

Comité Operativo

Revisión de Norma de Emisión para fundiciones y fuentes emisoras de arsénico

Presentación Comité Operativo | SESIÓN N°4/2022
miércoles 3 de agosto, 2022

Ivonne Moreno
División de Calidad del Aire
Ministerio del Medio Ambiente



Objetivos de la reunión

El objetivo es abordar los criterios del artículo 39 del D.S N°38 de 2012, reglamento de dictación y revisión de normas, en sus literales c) Los cambios en las condiciones ambientales consideradas al momento de dictarse la norma, y d) Los resultados de las investigaciones científicas que aporten antecedentes nuevos sobre efectos adversos a las personas o a los recursos naturales.

Tabla

Presentación 1: Cambio en las condiciones ambientales

Expositora: Ivonne Moreno, coordinadora del proceso.

Presentación 2: Nueva evidencia científica de efectos en salud

Expositor: Daniel Rebolledo, Coordinador de Proyectos de Investigación, Centro UC, Toxicología y Medioambiente CITUC.

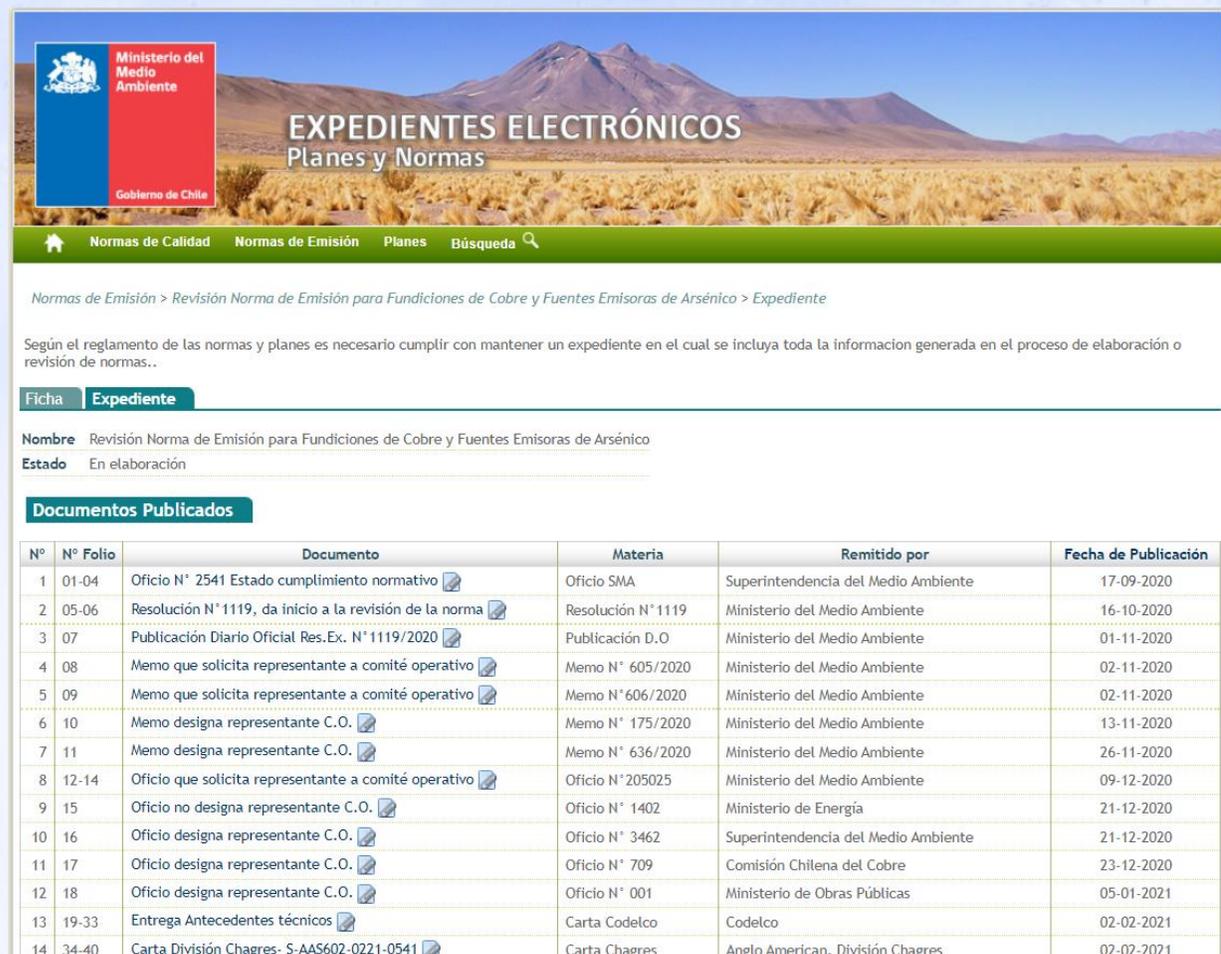


Próximas Reuniones

Actividad	Temas a tratar	Fecha
5° reunión C.O.	Obj: (1) Revisión de Normativa internacional y otras regulaciones nacionales y (2) Tecnologías de control de emisiones	Por definir



https://planesynormas.mma.gob.cl/normas/expediente/index.php?tipo=busqueda&id_expediente=937836



The screenshot displays the 'EXPEDIENTES ELECTRÓNICOS' section of the Chilean Ministry of Environment website. The page features a header with the ministry's logo and a navigation menu. The main content area shows the title 'Revisión Norma de Emisión para Fundiciones de Cobre y Fuentes Emisoras de Arsénico' and its current state 'En elaboración'. Below this, a table lists 14 published documents, each with a number, folio, title, matter, sender, and publication date.

N°	N° Folio	Documento	Materia	Remitido por	Fecha de Publicación
1	01-04	Oficio N° 2541 Estado cumplimiento normativo	Oficio SMA	Superintendencia del Medio Ambiente	17-09-2020
2	05-06	Resolución N° 1119, da inicio a la revisión de la norma	Resolución N° 1119	Ministerio del Medio Ambiente	16-10-2020
3	07	Publicación Diario Oficial Res.Ex. N° 1119/2020	Publicación D.O	Ministerio del Medio Ambiente	01-11-2020
4	08	Memo que solicita representante a comité operativo	Memo N° 605/2020	Ministerio del Medio Ambiente	02-11-2020
5	09	Memo que solicita representante a comité operativo	Memo N° 606/2020	Ministerio del Medio Ambiente	02-11-2020
6	10	Memo designa representante C.O.	Memo N° 175/2020	Ministerio del Medio Ambiente	13-11-2020
7	11	Memo designa representante C.O.	Memo N° 636/2020	Ministerio del Medio Ambiente	26-11-2020
8	12-14	Oficio que solicita representante a comité operativo	Oficio N° 205025	Ministerio del Medio Ambiente	09-12-2020
9	15	Oficio no designa representante C.O.	Oficio N° 1402	Ministerio de Energía	21-12-2020
10	16	Oficio designa representante C.O.	Oficio N° 3462	Superintendencia del Medio Ambiente	21-12-2020
11	17	Oficio designa representante C.O.	Oficio N° 709	Comisión Chilena del Cobre	23-12-2020
12	18	Oficio designa representante C.O.	Oficio N° 001	Ministerio de Obras Públicas	05-01-2021
13	19-33	Entrega Antecedentes técnicos	Carta Codelco	Codelco	02-02-2021
14	34-40	Carta División Chagres- S-AAS602-0221-0541	Carta Chagres	Anglo American, División Chagres	02-02-2021



¿Preguntas?



Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile



Comité Operativo

Cambio en las condiciones ambientales en el entorno a fundiciones y fuentes emisoras de arsénico

Presentación Comité Operativo | SESIÓN N°4/2022
miércoles 3 de agosto, 2022

Ivonne Moreno
División de Calidad del Aire
Ministerio del Medio Ambiente



Objetivo

Informar respecto a los cambios en las condiciones ambientales consideradas al momento de dictarse la norma, literal (c) de artículo 39, del D.S N° 38 de 2012



Fundiciones de Cobre



Fundición	Comuna	Propiedad	Tipo planta de ácido previo al decreto
Chuquicamata (Refinería)	Calama (II R)	Codelco	Simple contacto
Altonorte	Antofagasta (II R)	Anglo American	Doble contacto
Potrerosillos (Refinería)	Diego de Almagro (III R)	Codelco	Simple contacto
Hernán Videla Lira (HVL)	Tierra amarilla (Paipote)	ENAMI	Simple contacto
Chagres	Catemu (V R)	Anglo American	Doble contacto
Ventanas (Refinería)	Puchuncaví (V R)	Codelco	Doble contacto
Caletones	Machalí (VI R)	Codelco	Simple contacto



Normas primarias y secundarias de calidad del aire

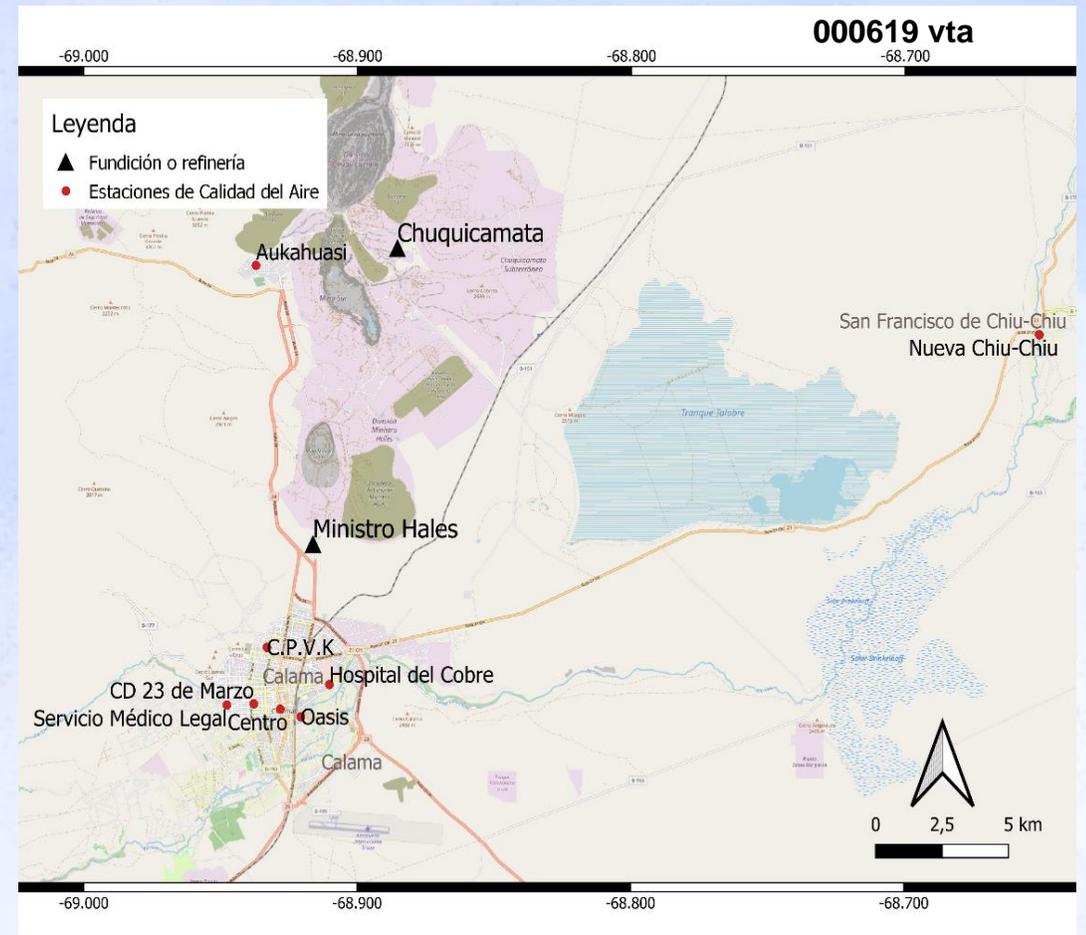
Tipo de instrumento	ID normativa	Fecha de publicación	Contaminante	Alcance	Estado
NPCA	D.S. 136/2000 del MINSEGPRES	06-ene-01	Pb	Nacional	Vigente
	D.S. 114/2002 del MINSEGPRES	06-mar-02	NO ₂	Nacional	Vigente
	D.S. 115/2002 del MINSEGPRES	10-sept-02	CO	Nacional	Vigente
	D.S. 112/2002 del MINSEGPRES	06-mar-03	O ₃	Nacional	Vigente
	D.S. 12/2010 del MMA	09-may-11	MP2,5	Nacional	Vigente
	D.S. 59/1998 del MINSEGPRES y CONAMA Ahora D.S N°12/2021, MMA	25-may-98	MP10	Nacional	Vigente desde 17-oct-2015(*)
	D.S. 104/2018 del MMA	16-may-19	SO ₂	Nacional	Vigente
NCSA	D.S. 22/2010 del MINSEGPRES	16-abr-10	SO ₂	Estaciones monitoras con representatividad de recursos naturales (EMRRN)	Vigente



Fundición Chuquicamata

Principales hitos

- Ene, 1992 – Declara zona saturada por MP10 y SO₂
- Jul, 1993 – PDA para MP10, SO₂ y As
- Ene, 2001 – PDA para MP10 y SO₂
- Ago, 2005 – Declara zona latente por SO₂ diario (deroga declaración de saturada)
- May, 2009 – Declara zona saturada por MP10 anual
- Dic, 2018 - Inicio cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As



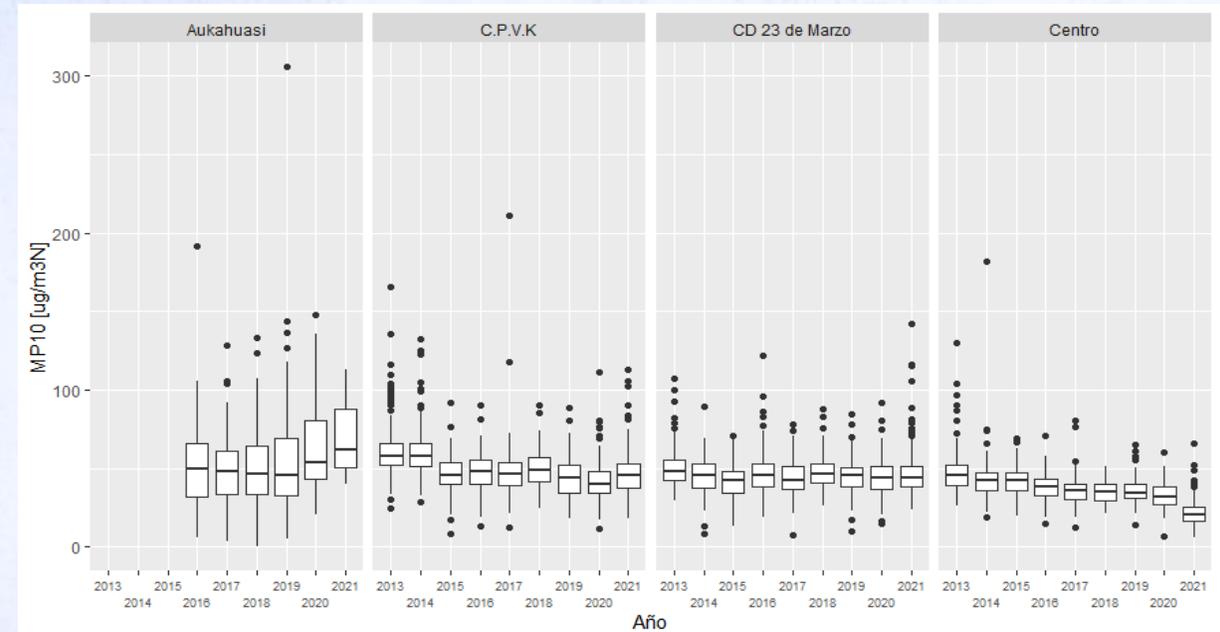
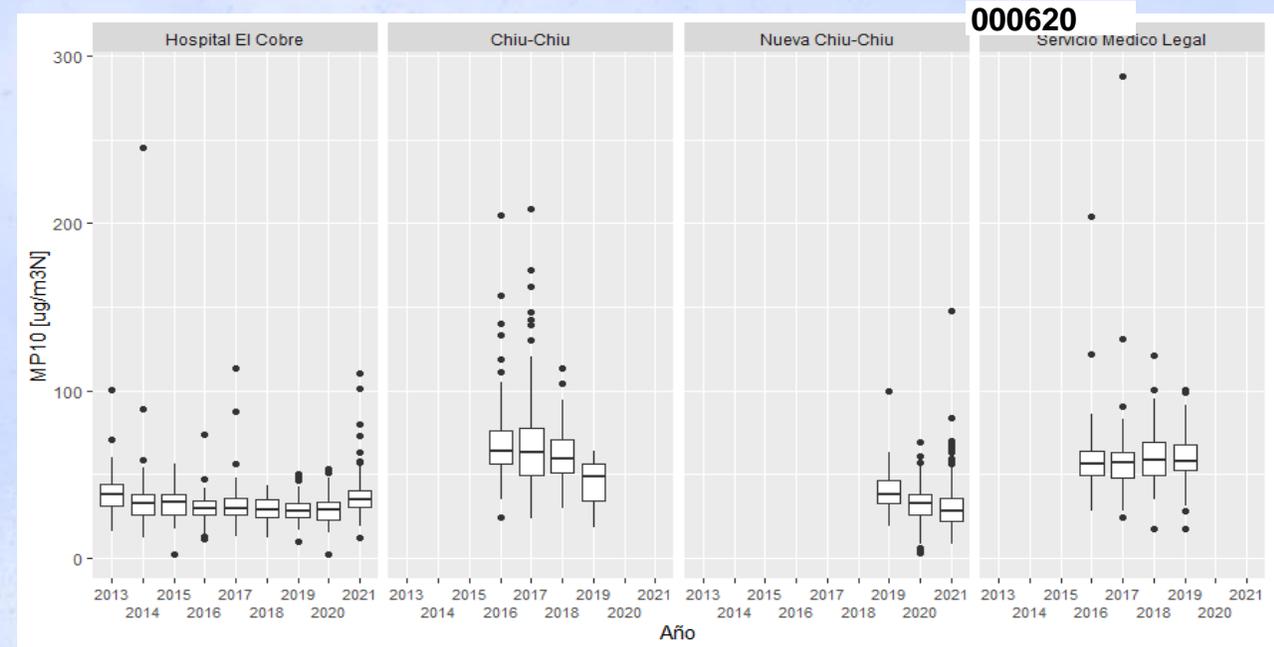
Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Aukahuasi ¹	5,4	O	N/A	En zona no poblada, ubicada en la fundición
CD 23 de Marzo	16,9	S	MP10, MP2.5	Presencia de población
Centro	16,8	S	MP10, MP2.5	Presencia de población
Chiu-Chiu	24,4	E	N/A	Presencia de población
Nueva Chiu-Chiu	24,6	E	MP10	Presencia de población
C.P.V.K.	14,9	S	MP10, MP2.5	Presencia de población
Hospital El Cobre	15,6	S	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Oasis	16,9	S	SO ₂	Presencia de población
Servicio Médico Legal	17,3	S	SO ₂	Presencia de población

Nota: N/A indica que la estación no tiene representatividad poblacional para ningún contaminante.

