacción de los habitantes con los relaves se seleccionaron los servicios públicos de Andacollo como colegios, iglesias, parques, instituciones comunales, centros culturales y supermercados, para establecer zonas de peligro en relación a la clasificación de toxicidad de los relaves.

“Los andacollinos se han criado, han jugado a la pelota encima de los relaves, es necesario conocer cuáles son los peligros que tienen”

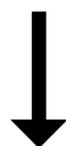
Ex alcalde Juan Carlos Alfaro



Diagrama de síntesis

# Flujo Metodológico

Para realizar el levantamiento de información de los relaves se analizó la ubicación de estos a través de su coordenadas (longitud y latitud). Esta información se insertó en una tabla de Excel la cual luego sería guardada como un libro de Excel 97-2003 xls. Luego sería trasladada a Arc Map.



Una vez que tengamos ambos datos puestos en el programa, realizaremos intersect entre el buffer de los relaves y la zona urbana de la comuna de Andacollo. De esto nos saldrán aquellos relaves que más afectan a la zona urbana de Andacollo y analizando los datos de los lugares de mayor afluencia de personas podremos determinar cuales relaves afectan más a las personas.

Recolección datos de muestras químicas en relaves de Andacollo

+

Geolocalización de muestras de elementos químicos de relaves

+

Discriminación de relaves según ponderación de toxicidad según normativa Holandesa

+

Buffer de muestras para identificación de relaves independientes (unificar múltiples muestras relacioandas a un relave común)

+

Delimitación de superficie de relaves identificados en zona urbana (shape de geometría)

+

Buffer de geometrias de relaves según diámetro representativo para zona de interacción con servicios públicos y áreas de recreación

=

**Cantidad de población afectada y zona de peligrosidad de relaves**

# Análisis y Conclusiones

1

## Impacto población

Los relaves se encuentran inmersos entre las casas de Andacollo. Estos son muy peligrosos para los habitantes, e incluso, para la naturaleza. Es muy caro moverlos por lo que deben crearse opciones para que la gente pueda convivir de una mejor manera con estos. Gracias a los mapas e información recopilada, podemos ver cuáles relaves son de suma urgencia de trasladar y el número de personas (según viviendas) que interactúan con estos de forma directa.

2

## Andacollo zona vulnerable

La Comuna ha hecho muchas promesas y metas para mejorar la salud de sus ciudadanos, sin embargo, muchas de estas no se han concretado o son muy demorosas en hacer. Andacollo es muy vulnerable. Tiene altos índices de mortalidad en comparación a los demás lugares del país y se puede ver evidenciado mediante la cercanía de los relaves con los diferentes servicios públicos la correlación de la ubicación geográfica de los relaves con el incremento de enfermedades respiratorias en la zona.

3

## Oportunidad de diseño

Tomando en cuenta los análisis de toxicidad de los relaves en la zona urbana de Andacollo, se distinguen 5 relaves con niveles de cobre y zinc bajos (ponderación de 0-1) con los cuales se podrán implementar soluciones de diseño e intervenir desde sus contribuciones al bienestar de la población circundante. Los nombres de estos son: NN41, Jeraldo 1, Marínez 1-2-3, San Miguel 3 y Bellavista 1