1. Aukahuasi se considera estación de alto impacto debido a su cercanía a la fundición y a su baja población.

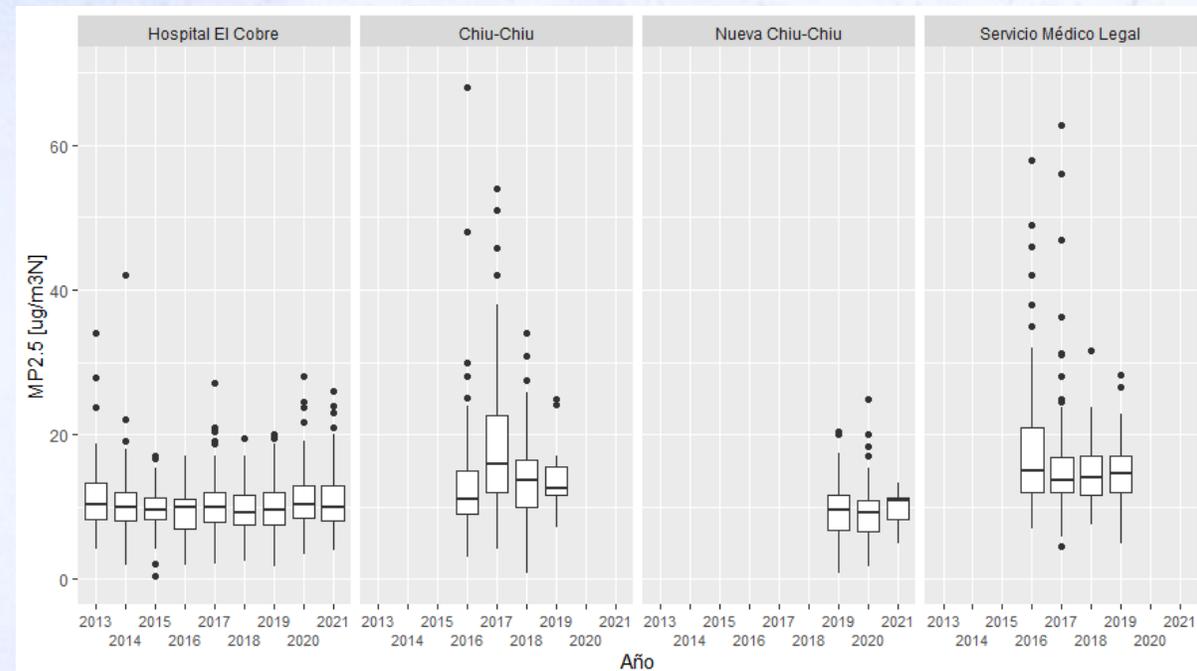
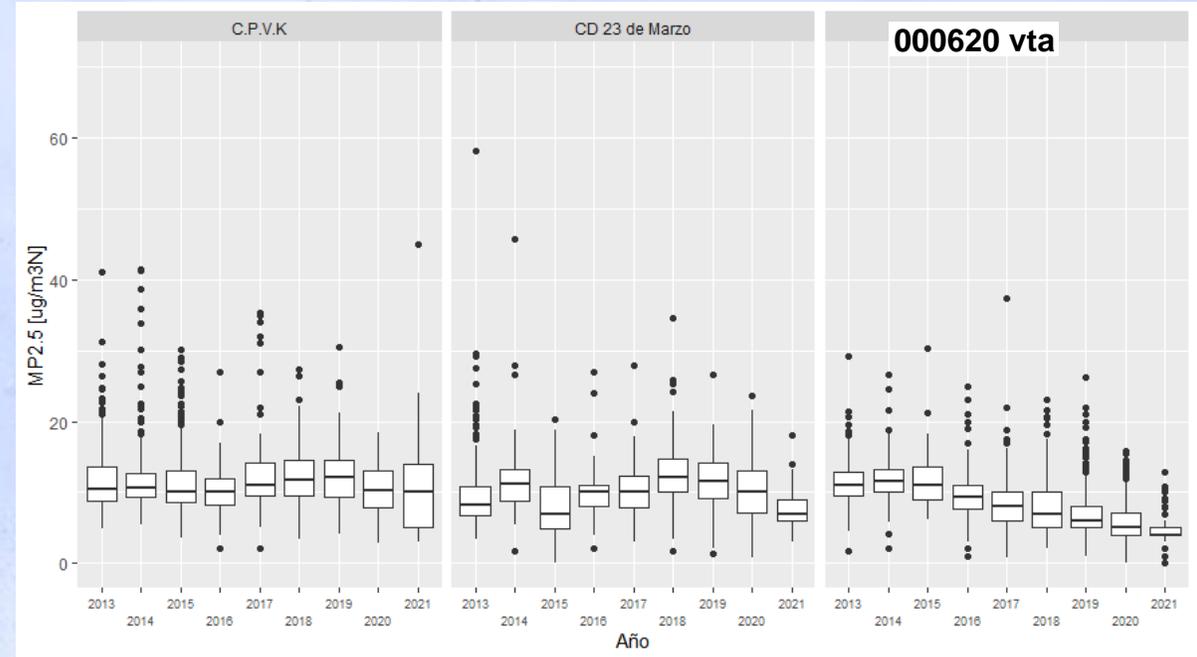
MP10 Fundición Chuquicamata

- Los valores de la estación Aukahuasi son los mayores, esperado por ser la estación más cercana a la fundición. Muestra una mayor dispersión según el rango entre el primer y tercer cuartil.
- Las medianas medidas en esta estación se encuentran en el orden de aquellas medidas en las estaciones C.P.V.K y CD 23 de Marzo en el periodo de 2016 a 2019, sin embargo, estas se diferencian en los años 2020 y 2021, donde las concentraciones de MP10 medidas en Aukahuasi aumenta.
- En Nueva Chiu-Chiu y Centro, se observa una tendencia a la disminución de las concentraciones en los últimos años.
- El D.S. 28/2013 del MMA aplica a partir de diciembre del año 2018 en esta fundición, solo se observa una disminución de las concentraciones de MP10 en las estaciones Nueva Chiu-Chiu y Centro a partir del año 2019.



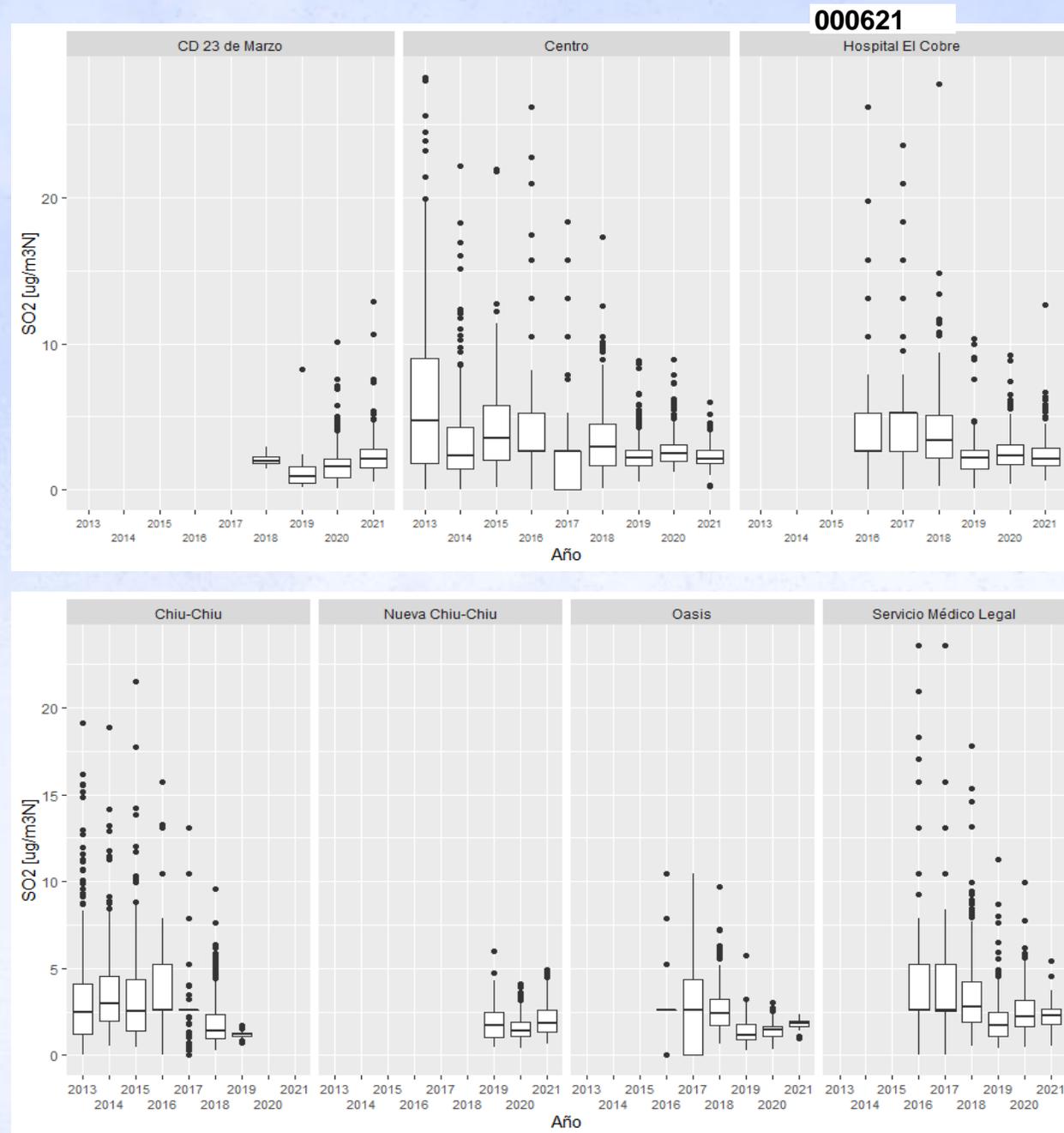
MP2.5 Fundición Chuquicamata

- Las concentraciones medidas se mantienen dentro del mismo orden entre estaciones, siendo levemente mayores en el caso de la estación Servicio Médico Legal.
- En las estaciones Centro y Nueva Chiu-Chiu se observa una tendencia a la disminución de los valores de las concentraciones medianas, particularmente desde 2019, año en que la fundición ya debía cumplir con la norma de emisión
- Existen disminuciones en los valores máximos de la estación Servicio Médico Legal, mientras que en las otras estaciones las concentraciones se mantienen bastante estables.



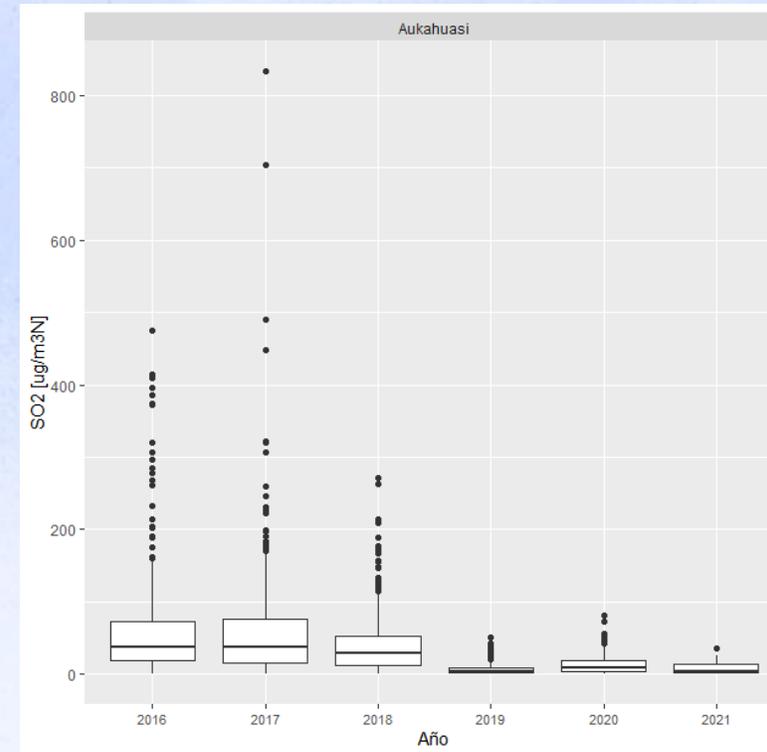
SO2 Fundición Chuquicamata

- Se puede observar una tendencia a la disminución de las concentraciones desde 2015-2016, con una clara reducción desde 2019, año en que la fundición ya debía cumplir con la norma de emisión.
- Para las otras estaciones se cuenta con menos antecedentes, pero de todas formas se observa una disminución en las concentraciones a partir del año 2019.
- La estación Aukahuasi indica concentraciones en un orden de magnitud mayor, lo que se podría deber a la proximidad de la estación a la fundición.

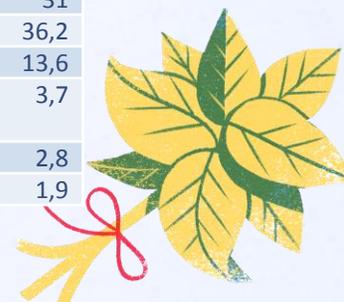


Estadígrafos concentraciones de SO₂ [µg/m³N] en cercanías fundición Chuquicamata, estación Aukahuasi

- Se presenta a modo de referencia, la estación Aukahuasi (Existe cambio de escala)
- Se observa claramente la disminución de las concentraciones SO₂ a partir del año 2019, en medianas y máximos
- Aukahuasi presenta las concentraciones más altas debido a la mayor cercanía a la fundición.



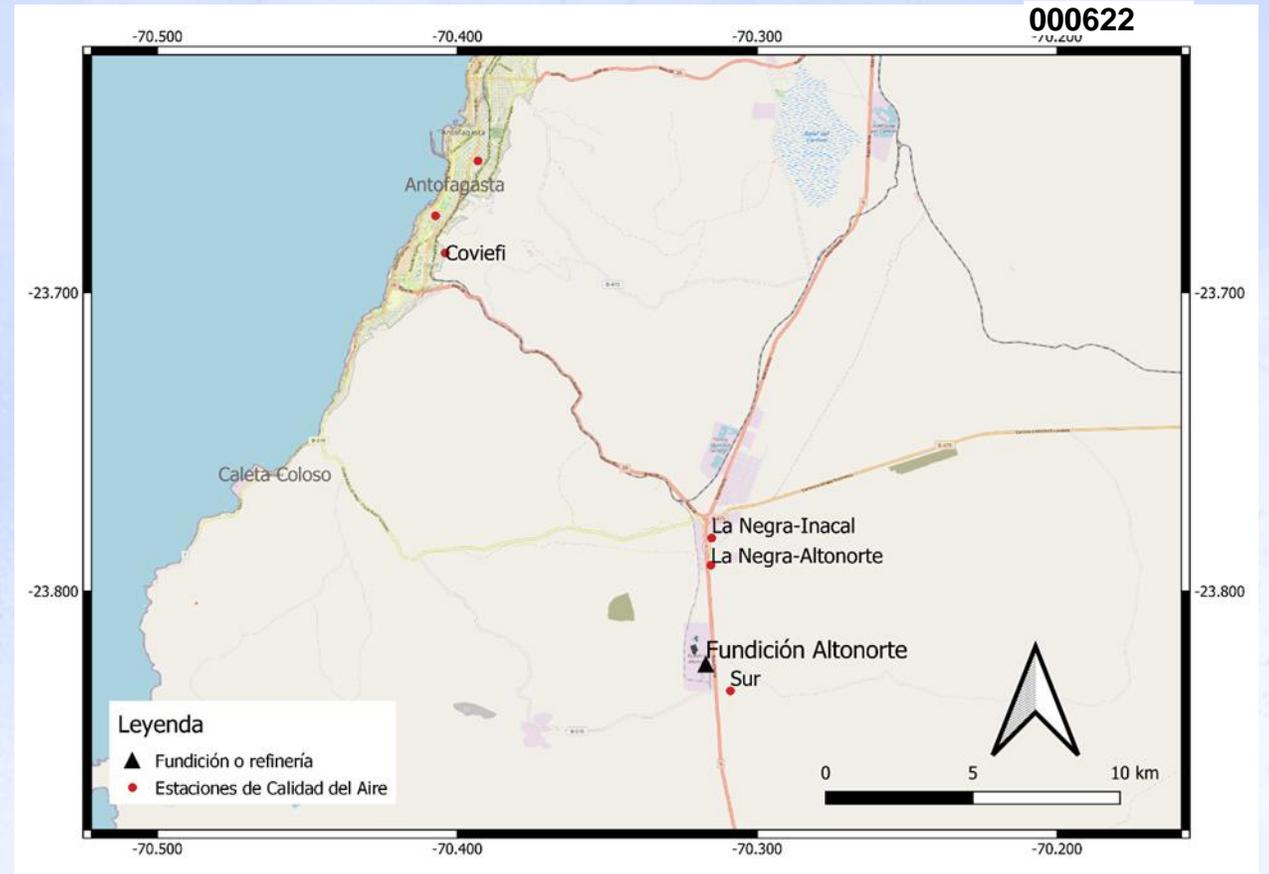
Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
N	0	0	0	365	365	365	358	332	31
Max.	S/I	S/I	S/I	474,3	833,3	270,8	50,5	81,5	36,2
3rd Qu.	S/I	S/I	S/I	73,4	76,0	52,4	9,3	19,6	13,6
Media	S/I	S/I	S/I	37,7	36,7	28,4	4,5	9,3	3,7
1st Qu.	S/I	S/I	S/I	18,3	15,7	11,8	2,4	4,3	2,8
Min.	S/I	S/I	S/I	0,0	0,0	0,6	0,1	0,7	1,9



Fundición Altonorte

Principales hitos

- Dic, 2016 - Inicio cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As



Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Coviefi	17,5	NO	MP10, SO ₂	Ubicada en un área habitada
La Negra-Altonorte ²	3,5	N	MP10, SO ₂	Ubicada en barrio industrial ¹
La Negra-Inacal ²	4,5	N	MP10, SO ₂	Ubicada en barrio industrial ¹
Sur ²	1,4	SE	N/A	Ubicada en barrio industrial

Nota: N/A indica que la estación no tiene representatividad poblacional para ningún contaminante.

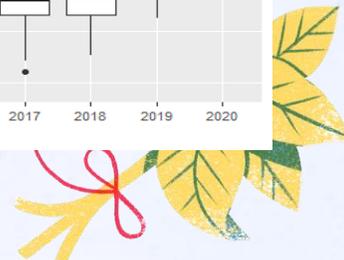
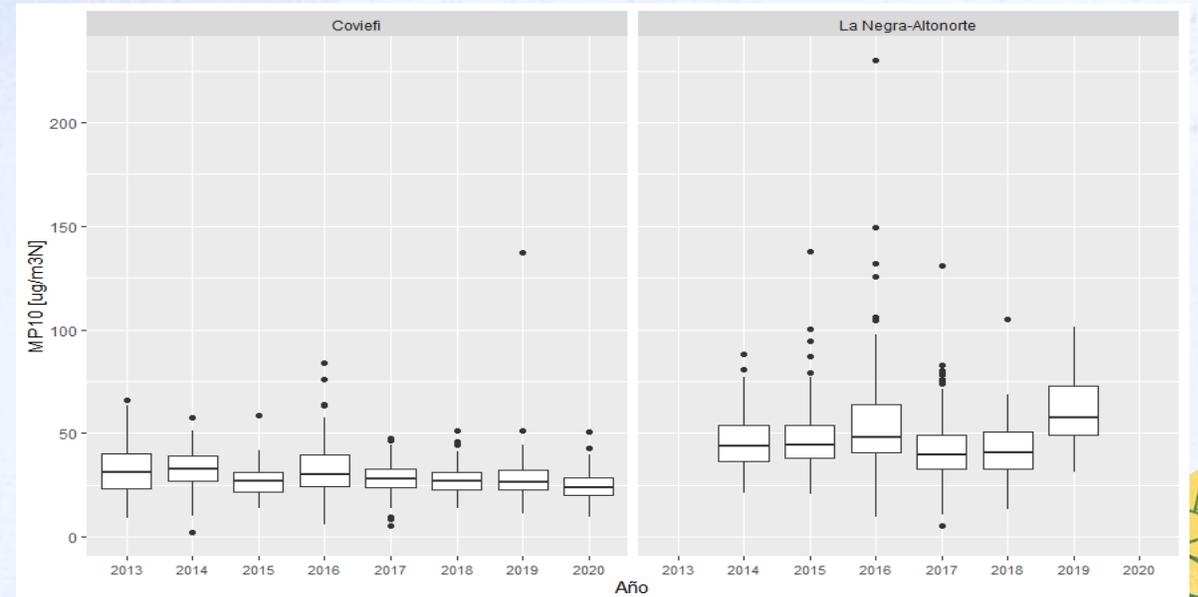
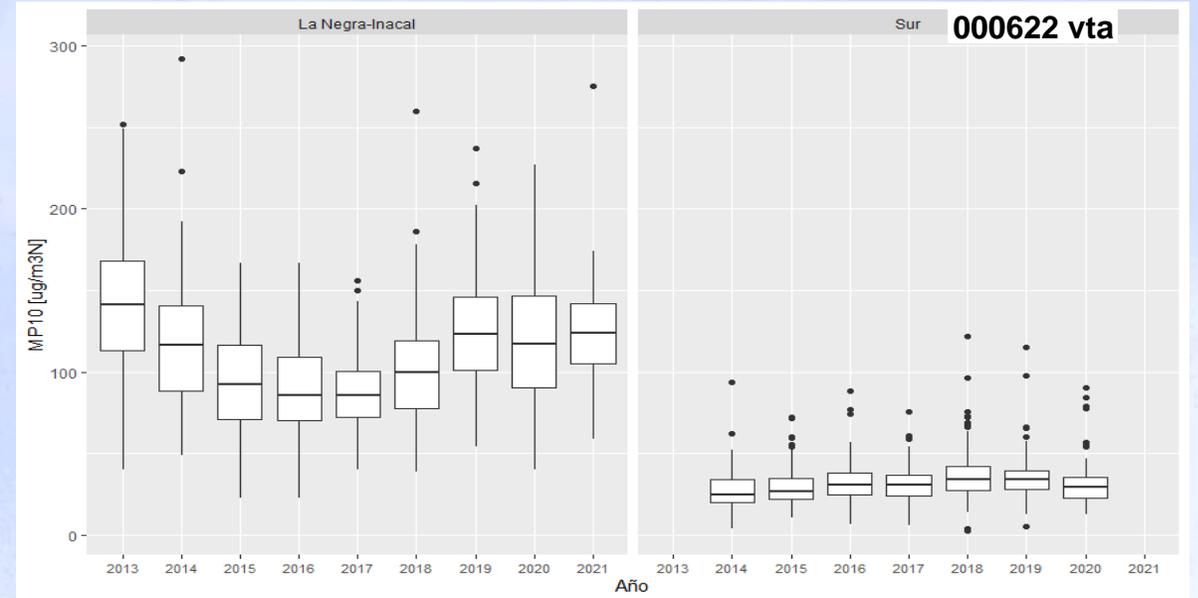
1. Si bien está ubicada en un barrio industrial, existe un campamento en la zona.

2. Las estaciones La Negra-Altonorte, La Negra-Inacal y Sur se consideran de alto impacto debido a su cercanía a la fundición y a su baja población.



MP10 Fundición Altonorte

- Las concentraciones de la estación La Negra-Inacal son las más altas y sistemáticamente mayores que los valores de la estación de Coviefi. Esto considerando la distancia de las estaciones respecto de la fundición Altonorte.
- Si bien la estación Sur se encuentra aún más cerca de la fundición, su bajo nivel de concentración se podría explicar porque el viento con dirección de norte a sur es poco común en la zona.
- Se observa también que las concentraciones se han mantenido relativamente estables en el tiempo, con la excepción de la estación La Negra-Inacal.



MP2.5 y SO2

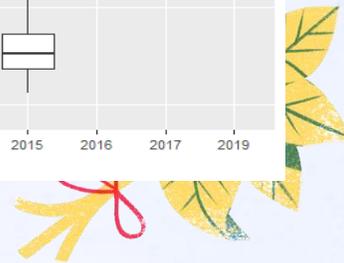
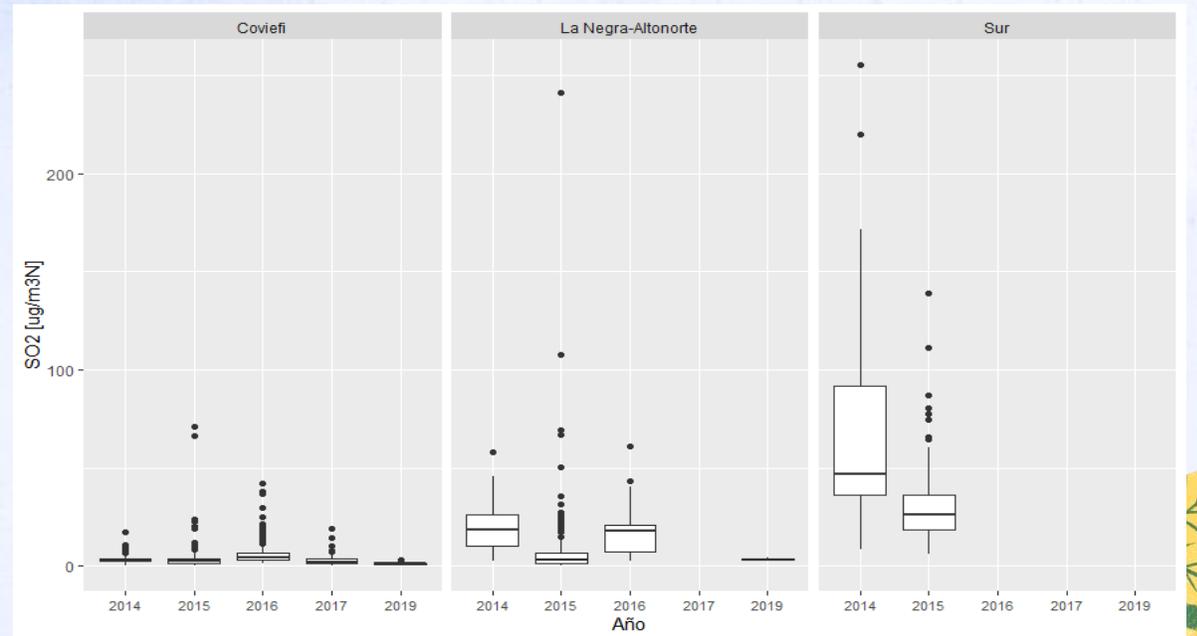
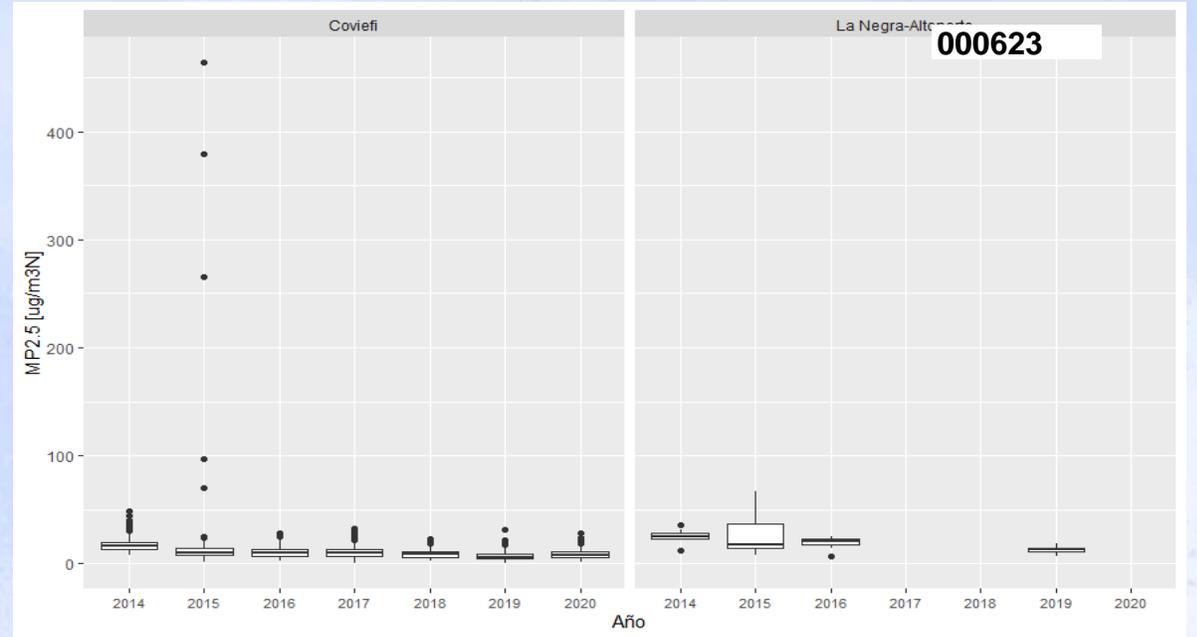
Fundición Altonorte

MP2.5

- Se observa que la estación La Negra-Altonorte presenta concentraciones altas (cercanía fundición Altonorte) y estación Coviefi posee mayor cantidad de valores extremos, en especial para 2015, pero esto podría deberse a otras fuentes emisoras de la ciudad de Antofagasta.
- No es posible identificar una tendencia asociada por la aplicación de la norma de emisión.

SO2

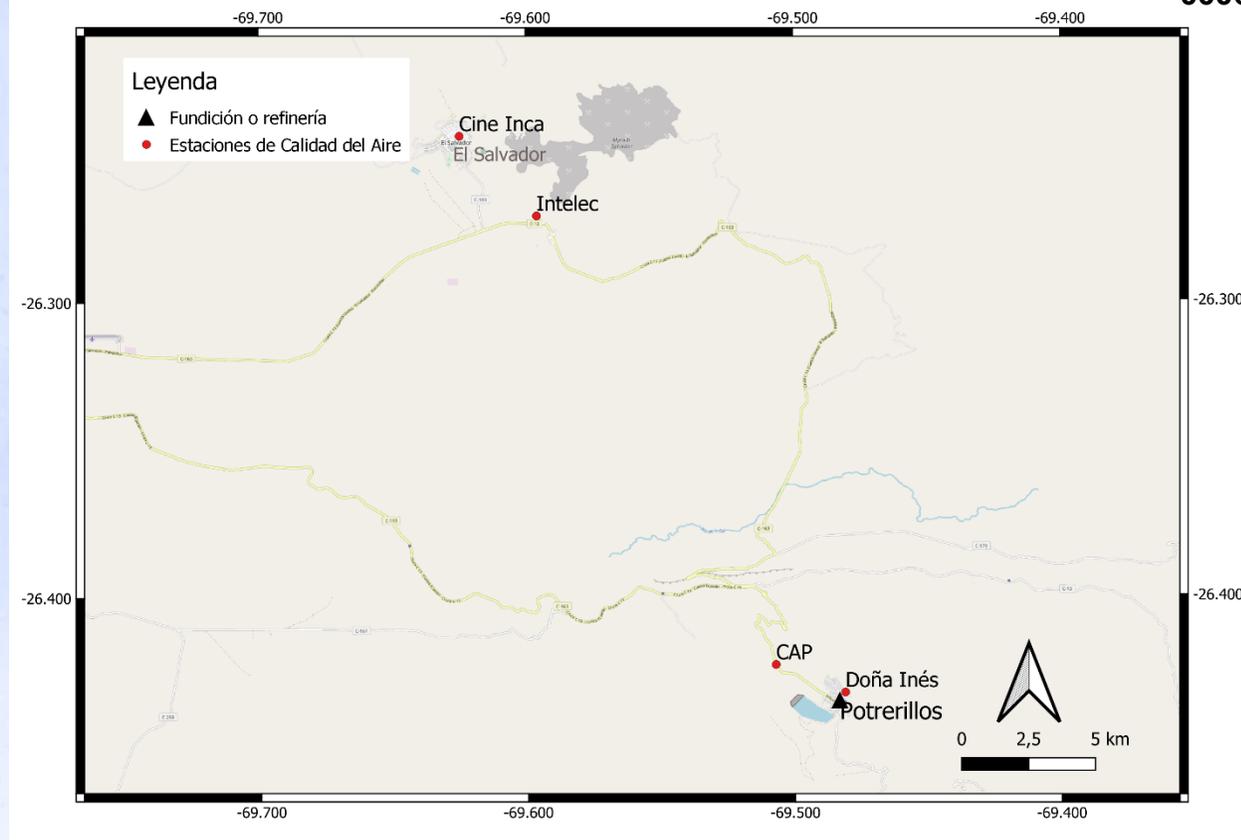
- Se observa que las concentraciones de la estación Sur son las más altas y los de la estación La Negra-Altonorte son sistemáticamente mayores que los valores de la estación de Coviefi.
- Es posible observar una tendencia a la disminución de las concentraciones a partir del inicio de la norma de emisión en diciembre de 2016.



Fundición Potrerillos

Principales hitos

- Abr, 1997 – Declara zona saturada por MP10 y SO2
- Jun, 1999 – PDA para MP10 y SO2
- Dic, 2018 - Inicio cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO2 y As



Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
CAP ²	2,7	NO	N/A	En zona no habitada
Cine Inca ¹	25,5	NO	N/A	Presencia de población
Doña Inés ²	0,4	SE	N/A	Ubicada en la misma fundición
Intelec ¹	21,4	NO	N/A	En zona no habitada

Nota: N/A indica que la estación no tiene representatividad poblacional para ningún contaminante.

1. Estas estaciones utilizan la representatividad indicada en el SINCA, ya que no se encontró información de otra fuente.

2. CAP y Doña Inés se consideran estaciones de alto impacto debido a su cercanía a la estación y a su baja población



MP10 y MP2.5

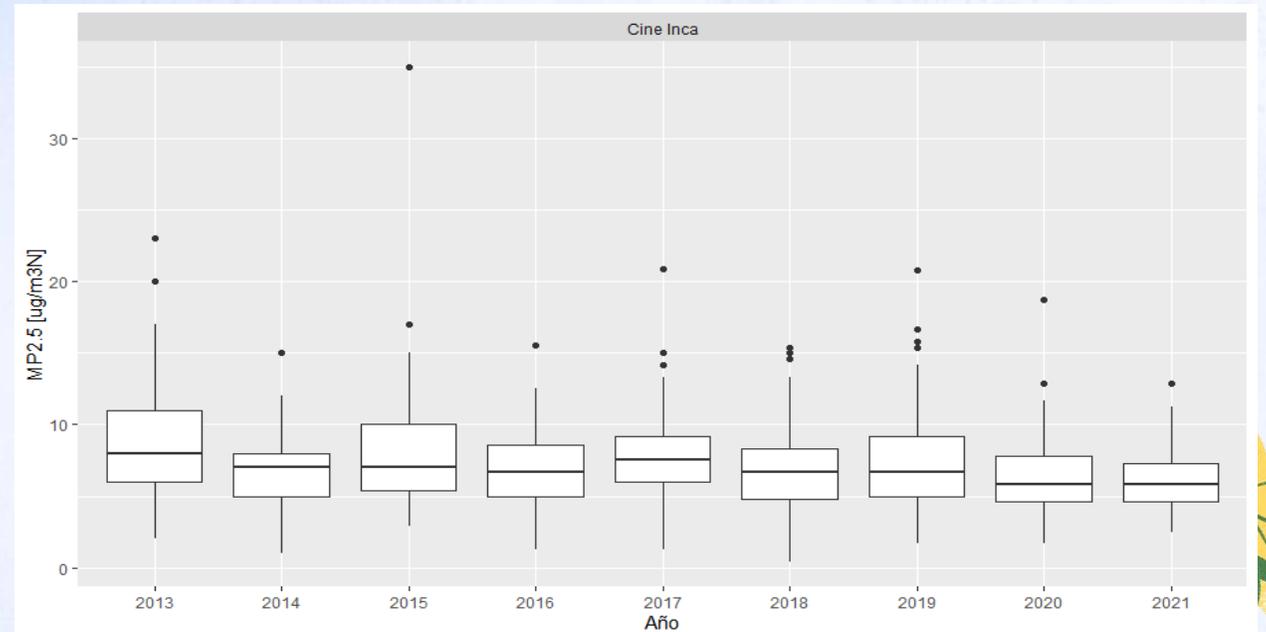
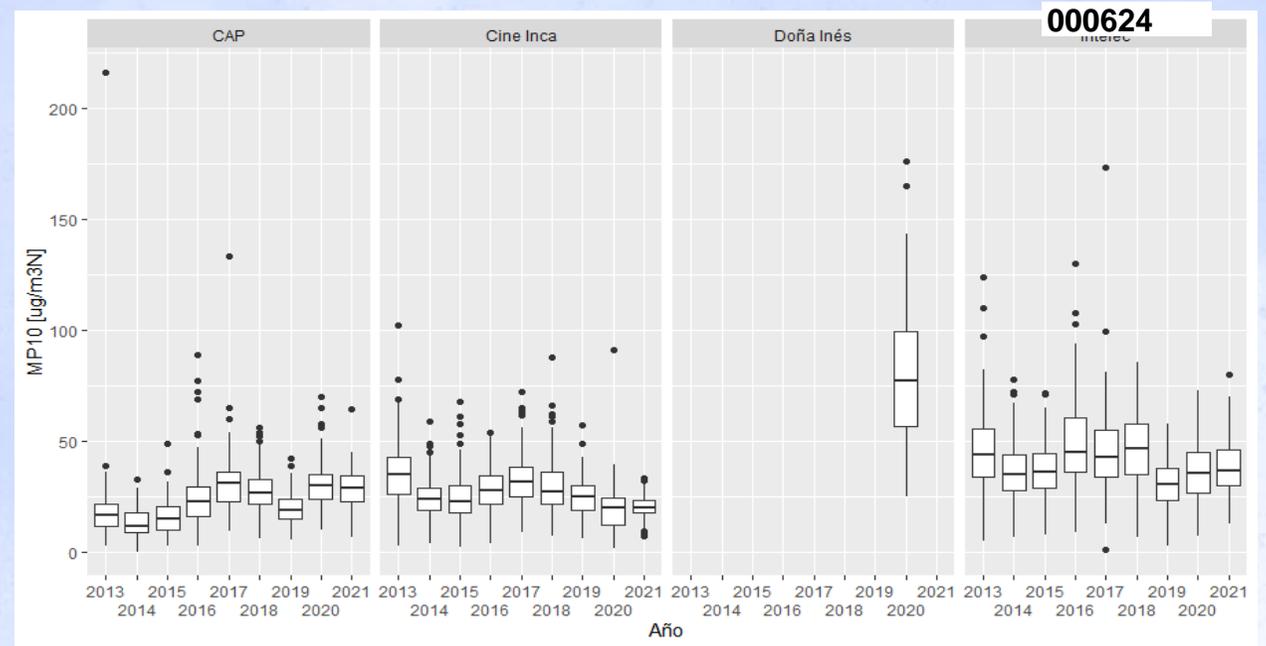
Fundación Potrerillos

MP10

- Coincide con una disminución en las concentraciones de MP10 en las estaciones CAP, Cine Inca e Intelec en el año 2019 con la entrada en vigencia.
- La única estación que mantiene esta disminución en el tiempo es Cine Inca.