# Muchas gracias!

# Contaminación aire (MP10)

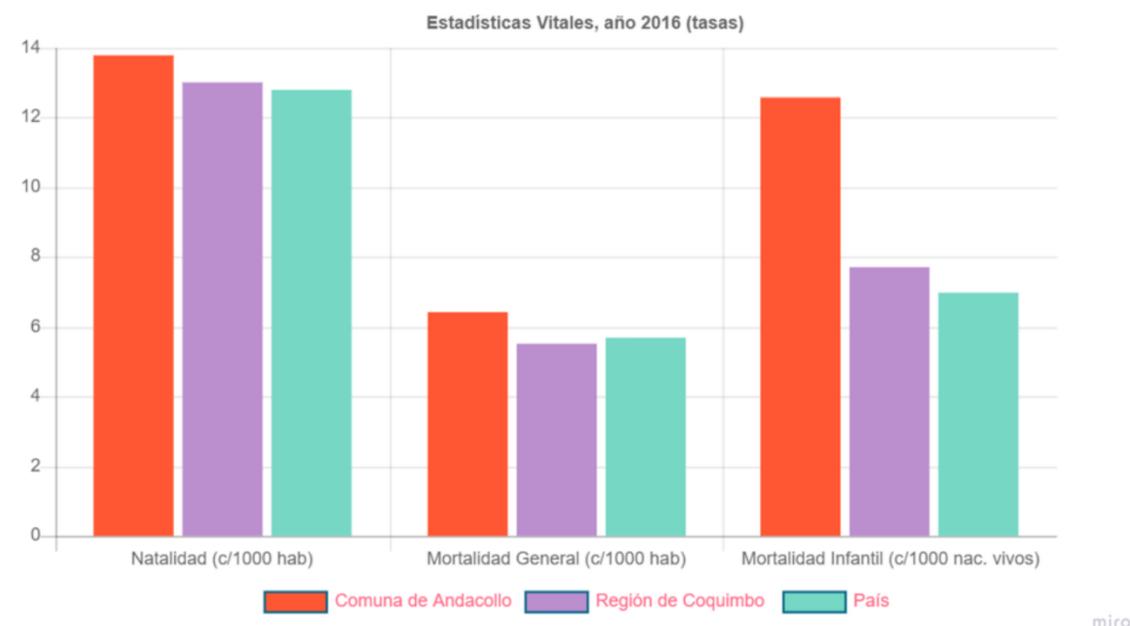
**\*PM10:** Partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera, y cuyo diámetro varía entre 2,5 y 10 µm

Andacollo se encuentra entre las 20 ciudades de Latinoamérica más contaminadas, siendo la principal causa de muerte (2011) las enfermedades respiratorias (tasa ajustada de 262,46 por 100.000 habitantes), teniendo, a su vez, según los datos del 2014 del INE, una tasa de mortalidad más alta que la mortalidad bruta de la región y del País

Más allá de la contaminación de suelo de los relaves, los peligros se extienden a las partículas en suspensión que son arrastradas por las corrientes de viento causando problemas a la salud de la población al ingresar a las vías respiratorias de los individuos, ampliándose el espectro de peligrosidad de los mismos en la comuna. De acuerdo a la Norma de Calidad Primaria para Material Particulado Respirable (MP10) las recomendaciones de la OMS son sobrepasadas constantemente según el límite diario de 50 mg/m<sup>3</sup> y anual de 20 mg/m<sup>3</sup> de MP10 y superando la concentración de PM2,5 a 10 mg/m<sup>3</sup> al año con un promedio anual de 31 mg/m<sup>3</sup>.

[https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas\\_v.html?anno=2017&idcom=4103](https://www.bcn.cl/siit/reportescomunales/comunas_v.html?anno=2017&idcom=4103)

<https://www.chilesustentable.net/2021/12/andacollo-los-impactos-de-la-mega-mineria-a-la-poblacion-que-no-cesan/>



“Cada tronadura de las mineras levanta una nube de polvo que genera una patología aguda tipo bronquitis (...) El perfil de mortalidad por causa respiratoria en la comuna de Andacollo refleja en parte la historia de la situación de salud respiratoria de la población”

Daniel Moraga, facultativo de la Universidad Católica

# Información de Toxicidad

Usando la tabla de "Datos de Geoquímica de Depósitos de Relaves de Chile (actualización: 13/01/2020)", de sernageomin, agregamos nuevas columnas para calcular el estado de los suelos de cada depósito según el reglamento Holandes. Según estas leyes, un relave puede ser categorizado como tóxico dependiendo de la concentración de cada elemento pesado. Las concentraciones analizadas son las siguientes:

**As, Pb, Cr, Cd, Hg, Ni, Cu y Zn.**

Con la información disponible, podemos obtener resultados del estado de toxicidad debido al elemento X : Relave Seguro, Se Requiere Información Adicional para Evaluar o Relave Definitivamente Tóxico. En este caso, vamos a categorizar los relaves que se necesitan más información como tóxicos. De esta manera, las decisiones que tomemos hasta tener mayor datos, serán las más seguras.