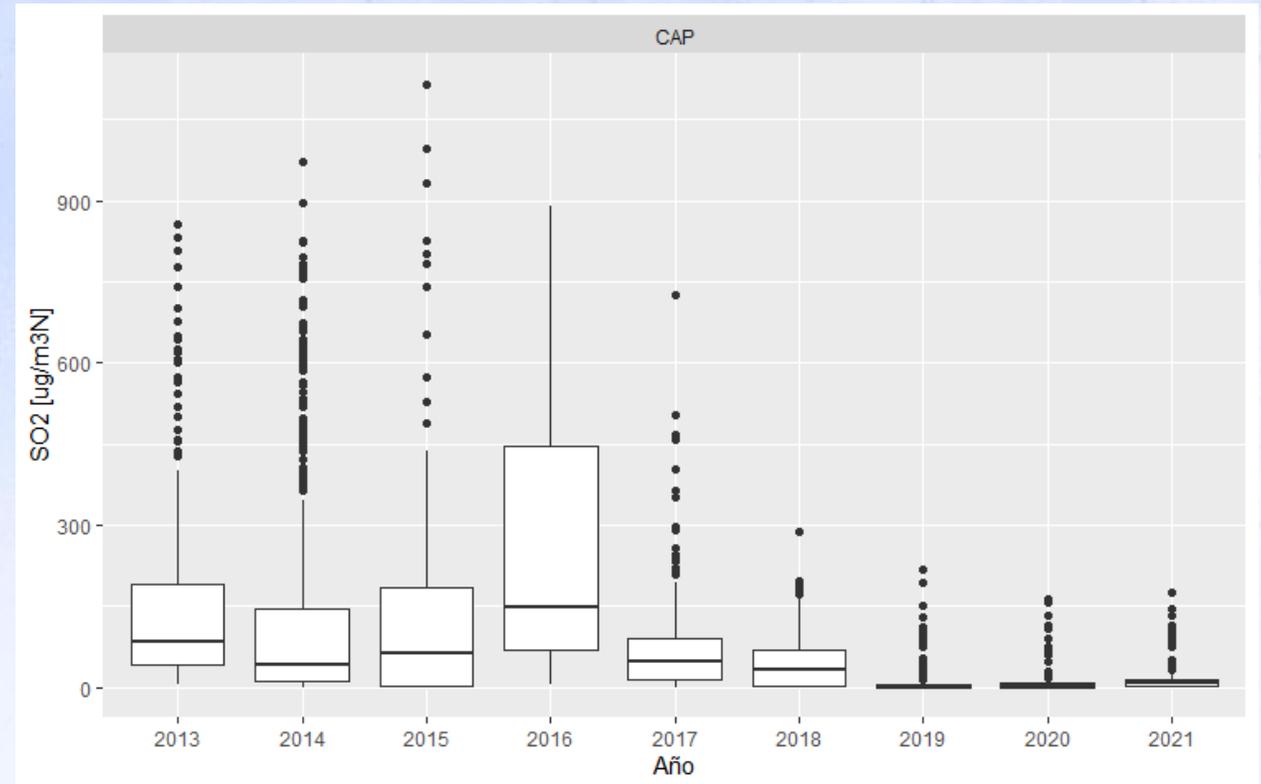
MP2.5

- Comportamiento relativamente estable a través del tiempo, con una leve disminución de los estadígrafos entre los años 2019 a 2021



SO₂ Fundición Potrerillos

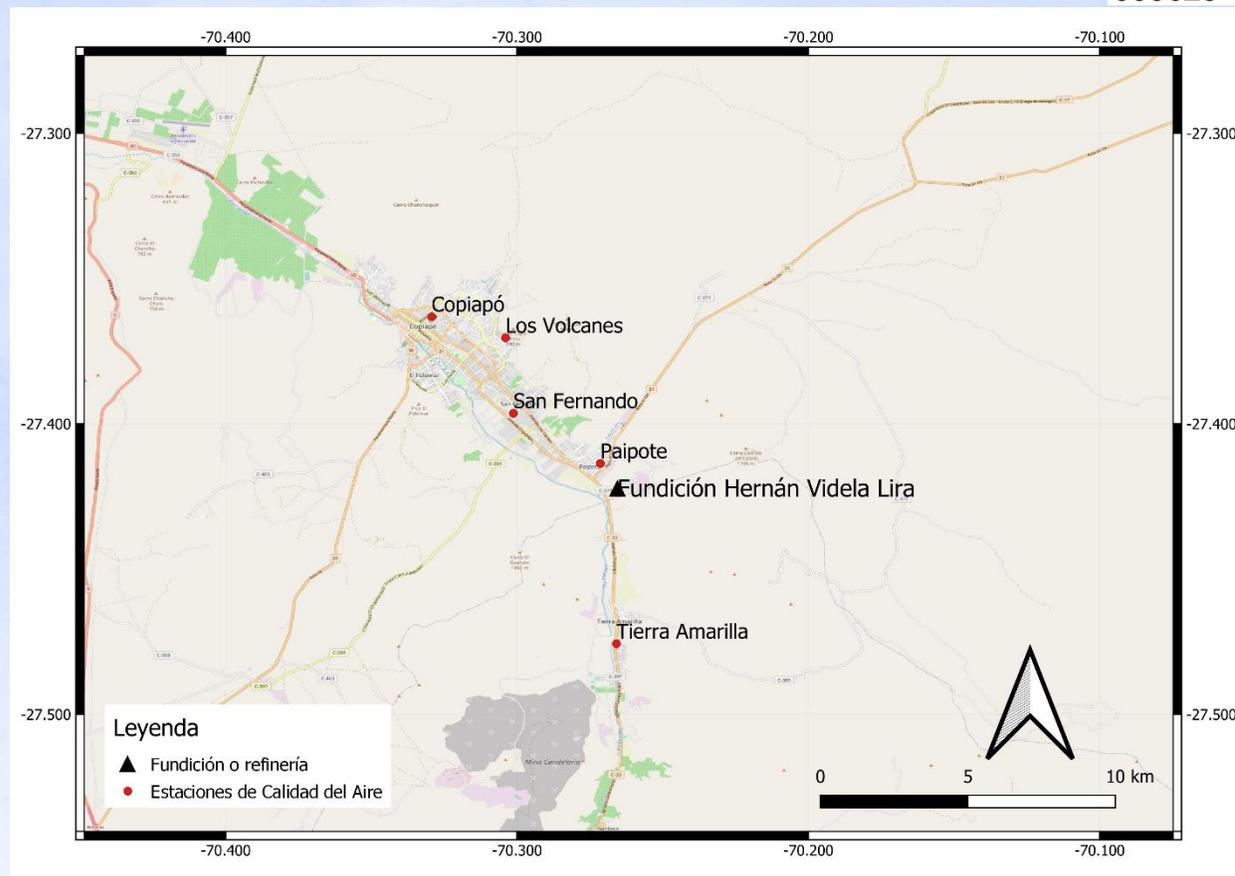
- Se observa que la dispersión de concentraciones dentro de un mismo año ha ido disminuyendo con el tiempo.
- Evidente disminución en las concentraciones a partir del año 2019, lo que se asocia al inicio del cumplimiento de la norma de emisión en esta fundición.



Fundición Hernán Videla Lira (HVL)

Principales hitos

- Dic, 1993 – Declara zona saturada por SO₂
- Ene, 1995 – PDA para MP10, SO₂ y As
- Dic, 2018 - Inicio cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As
- Oct, 2021 – Declara zona saturada por MP10 diario y anual

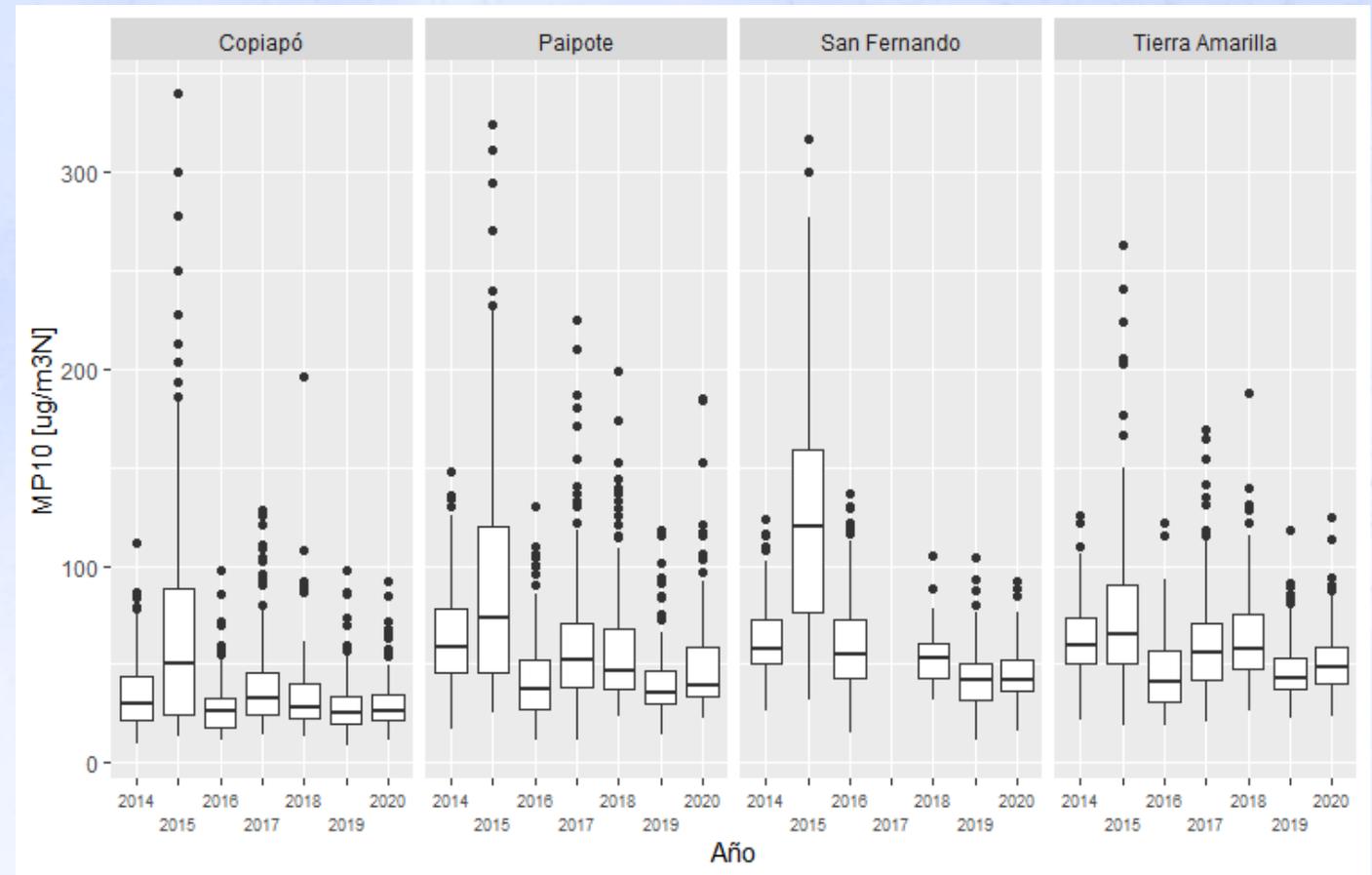


Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Paipote	1,5	NO	MP10, SO ₂	Presencia de población
Copiapó	9,7	NO	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
San Fernando	5	NO	MP10, SO ₂	Presencia de población
Tierra Amarilla	5,7	S	MP10, SO ₂	Presencia de población
Los Volcanes	7,2	NO	SO ₂	Presencia de población



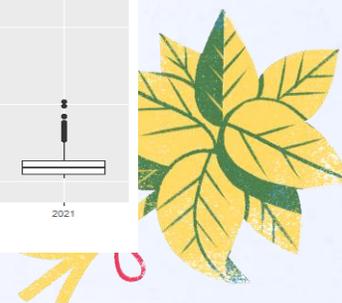
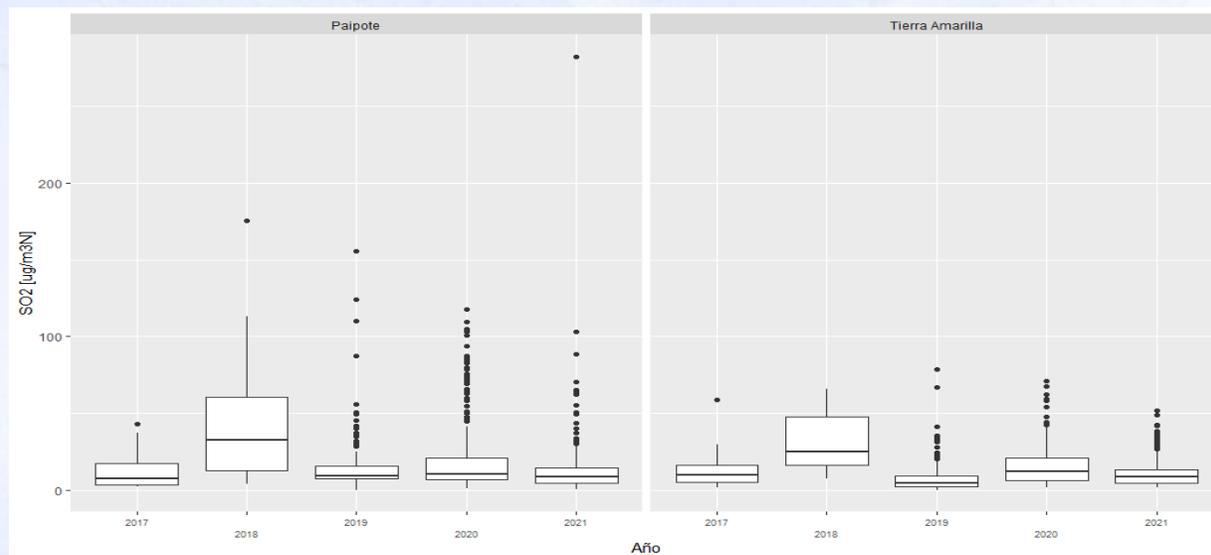
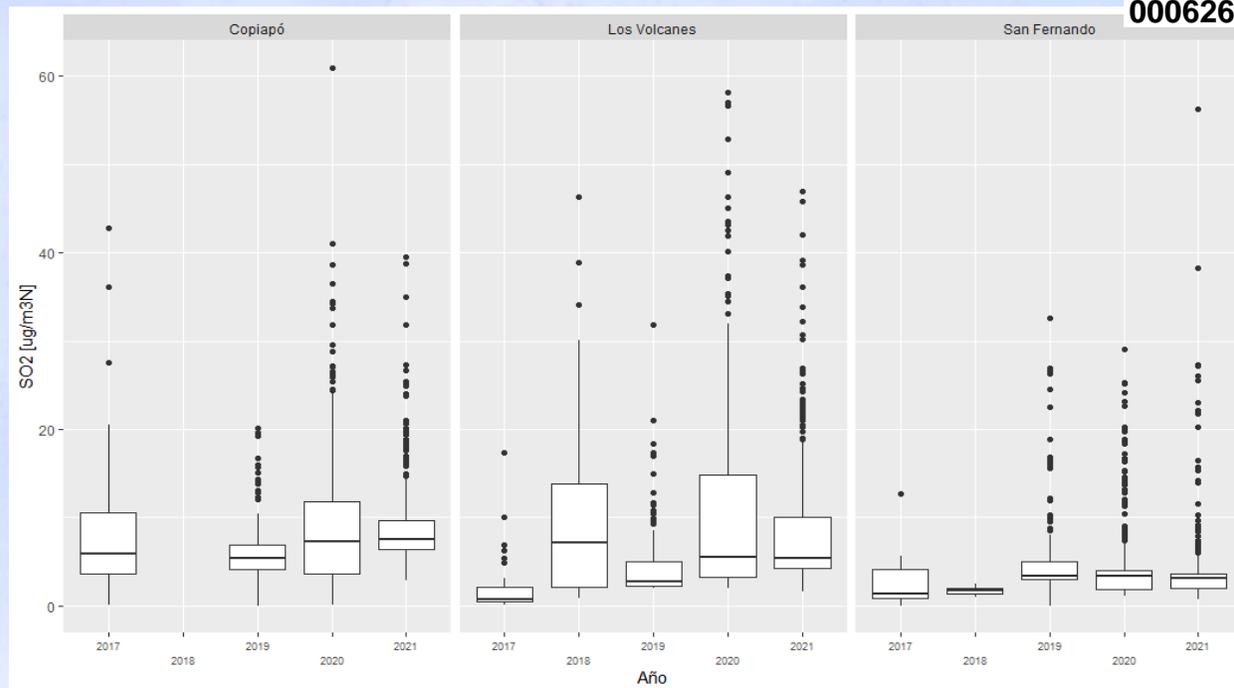
MP10 Fundición HVL

- Se observa que las concentraciones de la estación Copiapó son levemente inferiores, lo que se podría explicar por su mayor lejanía a la ubicación de la fundición.
- En todas las estaciones se nota una menor concentración el año 2019 con respecto a los años inmediatamente anteriores.
- Por otra parte, se distinguen mayores concentraciones en el año 2015 en todas las estaciones.
- Para el estudio no se contó con información de calidad del aire para MP2.5



SO₂ Fundición HVL

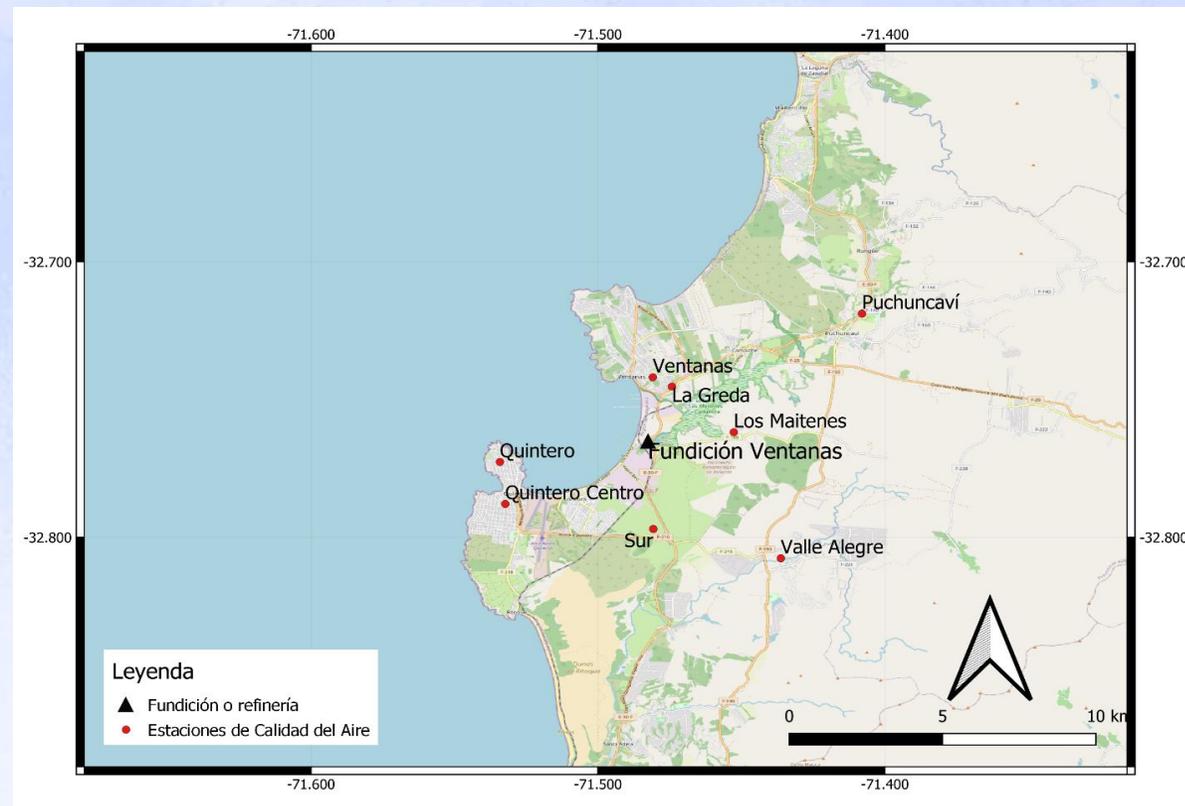
- Se observa que las concentraciones de las estaciones Paipote y Tierra Amarilla son más altas, especialmente antes cumplimiento de la Norma y se observa que a partir del año 2019 disminuyen.
- Los mayores valores de estas estaciones pueden tener relación con la cercanía de la estación Paipote a la fundición y a la dirección predominante de los vientos de norte a sur en la estación Tierra Amarilla
- En las estaciones Copiapó, Los Volcanes y San Fernando no se observa esta tendencia.



Fundición Codelco Ventanas

Principales hitos

- Mar, 1993 – PDA para MP10 y SO₂
- Feb, 1994 – Declara zona saturada por MP10 y SO₂
- Jun, 2015 – Declara zona saturada por MP_{2,5} anual, y latente por MP_{2,5} diario y MP10 anual
- Dic, 2016 - Inicio requisito de cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As
- Mar, 2019 – PPDA con límites para MP10 y SO₂ específicamente para Codelco División Ventanas



Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
La Greda	2	NE	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Los Maitenes	2,7	E	MP10, MP2.5, SO ₂	Zona poco poblada
Puchuncaví	8,7	NE	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Quintero	5,0	O	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Quintero Centro*	5,3	O	MP10, SO ₂ , NO ₂ , CO, O ₃ , Pb	Presencia de población
Sur	4	S	N/A	En zona no poblada
Valle Alegre	6,4	SE	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Ventanas*	2,6	N	N/A	Presencia de población

Fundición Codelco Ventanas (Cercanía a ENAP)



Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Colmo	4,9	E	MP10, SO ₂	Zona poco poblada
Concón	2,2	SO	MP10, MP2.5, SO ₂	Presencia de población
Junta de Vecinos	3,2	SO	MP10, SO ₂	Presencia de población
Las Gaviotas	1,6	E	SO ₂	Zona poco poblada



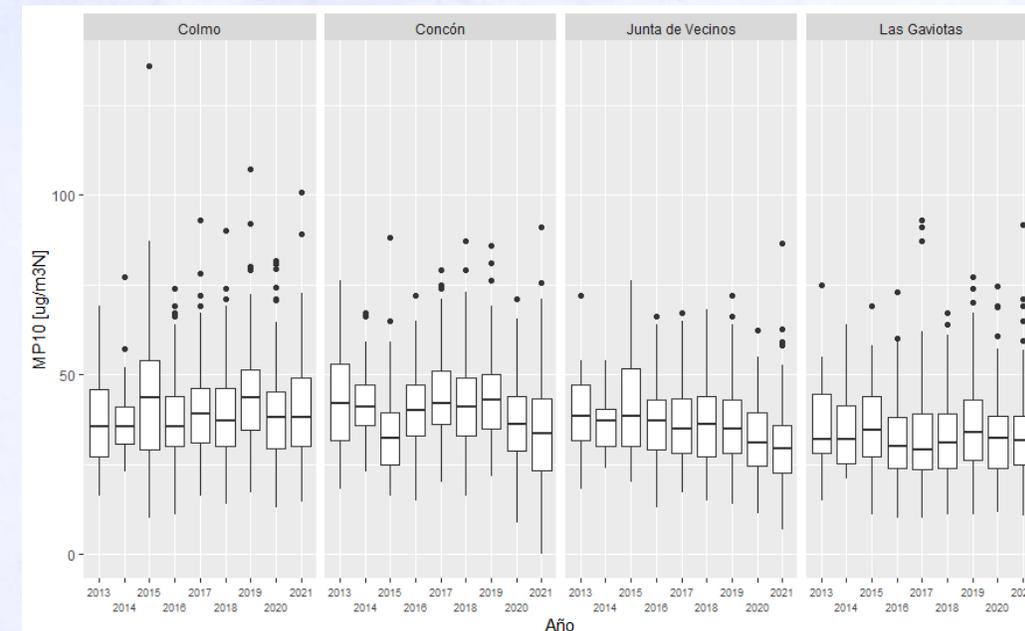
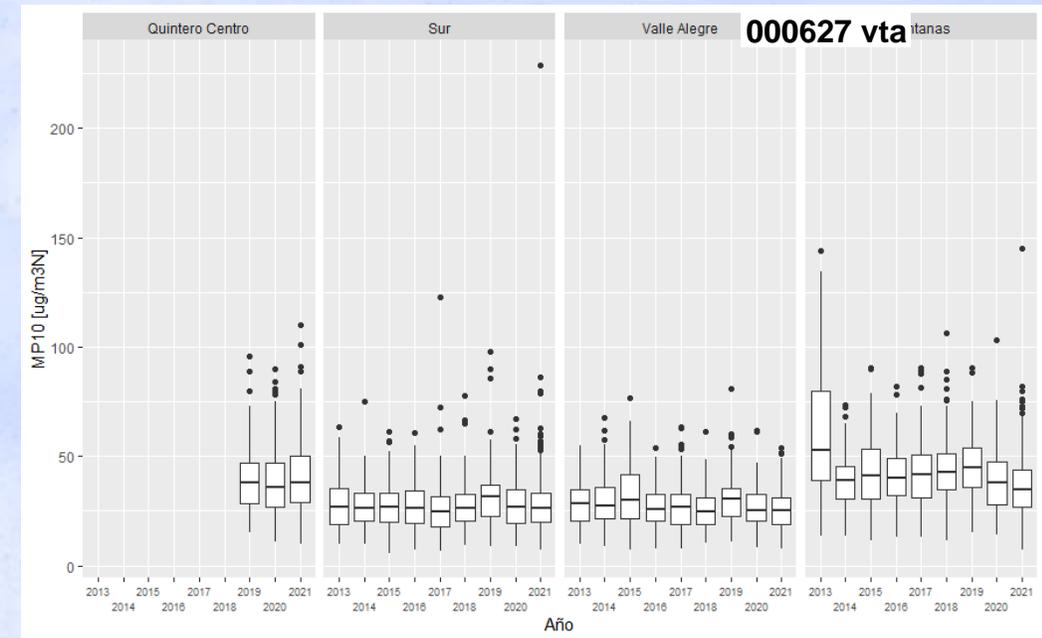
MP10 Fundición Ventanas

Cerca fundición

- Todas las estaciones presentan concentraciones similares y relativamente estables, excepto por la estación Ventanas que presenta una concentración levemente superior, especialmente en el año 2013 que llega a una mediana de 53 [$\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$].
- No se observa ningún cambio perceptible para el año 2017, (cumplimiento de la Norma diciembre 2016)
- Se observa en todas las estaciones un leve aumento en las concentraciones del año 2019 en comparación a los años cercanos.

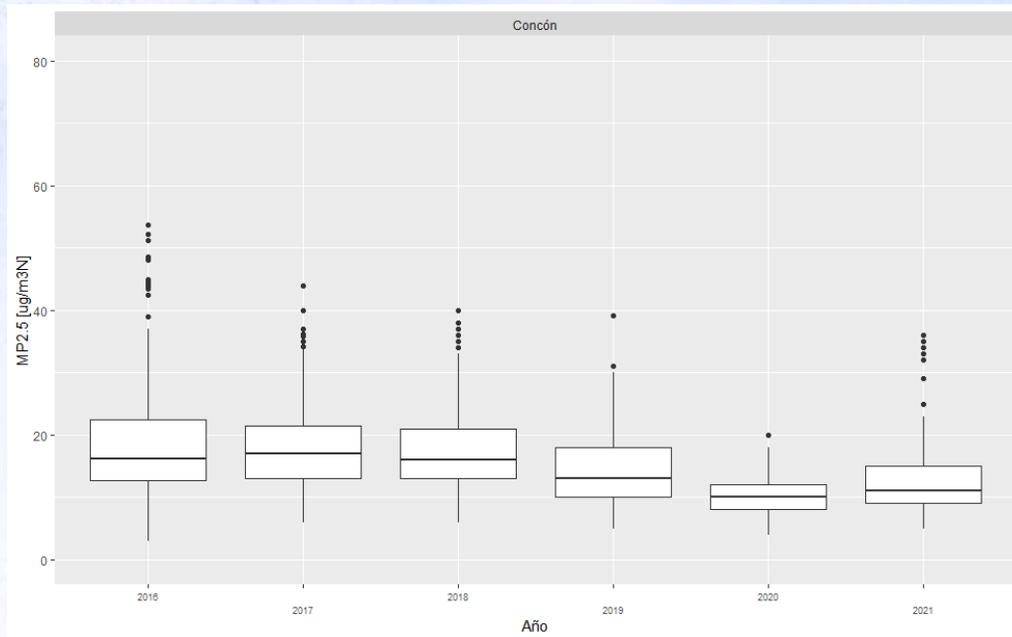
Cerca de ENAP

- Valores son similares entre ellas. Se repite entre las estaciones una leve tendencia a la baja para los últimos tres años.

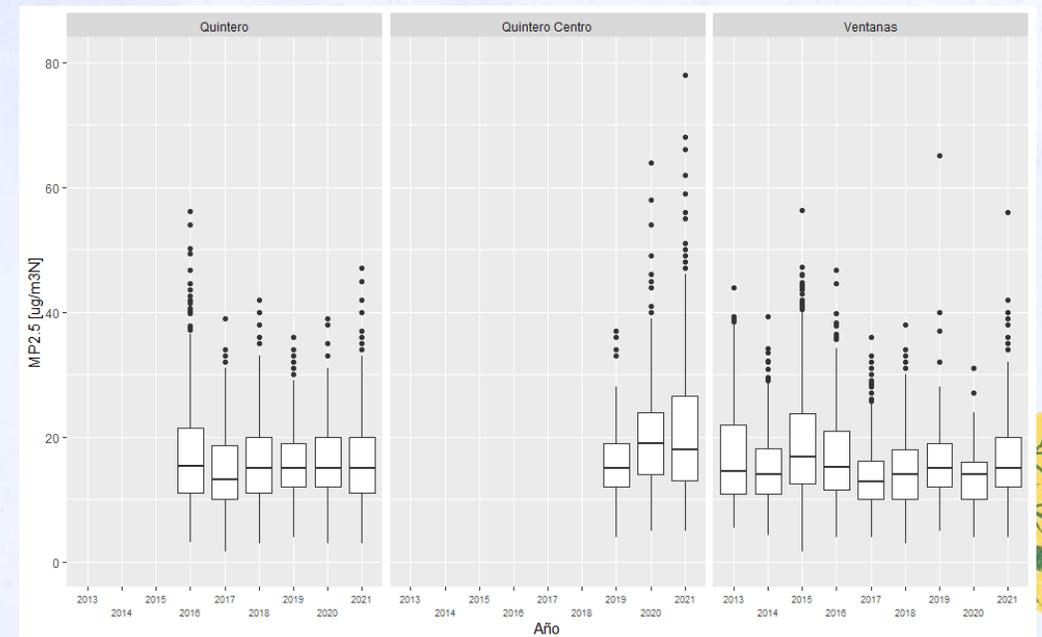
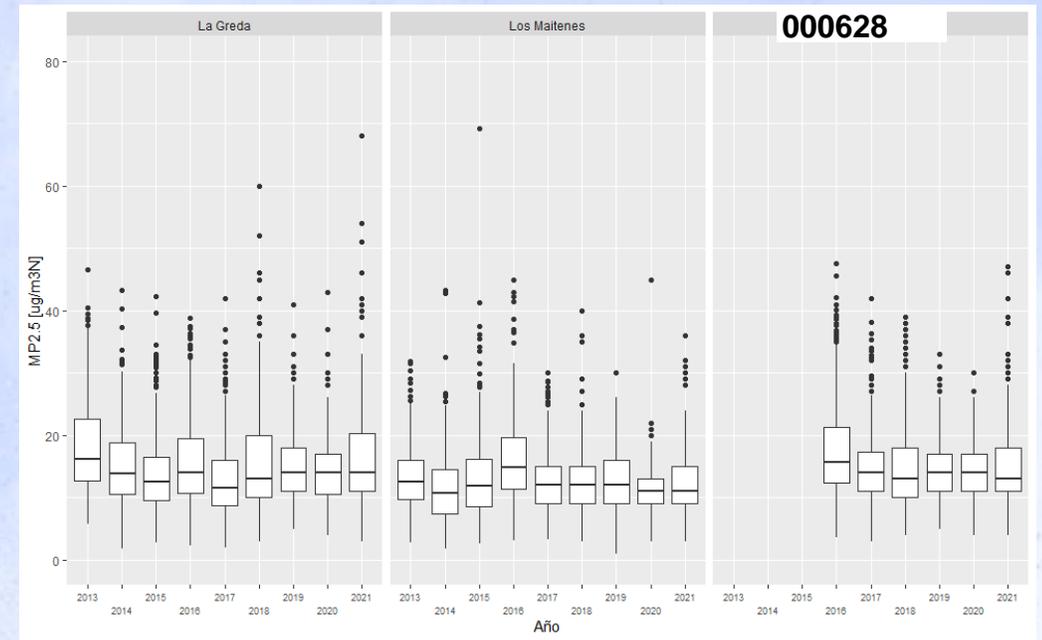


MP2.5 Fundición Ventanas

- Comportamiento similar a lo largo del tiempo (Los Maitenes)
- El año 2017 tuvo una menor concentración al año anterior
- No se observa una tendencia general a la baja



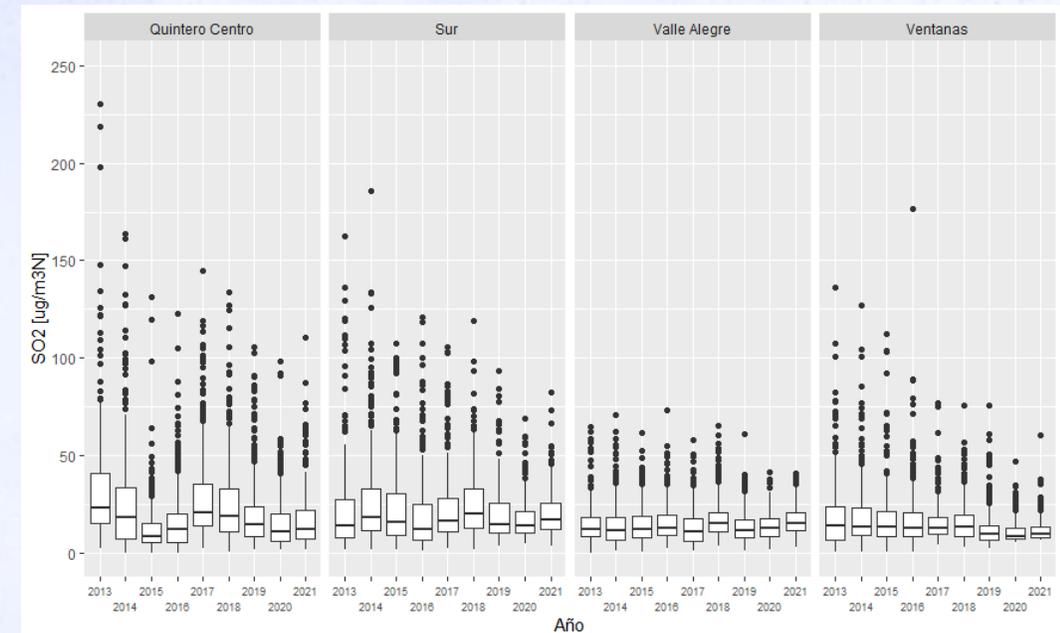
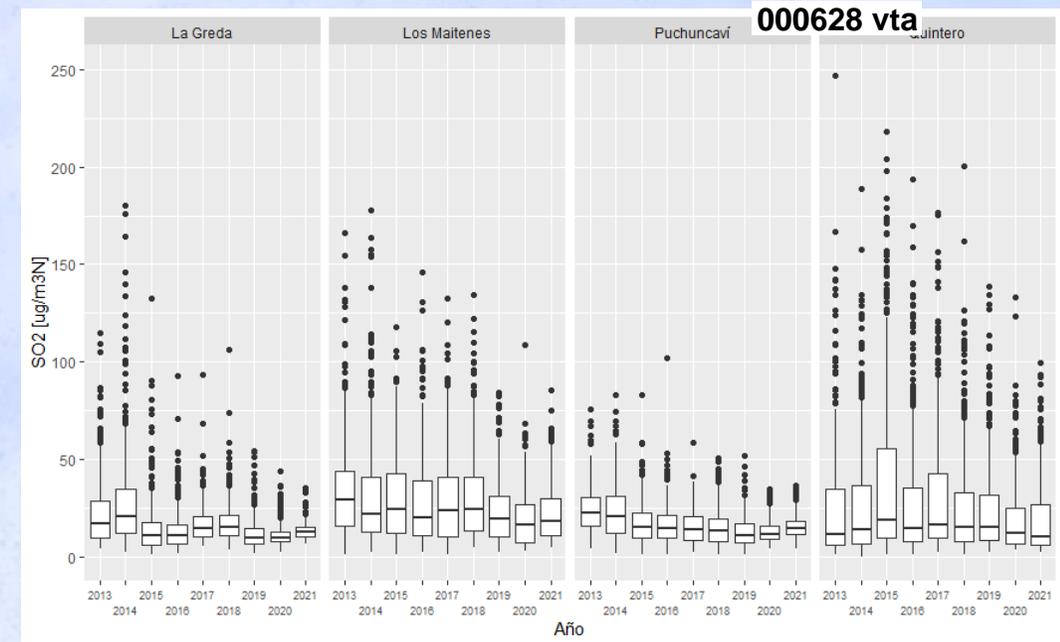
Cerca de Enap



SO2 Fundición Ventanas

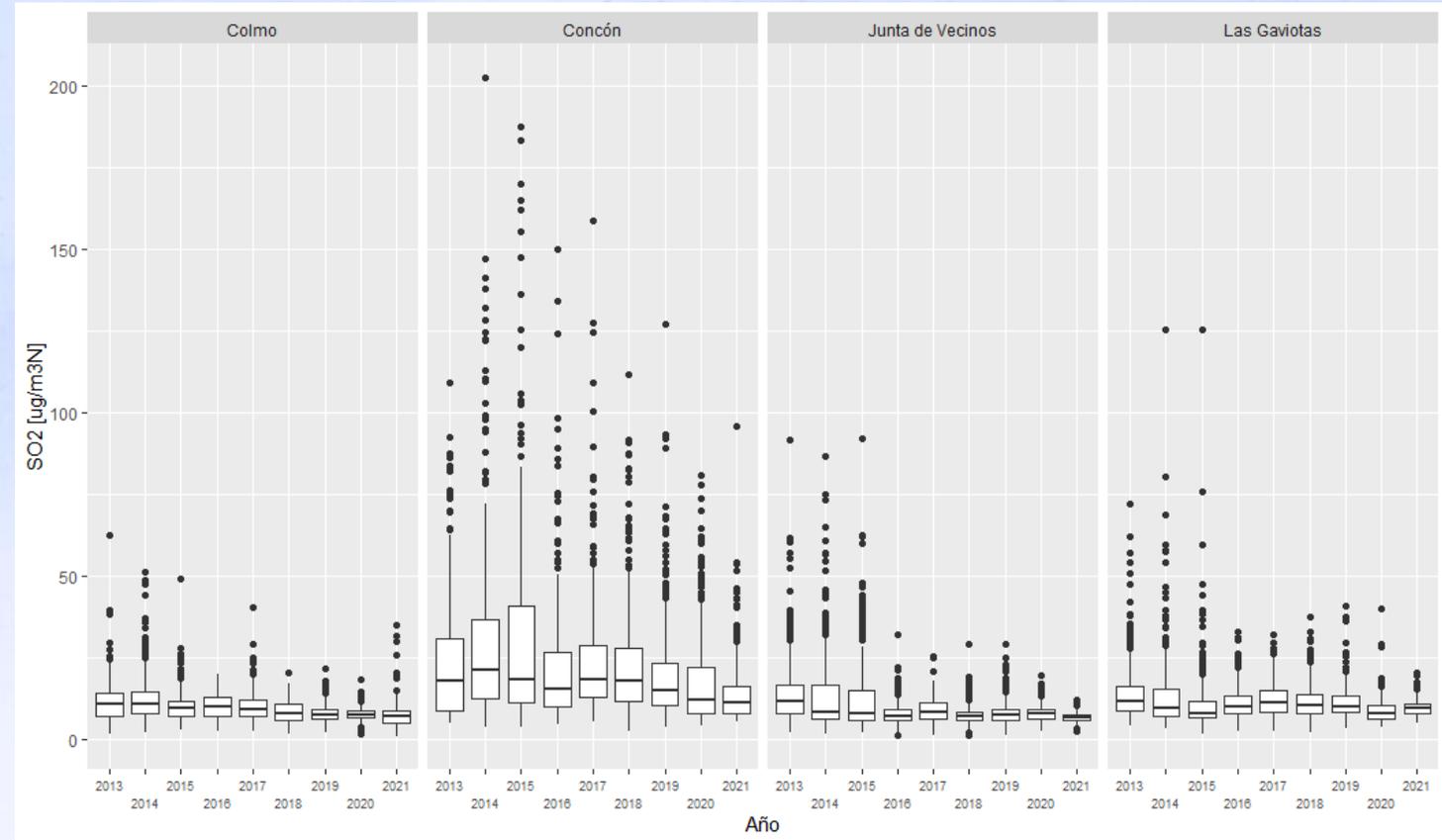
Cercanía de fundición

- Se observa que las concentraciones de la estación Quintero y Los Maitenes son levemente superiores.
- La estación Quintero presenta el mayor valor máximo registrado, en el año 2013, seguido por la estación Quintero Centro, para el mismo año.
- Esto es debido a que ciertas condiciones meteorológicas producen que las emisiones de la fundición se dirijan a estas estaciones.
- Para todas las estaciones se observa una tendencia clara a la disminución en los valores máximos a través del tiempo.
- El estudio indica que no se distingue ningún cambio notorio que coincida con el inicio del cumplimiento de la Norma (diciembre 2016).