Al igual que en el estudio "Evaluation of soil intervention values in mine tailings in northern Chile" (ver FIG. 3), le asignamos a cada elemento un valor numérico para representar la gravedad de la concentración del elemento. Por ejemplo, es más grave tener un relave tóxico en arsénico que uno con altas concentraciones de cobre. Por eso nosotros solamente tomaremos como seguros los relaves con concentraciones de Zinc o de Cobre.

**Table 8** Assigned weights to each element for the calculation of the weighted intervention ranking.

Element	Assigned weight
Cr	2.0
Zn	1.0
Ni	3.0
Pb	3.0
Hg	2.0
Cu	1.0
Cd	3.0
As	3.0

**Note:** Each row in this table shows an element with its respective weight for the calculation of the weighted intervention ranking.

**FIG 3.** Ponderación elementos químicos para calculo de toxicidad de relaves

# Los Lugares Públicos en Zonas con Menos Inclinación

Primero se analiza las pendientes que se encuentran en Andacollo (Fig 4) y la localización con la respectiva distancias de influencia de las locaciones públicas (Fig 6). Ambas se reclasifican en menos categorías para el análisis. Se suman dos condiciones: la cercanía de 200 (naranja de la Fig 7) metros a un lugar público más estar en la menor inclinación (verde de la fig. 5). Dándonos el resultado de la figura 8. De esto podemos concluir que la mayor parte de las zonas influenciadas por los lugares públicos se encuentran en zonas con baja inclinación. La zona urbana de Andacollo se encuentra "Entre montañas", por lo que cuando la mina trabaja, las nubes de tierra se elevan y llevan material particulado