Cercanía ENAP

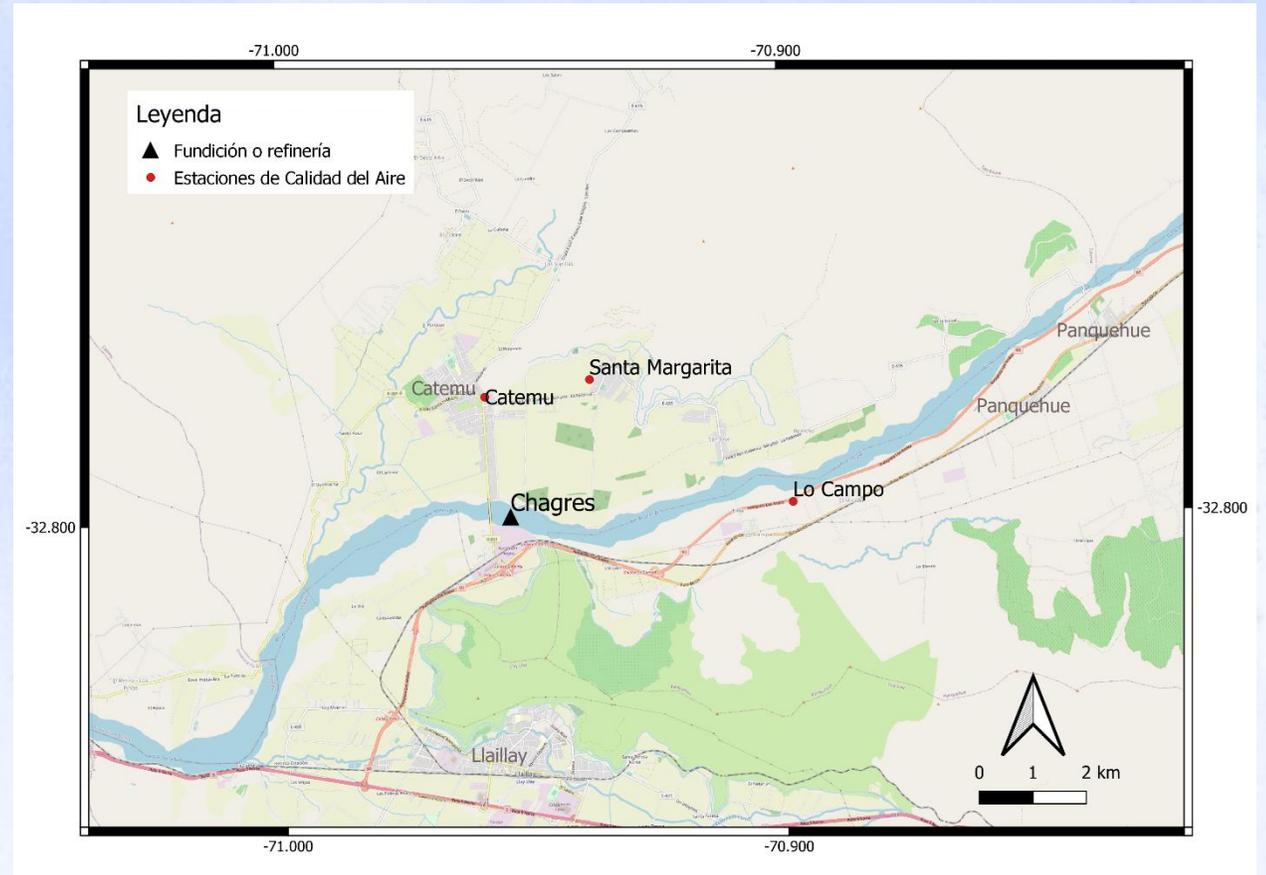
- Al igual que en las estaciones anteriores se observa una clara tendencia a la disminución en las concentraciones máximas.
- La estación Concón presenta valores mayores, le siguen las estaciones Junta de Vecinos y Las Gaviotas con valores similares entre sí
- La estación Colmo con valores notablemente menores (se encuentra en una zona alejada de la refinería, con menor población y actividad industrial).



Fundición Chagres

Principales hitos

- Dic, 2016 - Inicio requisito de cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As
- Jun, 2019 – Declara saturada por MP10 anual y latente por MP10 diario
- Sept, 2021 – Declara latente por SO₂ diario y anual

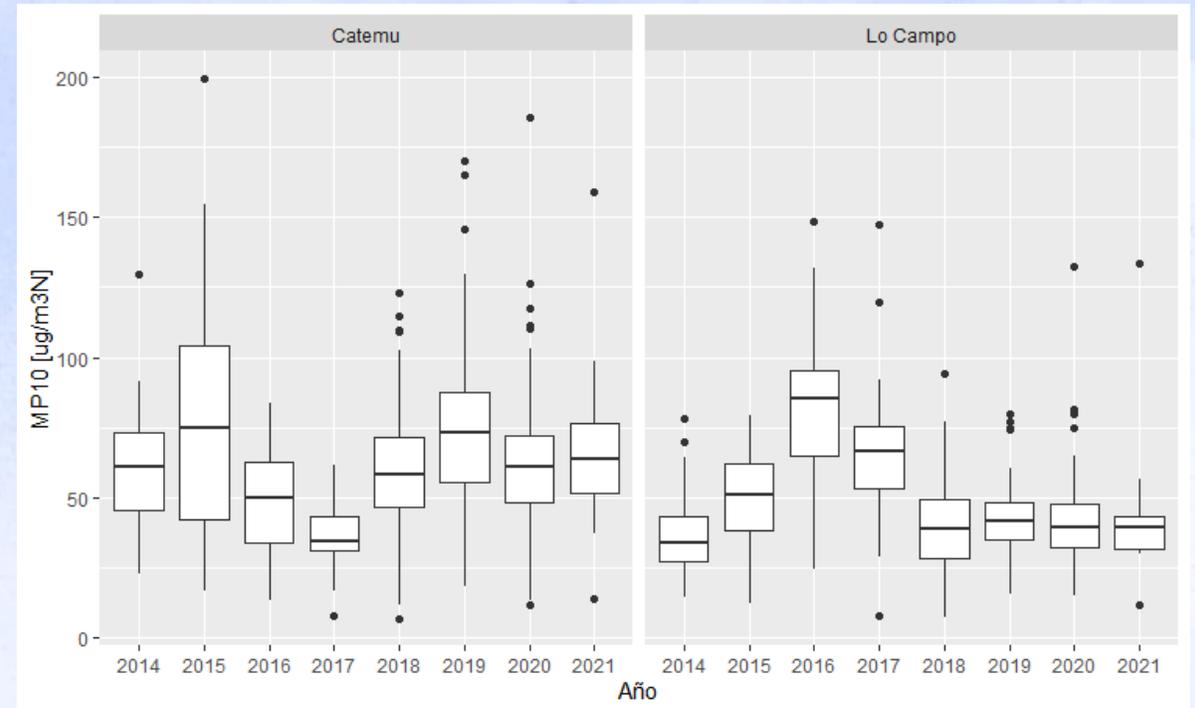


Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Catemu	2,9	N	MP10	Presencia de población
Lo Campo	5,4	E	MP10, SO ₂	Presencia de población
Santa Margarita	3,6	NE	SO ₂	Presencia de población



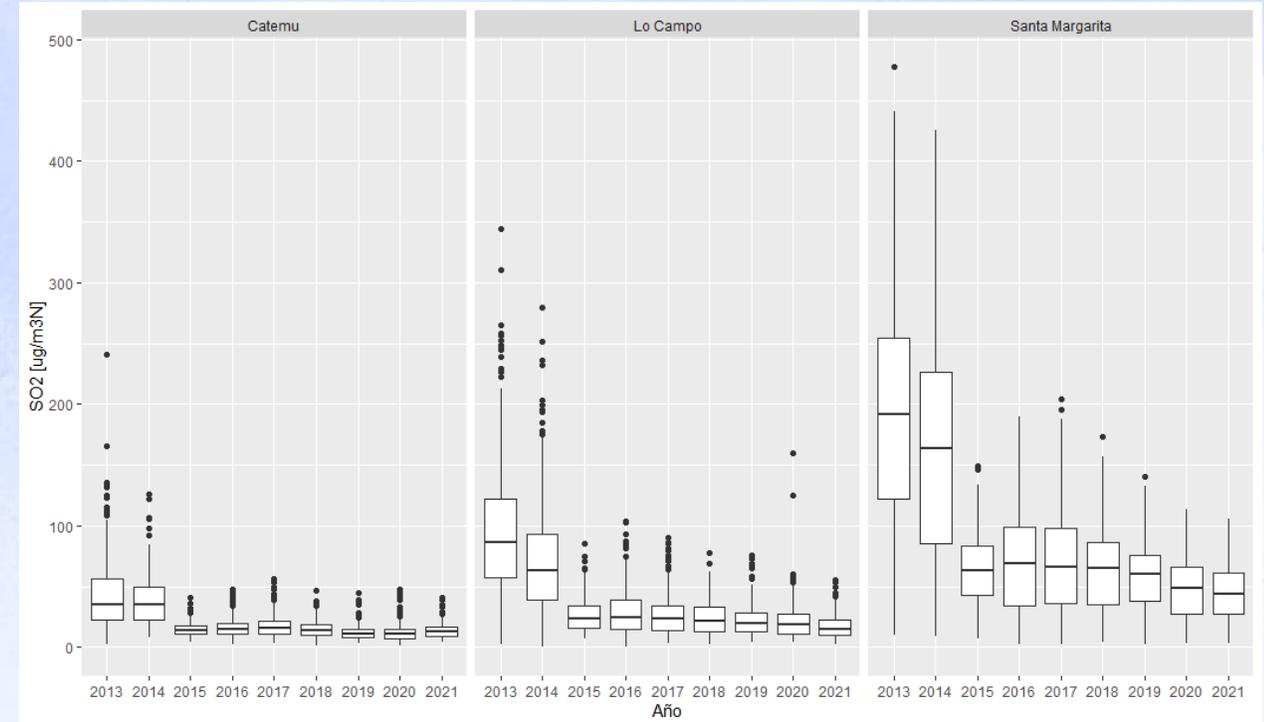
MP10 Fundición Chagres

- Se observan comportamiento opuestos entre las estaciones
- Lo Campo se presenta una leve tendencia a la baja en las concentraciones desde el año 2016 en adelante
- En la estación Catemu se observa lo contrario.
- Sí se observa en ambas estaciones una menor concentración en el 2017 en comparación al 2016, lo que coincide con el cumplimiento de la Norma.
- Sin embargo, en el caso de la estación Catemu la concentración vuelve a subir los años siguientes (vientos predominantes vienen del sur) y en la estación Lo Campo los vientos predominantes vienen del oeste.
- Ambas estaciones se ven igualmente influenciadas por las emisiones de la fundición. Sin embargo, la estación Catemu se encuentra más cerca de la fundición.



SO₂ Fundición Chagres

- Se observa que los valores de la estación Santa Margarita son mayores, seguidas por las concentraciones de Lo Campo, a pesar de estar ubicadas más lejos de la fundición que la estación Catemu. Esto se podría explicar la mayor velocidad del viento predominante desde el oeste en la estación Lo Campo respecto a la velocidad del viento sur predominante de la estación Lo Campo
- En todas las estaciones, todos los estadígrafos de los años 2013 y 2014 presentan valores mayores en comparación a los años siguientes.
- No se percibe ningún cambio notable que coincida con el cumplimiento de la Norma de Emisión para MP, SO₂ y As (diciembre 2016).

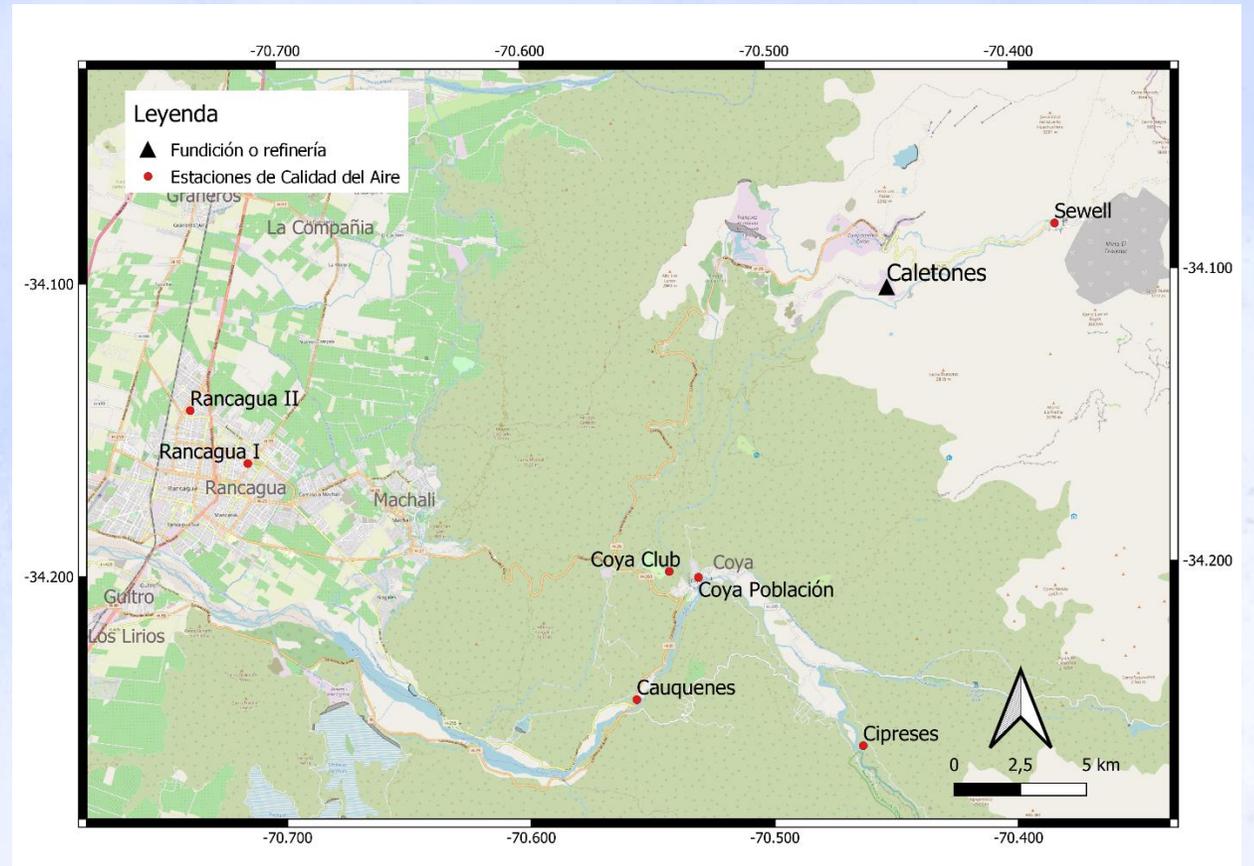


Fundición Caletones

Principales hitos

- Nov, 1994 – Declara saturada por MP10 y SO₂
- Ju, 1998 – PDA para MP10 y SO₂
- Dic, 2018 - Inicio requisito de cumplimiento de la Norma de

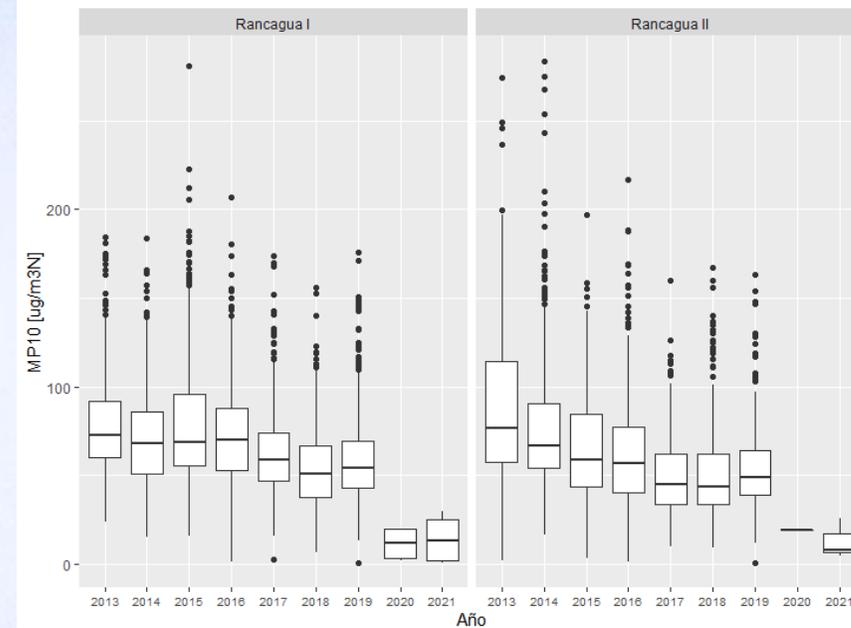
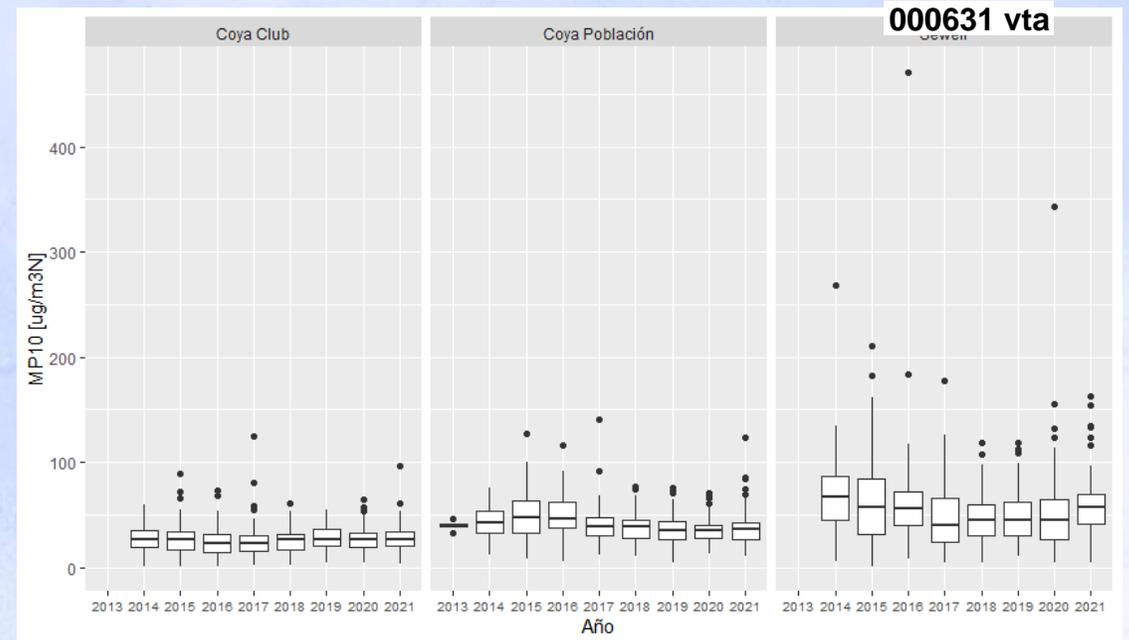
Emisión para MP, SO₂ y As



Estación	Distancia [km]	Dirección desde fundición	Representatividad	Características
Coya Club	13,5	SO	N/A	En zona no poblada
Coya Población	13,1	SO	MP10, SO ₂	Presencia de población
Sewell ¹	6,8	NE	N/A	En zona no poblada
Cauquenes	18,3	SO	N/A	Zona poco habitada
Cipreses	17,4	S	N/A	Zona poco habitada
Rancagua I	25,1	O	MP10, SO ₂ , CO, MP2,5	Presencia de población
Rancagua II	26,7	O	MP10, MP2,5	Presencia de población

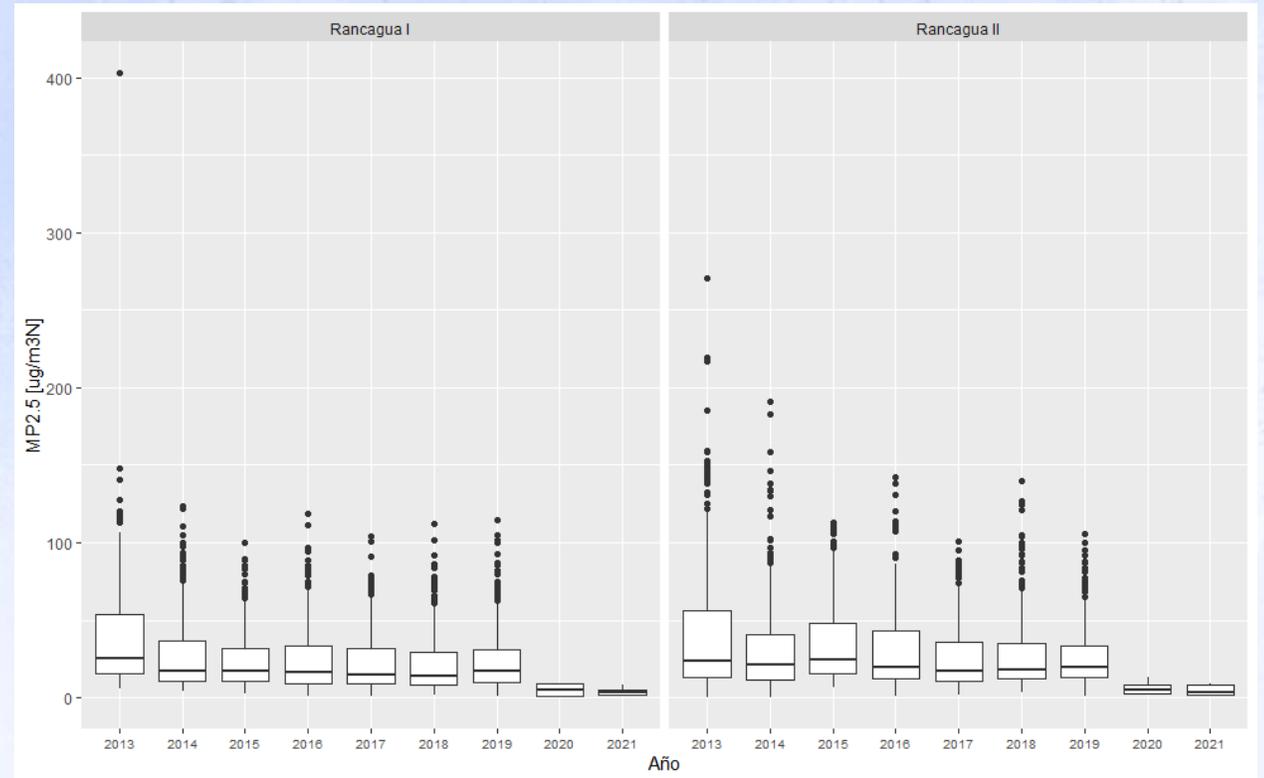
MP10 Fundición Caletones

- Se observa que las concentraciones de la estación Sewell superan a las concentraciones de las otras estaciones (cercanía a la fundición).
- Las concentraciones registradas de la estación Coya Club son levemente menores a los de Coya Población, sobre todo para los años cercanos al 2016 (Actividad humana)
- No se percibe ningún cambio notable que coincida con el inicio del cumplimiento de la Norma (diciembre 2018).
- Por otra parte, las concentraciones en las estaciones Rancagua I y II son mayores (Efecto de diversas fuentes)



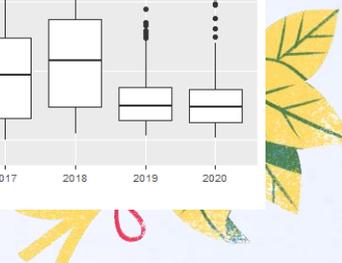
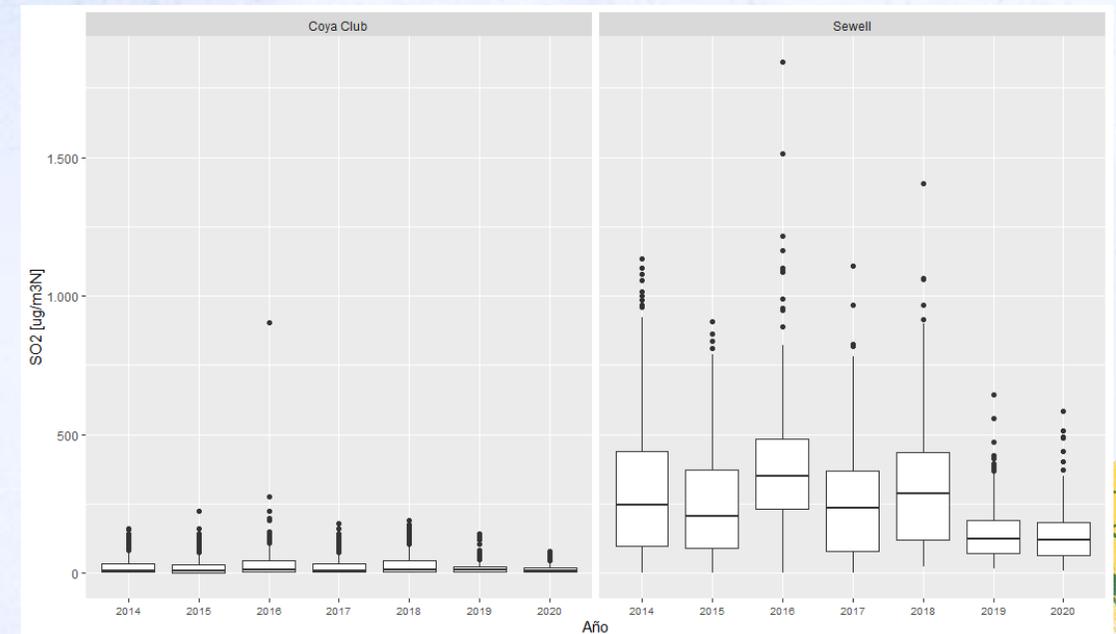
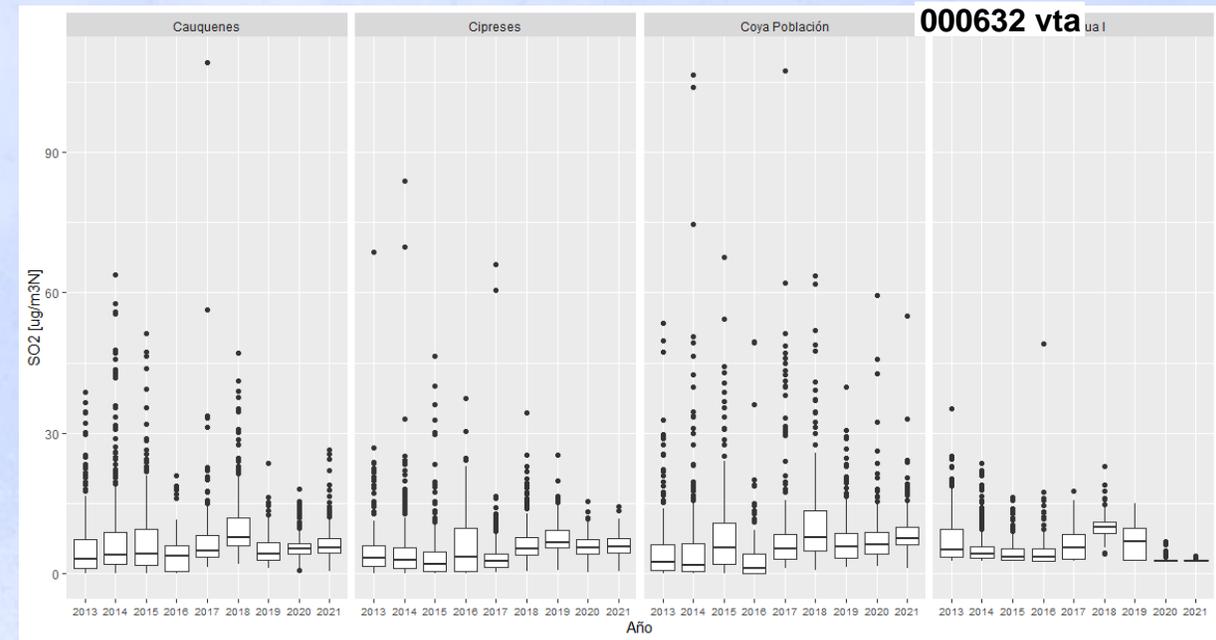
MP2.5 Fundición Caletones

- Se observa que las concentraciones se comportan de forma muy similar en ambas estaciones, disminuyendo en el año 2020 al igual como sucede con el MP10.



SO2 Fundición Caletones

- Se observa que las concentraciones de la estación Sewell superan las concentraciones de las otras estaciones, lo que es esperable dada su proximidad a la fundición.
- Se debe destacar que la concentración en dicha estación disminuye considerablemente sus estadígrafos a partir del año 2019, lo que coincide con el cumplimiento de la Norma (diciembre 2018).
- El resto de las estaciones presentan concentraciones medianas estables, pero con valores máximos que han disminuido en el tiempo.



Arsénico

Variación en las mediciones de estaciones con mayores concentraciones de As [ng/m3]

Fundición	Estación	Media norma pre-	Media norma post	Delta media concentración	Cambio porcentual
Chuquicamata ^a	Aukahuasi	260	60	-200	-77%
	CD 23 de Marzo*	132	25	-107	-81%
Altonorte ^b	Sur	111	93	-18	-16%
	La Negra-Inacal*	56	54	-2	-4%
Potrerillos ^a	Doña Inés	4.990	1.056	-3.935	-79%
	CAP	172	30	-142	-82%
Hernán Videla Lira ^a	Paipote*	25	54	29	119%
	Tierra Amarilla*	17	34	18	108%
	San Fernando*	16	24	8	52%
	Copiapó*	19	19	10	105%
Ventanas ^b	Quintero*	85	48	-37	-43%
	Los Maitenes*	58	30	-28	-48%
Chagres ^b	Lo Campo*	22	40	18	82%
	Catemu*	22	29	7	32%
Caletones ^a	Sewell	391	67	-324	-83%
	Coya Población*	20	6	-14	-68%

*Estación representativa para MP10

a. La norma entró en vigor en diciembre de 2018 para estas fundiciones

b. La norma entró en vigor en diciembre de 2016 para estas fundiciones

Nota: La media pre-norma corresponde a la media de las concentraciones medias de los tres años anteriores al inicio de la norma.

Nota 2: La media post norma corresponde a la media de las concentraciones medias de los tres años posteriores al año siguiente del inicio de la norma.



SO₂

Todas las fundiciones

Variación en las mediciones de estaciones con mayores concentraciones de SO₂ [ug/m³]

Fundición	Estación	Media pre-norma	Media post norma	Delta concentración	Cambio porcentual
Chuquicamata ^a	Servicio Médico Legal	4,04	2,41	-1,62	-88%
	Hospital El Cobre	4,29	2,46	-1,83	-43%
Altonorte ^b	Coviefi	3,34	1,24	-2,10	-63%
	La Negra-Altonorte*	14,62	3,37	-11,24	-77%
Potrerosillos ^a	CAP	149,21	14,76	-134,44	-90%
Hernán Videla Lira ^a	Copiapó*	8,19	9,30	1,11	14%
	Los Volcanes*	2,41	9,79	7,38	306%
	Paipote*	11,82	15,98	4,16	35%
	San Fernando*	2,53	4,48	1,95	77%
	Tierra Amarilla*	12,85	13,27	0,42	3%
Ventanas ^b	Los Maitenes*	31,61	24,21	-7,40	-23%
	Quintero*	31,07	23,63	-7,44	-24%
Chagres ^b	Catemu	32,97	12,85	-20,12	-61%
	Lo Campo*	64,79	22,56	-42,23	-65%
Caletones ^a	Coya Club	25,98	15,53	-10,46	-40%
	Sewell	301,08	133,38	-167,70	-56%
	Cipreses	4,81	5,88	1,06	22%
	Coya Población*	7,15	7,94	0,79	11%
	Cauquenes	6,41	5,93	-0,48	-7%
	Rancagua I*	5,02	2,84	-2,17	-43%

* Estación representativa para el SO₂

a. La norma entró en vigor en diciembre de 2018 para estas fundiciones

b. La norma entró en vigor en diciembre de 2016 para estas fundiciones

Nota: La media pre-norma corresponde a la media de las concentraciones medias de los tres años anteriores al inicio de la norma.

Nota 2: La media post norma corresponde a la media de las concentraciones medias de los tres años posteriores al año siguiente del inicio de la norma.



Conclusiones

- Los contaminantes SO₂ y arsénico se asocian directamente con las emisiones de las fundiciones
- Se observa que la aplicación del instrumento de gestión ambiental en general ha tenido un efecto positivo en la calidad del aire.
- En los casos en que las concentraciones subieron en una estación esto se verifica en las otras estaciones



- Los resultados, en términos de mejora de la calidad del aire, varían tanto entre zona como por contaminante.
 - En Chuquicamata, se observan reducciones de las concentraciones atmosféricas de arsénico cercanas al 80%, mientras que en cuanto a SO₂ las concentraciones disminuyeron entre un 43% y 88%.
 - En los alrededores de Altonorte las reducciones de las concentraciones atmosféricas de arsénico se redujeron entre un 4% y 16%, mientras que el SO₂ tuvo reducciones de entre 63% y 77%.
- En los aumentos observadas en algunas zonas, se destaca el aumento de las concentraciones de As en los alrededores de Chagres y HVL, así como los aumentos de SO₂ en HVL y Caletones (sólo Coya Población)
 - Cabe destacar que en Caletones desde el 2019 las emisiones reportadas de SO₂ son cerca de la mitad de las reportadas anteriormente.
 - Respecto a la fundición HVL, se observa un deterioro de la calidad del aire, tanto en las concentraciones de As como de SO₂, especialmente a partir del año 2020.



¿Preguntas?



Ministerio del
Medio
Ambiente

Gobierno de Chile



¿Qué solicitó la norma?

- Establece exigencias para la fundición y para algunas operaciones unitarias relevantes, para los contaminantes: MP, SO₂, As y Hg
- Fuentes Existentes:
 - Desde la publicación se congelan las emisiones
 - Se establecen límites anuales de emisión de SO₂ y As (balances de masa)
 - Adicionalmente captura de SO₂ y As mayor o igual a un 95%. (balances de masa)
- Fuentes nuevas: captura de SO₂ y As mayor o igual a un 98%
- Se establecen límites de emisión en chimenea: secador (MP), horno de limpieza de escoria (MP, As) y planta de ácido (SO₂)



Hitos de la norma vigente

- Fiscalización corresponde a SMA
- Medición: CEMS en plantas de ácido
- Medición isocinética CH5 de MP para hornos de limpieza y secadores
- As y Hg por determinación de metales
- Reportes mensuales a SMA
- Auditorias externas anuales a balances de masa
- Gradualidad:
 - ✓ 2.5 años para fundiciones que tienen plantas de ácido de doble contacto
 - ✓ 5 años para aquellas que tienen planta de ácido de simple contacto

Fundición	Limite anual de emisión Fuente existente	
	SO ₂ (ton/año)	As (ton/año)
Altonorte	24.000	126
Caletones	47.680	130
Chagres	14.400	35
Chuquicamata	49.700	476
Hernán Videla	12.880	17
Lira		
Potrerillos	24.400	157
Ventanas	14.650	48

Límite de emisión Chimenea	Contaminante	Fuente Existente	Fuente Nueva
Planta de ácido	SO ₂	600 ppm	200 ppm
	As	1 mg/m ³ -N	1 mg/m ³ -N
	Hg	No aplica	0,1 mg/m ³ -N
Secador	MP	50 mg/m ³ -N	30 mg/m ³ -N
Horno de limpieza de escoria	MP	50 mg/m ³ -N	30 mg/m ³ -N
	As	1 mg/m ³ -N	1 mg/m ³ -N





FACULTAD DE MEDICINA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE

000636 vta

**Recopilación de información disponible acerca
de los efectos adversos producidos por la
exposición en la población, tanto desde el
punto de vista epidemiológico como
toxicológico**



FACULTAD DE MEDICINA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE

000637

**“ESTUDIO DE ANTECEDENTES
PARA LA ELABORACIÓN DE UNA NORMA PRIMARIA DE
CALIDAD DEL AIRE PARA ARSÉNICO Y LA REVISIÓN DE
LA NORMA DE EMISIÓN PARA FUNDICIONES DE COBRE
Y FUENTES EMISORAS DE ARSÉNICO”**

ID Licitación: 608897-23-LP21

Daniel Eduardo Rebolledo Fuentes

Coordinador de Proyectos de Investigación

PERFIL TOXICOLÓGICO

➤ Recopilación de información: Bases de Datos

IBM Micromedex®

My Subscription | Gateway | Training Center | Help | Download Center | Logout

Home | Drug Interactions | IV Compatibility | Drug ID | Drug Comparison | CareNotes | NeoFax | Other Tools | Admin

Search Drug, Disease, Toxicology, and more

All | Drug | Disease | Toxicology

Keyword search

Ask Watson
Search Micromedex drug information

Learn more

Latest News

- Symdeko(R) for Younger Ped Patients

Read Top News

Support & Training

- Citing Micromedex
- Clinical Consulting & Services
- Integrated Content Options for MJ & More
- Product User Tips & Quick Answers
- Training Center
- User Guide

Support Request

Resources

- Black Box Warnings
- Comparative Tables
- Do Not Confuse Drug List
- Drug Classes
- Drug Consults
- REMS

Download Mobile Apps

© Copyright IBM Corporation 2019 | About | Contact | Training Center | User Guide | Warranty & Disclaimer | Micromedex.com

PERFIL TOXICOLÓGICO

➤ Recopilación de información: Bases de Datos

The screenshot displays the RightAnswer(R) Knowledge Solutions OnSite(TM) Application interface. The window title is "RightAnswer(R) Knowledge Solutions OnSite(TM) Application". The interface includes a menu bar with "Edit", "Navigate", and "Help". Below the menu bar, there is a navigation bar with "Volume 2013-2" and a logo for "RightAnswer". The main content area is titled "Integrated Index® Search" and includes links for "New Search" and "Search Results (ARSENIC)". The search results are organized into several categories:

- HAZARDTEXT™ Documents**: [ARSENIC](#)
- REPROTEXT® Documents**: [ARSENIC](#)
- MEDITEXT® Documents**: [ARSENIC](#)
- RTECS® Registry**: [Arsenic](#)
- HSDB® Data Bank**: [ARSENIC_ELEMENTAL](#)
- NIOSH Documents**: [Arsenic \(inorganic compounds, as As\)](#)
- ERG2012 Guidebook**: [6 Documents](#)
- New Jersey Fact Sheets**: [2 Documents](#)
- IRIS Documents**: [Arsenic_inorganic](#)
- CHRIS Documents**: [ARSENIC](#)
- OHM/TADS Documents**: [ARSENIC](#)
- REPROTOX® Documents**: [ARSENIC](#)
- Shepard's Catalog**: [Arsenic](#)

The interface also features a sidebar with sections for "SEARCH", "BOOKMARKS", "HELP", and "LEGAL". The bottom of the window shows a Windows taskbar with various application icons and a system tray with the date "07-06-2013" and time "0:04".



FACULTAD DE MEDICINA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE

000638 vta

**Identificar las vías, fuentes, rutas y medios de
exposición del arsénico**

Arsénico: Generalidades

Origen

- natural



Clasificación química

- Metaloide

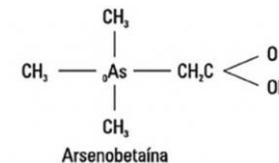
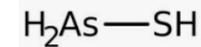


1	H																	He	
2	Li	Be											B	C	N	O	F	Ne	
3	Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar	
4	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	
5	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	
6	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn	
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og	
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Arsénico: Generalidades

En el medio ambiente

- Forma inorgánica → O₂, Cl o S
- Forma orgánica → C e H



Emisiones atmosféricas:

- Naturales → resuspensión de polvo, erupciones volcánicas
- Antropogénicas → Procesos de extracción y fundición de minerales, funcionamiento de plantas de energía



Información toxicológica

Reportes de casos de intoxicación aguda

Ingestión

Inhalación



Ingesta
accidental



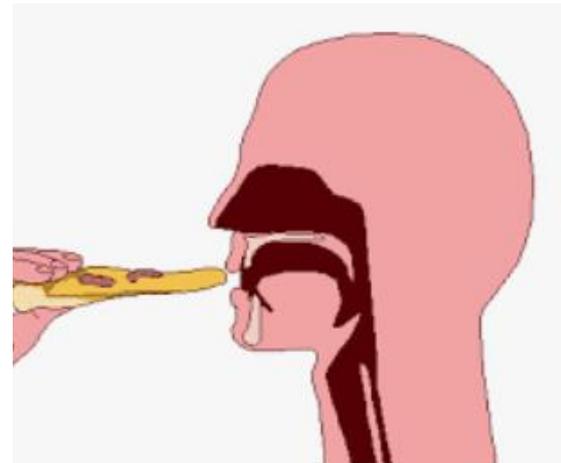
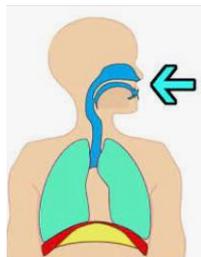
Información
limitada
(ocupacional)



Ingesta
intencional

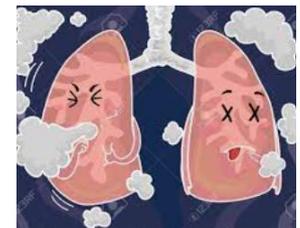
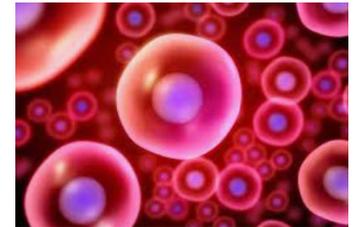
Rutas de exposición

- La inhalación aporta menos del 1% de la dosis total absorbida de As.
- La ingesta la principal vía de exposición (European Commission. (2000). Ambient Air Pollution by AS, CD and NI compounds).