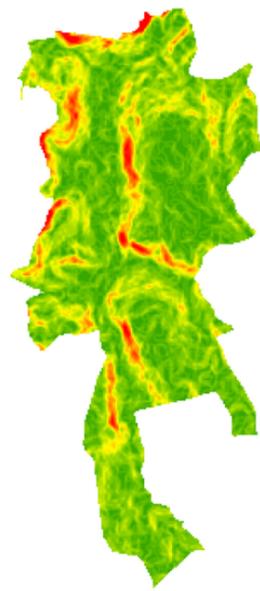


FIG 4. Slope Zona Urbana Andacollo

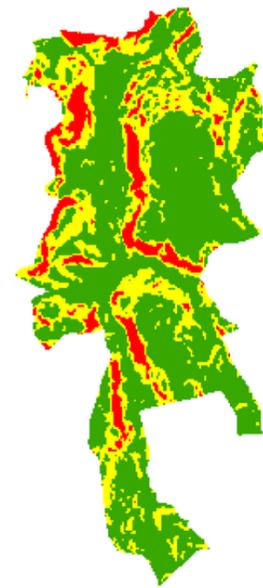


FIG 5. Slope Reclasificado en 3 Categorías

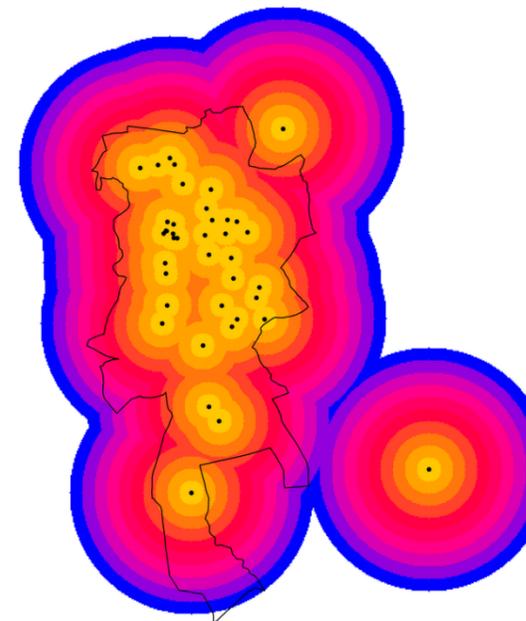


FIG 6. Distancia cada 100m sobre Lugares Públicos en Andacollo

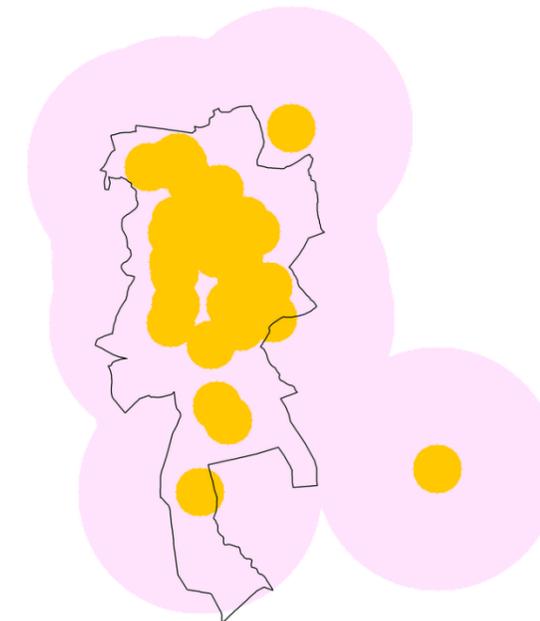


FIG 7. Distancia de 200 metros sobre Lugares Públicos

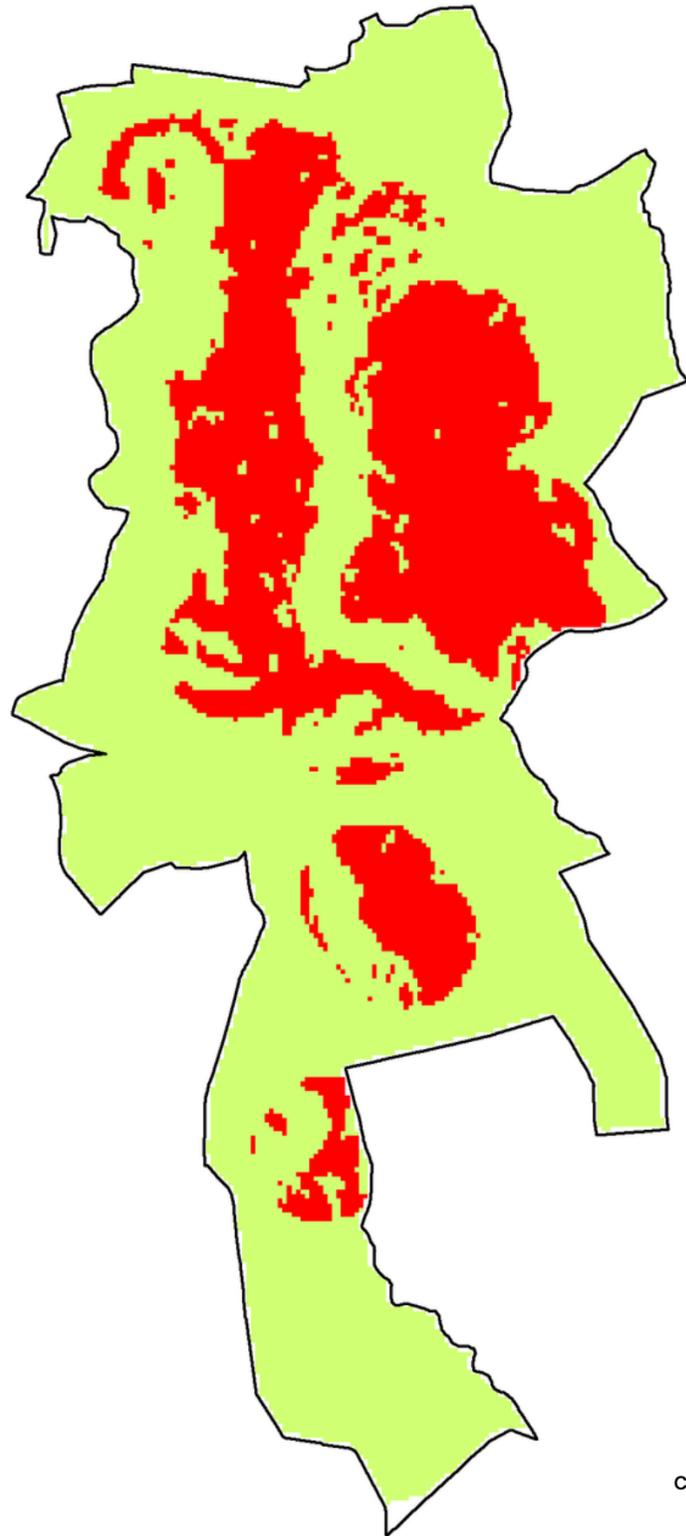


FIG 8. Resultado de Coincidencia de Lugares Públicos v/s el Menor Slope en Andacollo

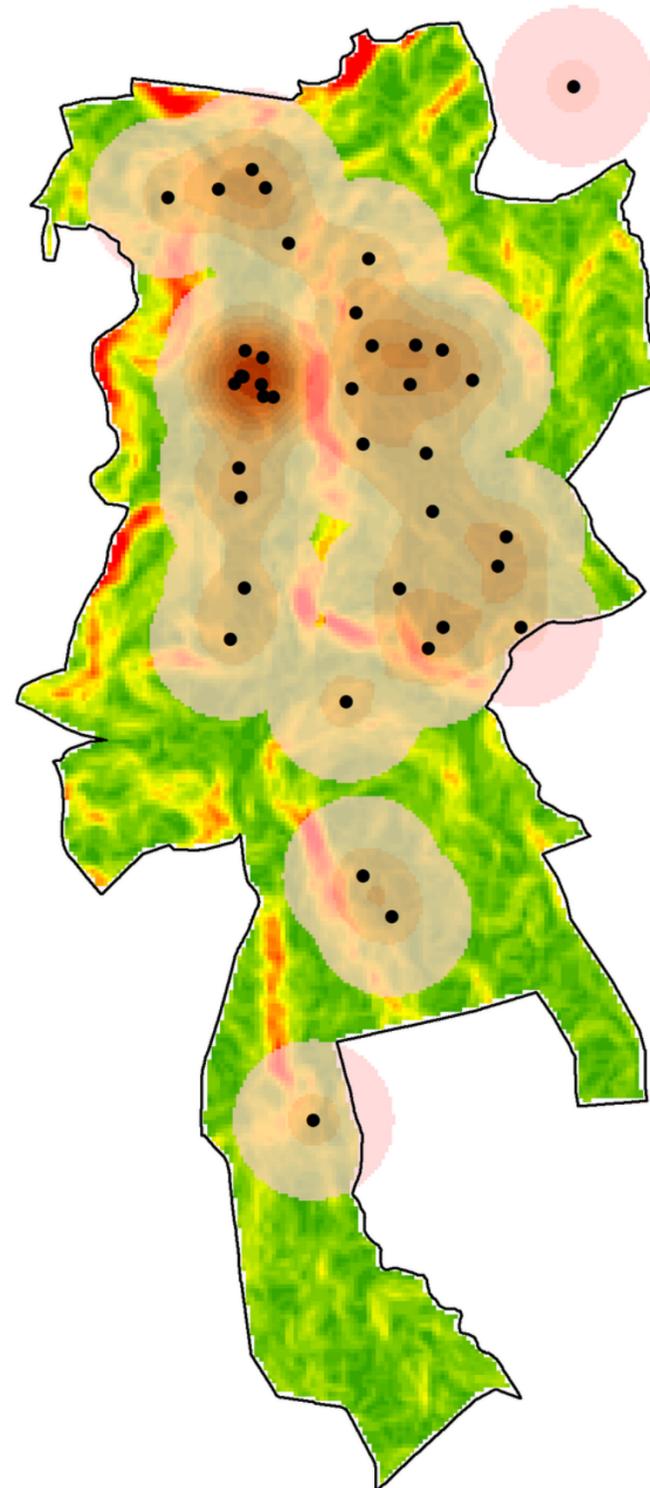


FIG 9 Superposición de Slope v/s Concentración de Lugares Públicos en Andacollo

Phacia la zona urbana. A la vez, el viento que sopla en la dirección suroeste hacia noreste mueve el polvillo de los relaves hacia las personas. El que las localicaziones públicas esten rodeadas de pendientes implica que este atrapado en un "agujero". Por lo que por hipótesis, el material se quede con mayor facilidad atrapado.