Efectos adversos asociados a la exposición al arsénico

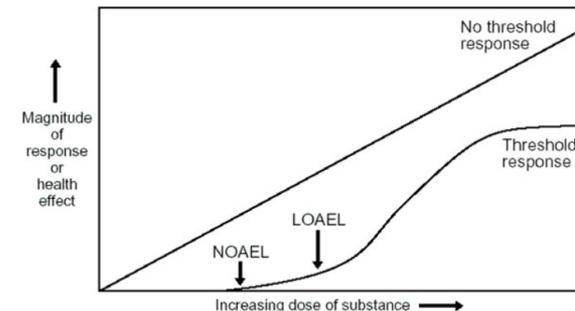
- El arsénico afecta a casi todos los procesos celulares funciones de los órganos de nuestro cuerpo.
- Dependiendo del tipo de exposición al arsénico (exposición aguda o crónica), el desarrollo de síntomas clínicos varía.
- Para observar una intoxicación aguda debe existir exposición a dosis particularmente altas (solo en ambientes ocupacionales) pueden producir daños en los órganos que pueden provocar la muerte.



Efectos adversos asociados a la exposición al arsénico

- Estudios de exposición ocupacional → correlación entre la exposición al arsénico inorgánico y la mortalidad por cáncer de pulmón (efecto crítico) → clasificado como carcinógeno en humanos.
- La caracterización RECV → estimación del riesgo incremental de cáncer (incremento en la probabilidad de un individuo de desarrollar cáncer por la exposición a un compuesto cancerígeno).
- La estimación del riesgo de cáncer de por vida (RECV) → por la vía de inhalación →

$$\text{Concentración aire} \times \text{IUR} = \text{RECV}$$



El efecto crítico a la salud por la exposición al arsénico en el aire es el cáncer de pulmón

Criterio de toxicidad Inhalation Unit Risk (IUR) (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 1.000.000 (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 100.000 (ng/m ³)	Concentración asociada con riesgo de 1 en 10.000 (ng/m ³)	Efecto crítico	Fuente
4,3	0,2	2,3	23,3	Cáncer pulmonar	(USEPA, 2011)
3,3	0,3	3,0	30,3	Cáncer pulmonar	(CARB, 1990)
1,5	0,7	6,7	66,7	Cáncer pulmonar	WHO Air Quality Guidelines for Europe.
0,7	1,4	14,3	142,9	Cáncer pulmonar	Netherlands (Dutch Expert Committee on Occupational Safety, DECOS) (Lewis et al., 2015)
0,2	6,7	66,7	666,7	Cáncer pulmonar	TCEQ (Erraguntla et al., 2012)

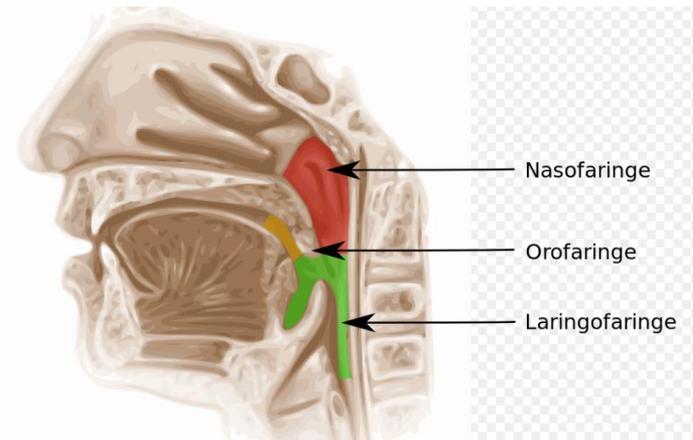
Dióxido de azufre (SO₂): Toxicocinética

SO₂ → muy soluble en agua
y forma ácido sulfuroso (H₂SO₃)



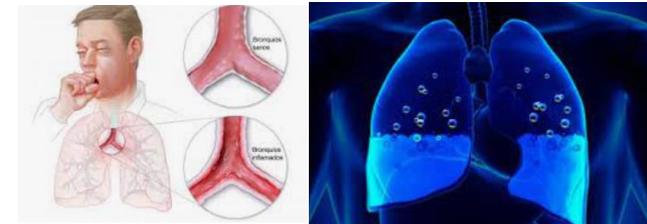
Es absorbido y forma ácido sulfuroso (H₂SO₃) o alguno de sus productos de la ionización

Más del 90% SO₂ es absorbido en la zona nasofaríngea. El SO₂ absorbido es oxidado a ion sulfato casi en su totalidad y excretado de esta forma (IBM Watson Health, 2022e).



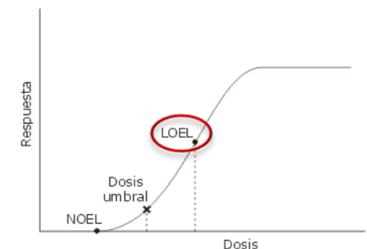
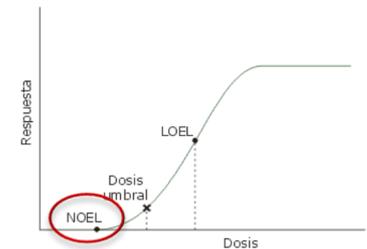
Dióxido de azufre (SO₂): Exposición Aguda

- Pueden causar síntomas por irritación → sensación de quemazón en ojos, nariz y garganta, lagrimeo y tos. Síntomas más severos incluyen sibilancias, bronquitis químicas y laringoespasma.
- En exposiciones severas → neumonitis químicas y edema pulmonar no cardiogénico. (IBM Watson Health, 2022e).
- Se ha observado reducción en la función pulmonar media en personas expuestas en reposo por 10 min a 4 ppm (10.480 µg/m³)
- No se observan cambios significativos a 1 ppm (2.620 µg/m³), incluso exponiéndose, haciendo ejercicio.
- En asmáticos haciendo ejercicio la concentración mínima que puede generar alguna alteración es de 0,4 ppm (1.048 µg/m³) (WHO, 2000b).



Dióxido de azufre (SO₂): Exposición crónica

- Expo. altas concentraciones → efectos residuales, como enfermedad pulmonar obstructiva o restrictiva, síndrome de vías aéreas reactivas o bronquitis crónica (IBM Watson Health, 2022e).
- En trabajadores se evaluó el efecto de la exposición crónica de SO₂ a 0,35 ppm (917 µg/m³). → No se observaron efectos (IBM Watson Health, 2022e).
- La exposición promedio de 29-32 ppm (54.572 - 83.834 µg/m³) con peaks de 100 ppm (262.005 µg/m³) → no se observó daño en el árbol bronquial o alvéolos. (IBM Watson Health, 2022e).
- Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC).



**CARCINOGENIDAD
NO CLASIFICABLE**
Evidencia insuficiente en humanos.
Evidencia insuficiente en animales.

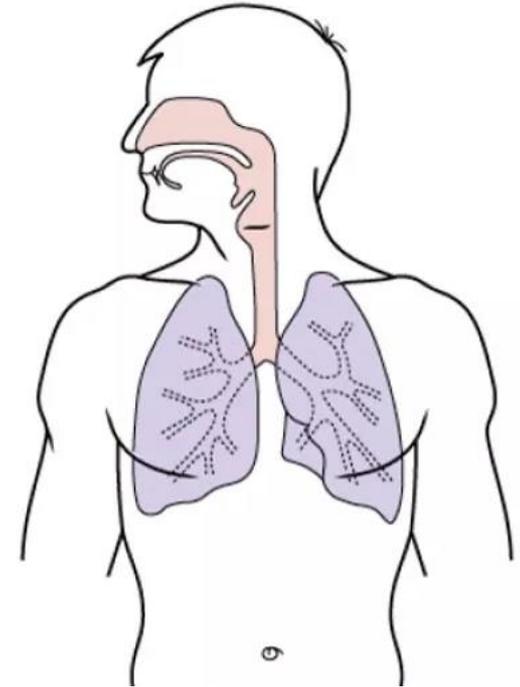
Material Particulado (MP): Toxicocinética

- El PM₁₀ y PM_{2.5} son partículas inhalables suficientemente pequeñas para penetrar en la región torácica del sistema respiratorio.
- La capacidad de penetración en el sistema respiratorio es el punto clave en la cinética de estos compuestos.
- De forma más específica, el PM₁₀ clasifica el subgrupo de partículas inhalables que son suficientemente pequeñas para entrar a regiones traqueobronquiales y alveolares.
- El PM_{2.5} además tiene penetración en la región donde se efectúa el intercambio gaseoso del sistema respiratorio (Brown, Gordon, Price, & Asgharian⁴, 2013).



Material Particulado (MP): Exposición aguda

- El PM10 provoca efectos agudos en el sistema respiratorio.
- La exposición a partículas finas puede causar irritación en ojos, nariz y garganta y vía respiratoria, tos, sibilancias, congestión nasal y disnea.
- Pueden afectar la función pulmonar y aumentar la sintomatología de condiciones como el asma y enfermedad cardíaca (Department of Health New York State, 2018).



Material Particulado (MP): Exposición crónica

Exposición crónica a material particulado fino (PM 2.5) se ha asociado →



aumento de la incidencia de bronquitis crónica



Reducción de la función pulmonar



enfermedad cardíaca.

Poblaciones con sensibilidad mayor al efecto del PM 2.5 (Department of Health New York State, 2018). →



Agencia Internacional para la investigación del Cáncer (IARC).



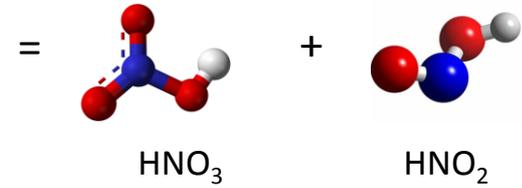
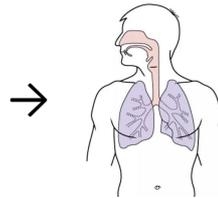
CARCINÓGENO PARA LOS HUMANOS

Evidencia suficiente en humanos.
Relación causal establecida.

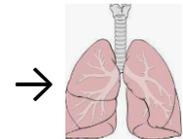
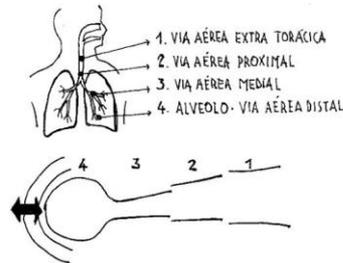
Óxidos de nitrógeno (NO_x): Toxicocinética



reaccionan lentamente con el agua en el tracto respiratorio

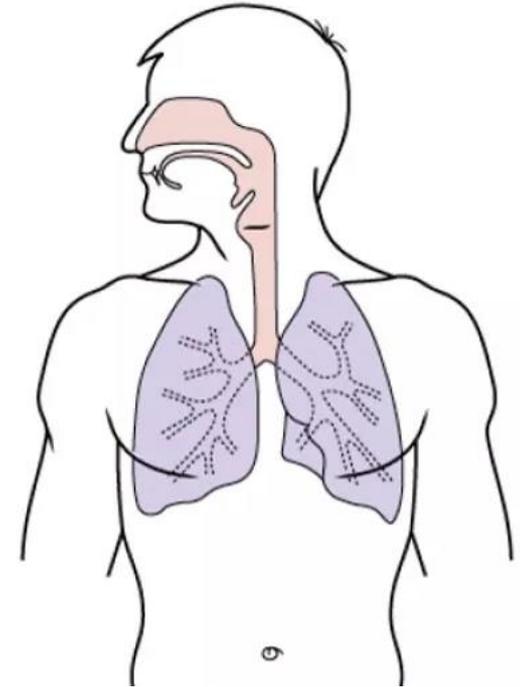


- Los NO_x tienden a alcanzar las vías aéreas distales y el parénquima pulmonar
- Los intermediarios de NO_x y el NO_2 permanece en los pulmones por periodos prolongados de tiempo, observado en modelos animales con monos y el NO_2 es absorbido en los pulmones (IBM Watson Health, 2022d)
- La absorción puede ser de 70-90% por inhalación. Una porción importante del NO_2 inhalado es removido en la zona nasofaríngea (alrededor del 50% en modelos animales) (WHO, 2000a).



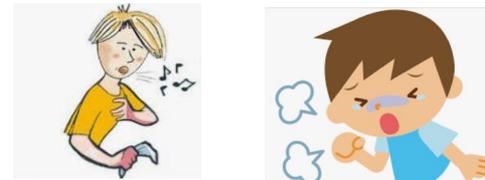
Óxidos de nitrógeno (NO_x):Exposición aguda

- La exposición aguda a NO_x → tos, hiperpnea y disnea, en casos extremos, podría haber insuficiencia respiratoria aguda, la cual puede retrasarse entre 4 y 24 horas post exposición.
- El NO₂, puede causar broncoespasmo, enfermedad obstructiva pulmonar aguda (IBM Watson Health, 2022d).
- En personas con enfermedad pulmonar, se estima que exposiciones a 0,30 ppm podrían alterar la función pulmonar, haciendo ejercicio leve a moderado por 30 min (WHO, 2000a).



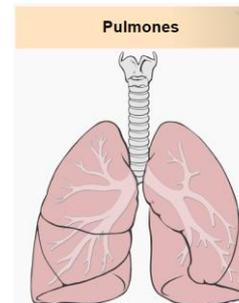
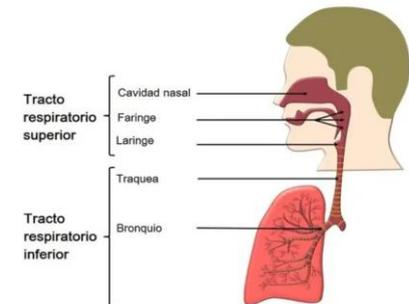
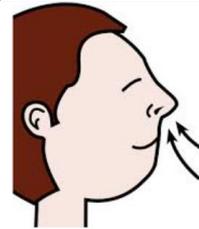
Óxidos de nitrógeno (NO_x):Exposición crónica

- Se ha observado en estudios epidemiológicos que la exposición permanente a NO₂ se asocia con efectos respiratorios en la niñez, más que en la adultez.
- Principalmente se ha asociado la exposición a NO₂ con mayor incidencia de resfríos, congestión en vías respiratorias, presencia de flemas en resfriados, sibilancias, asma y tos (WHO, 2000a).
- La IARC no ha evaluado a este compuesto en el riesgo de carcinogenicidad.

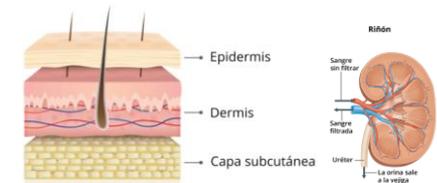


Níquel (Ni): Toxicocinética

- Aproximadamente el 35% del níquel inhalado es absorbido, pasando a la sangre desde el tracto respiratorio.
- Las partículas inhaladas son depositadas en el tracto respiratorio alto o bajo, dependiendo del tamaño de la partícula. (IBM Watson Health, 2022c).
- El níquel se distribuye principalmente en pulmones, riñón, piel, sin embargo, la concentración más alta siempre está en los pulmones (IBM Watson Health, 2022c).
- La eliminación del níquel por vía biliar, pelo, transpiración y saliva. La vía de excreción más importante es la orina, la cual excreta la mayoría de la dosis absorbida (alrededor de un 90%) (IBM Watson Health, 2022c).



>



Níquel (Ni): Exposición aguda

- Mareos, dolor de garganta, ronquera y debilidad.

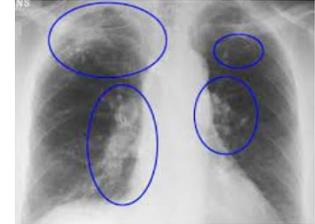


- A veces se informan gingivitis, estomatitis, sabor metálico, irritación nasal, daño de la mucosa nasal, hiposmia/anosmia, tos y dificultad para respirar (IBM Watson Health, 2022c).



Níquel (Ni): Exposición crónica

- La inhalación de polvos de níquel ha sido asociada con irritación pulmonar, asma, neumoconiosis, fibrosis y edema pulmonar (IBM Watson Health, 2022c).



- La inhalación de níquel puede causar tumores a nivel pulmonar y senos nasales,

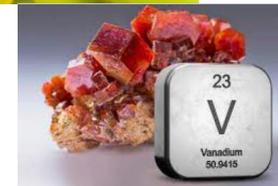


**CARCINÓGENO PARA
LOS HUMANOS**

Evidencia suficiente en humanos.
Relación causal establecida.

Vanadio (V): Toxicocinética

- El vanadio es encontrado en trazas en casi todos los tejidos del organismo, aunque se acumula en tejido graso, el cual concentra un 90% de la cantidad del organismo.
- Modelos animales han demostrado que las sales de Vanadio son excretadas rápidamente de la orina (IBM Watson Health, 2022f).



Vanadio (V): Exposición aguda

- La inhalación de polvos de Vanadio puede ocasionar síntomas respiratorios.
- Se ha descrito que estos síntomas pueden durar hasta 2 semanas tras la exposición.
- Los síntomas son irritativos (IBM Watson Health, 2022f).



Vanadio (V): Exposición crónica

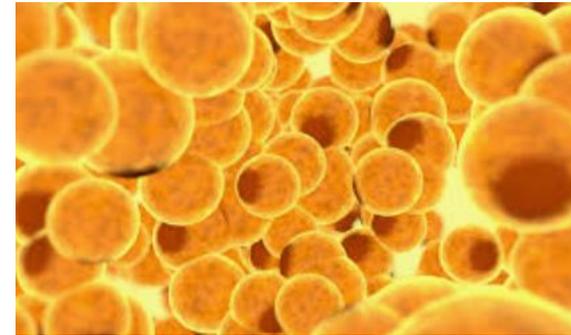
- Se ha vinculado la exposición a vanadio con rinitis atrófica, bronquitis crónica, fibrosis pulmonar difusa (IBM Watson Health, 2022f).



- No se ha observado que el Vanadio sea carcinógeno para humanos No ha sido clasificado por la IARC (IBM Watson Health, 2022f).

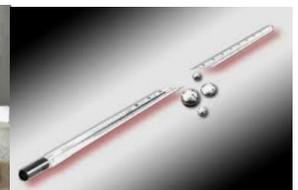
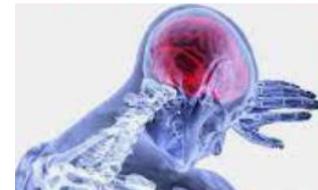
Mercurio (Hg): Toxicocinética

- Se estima que entre el 74 al 80% de la inhalación de vapores de mercurio son absorbidos, el cual es rápidamente oxidado en mercurio divalente.
- Alrededor del 2% de la dosis absorbida es excretada en orina a los 7 días y el 9% a través de las heces, en el mismo periodo de tiempo (IBM Watson Health, 2022b),



Mercurio (Hg): Exposición aguda

- La inhalación de vapores de mercurio afecta principalmente a los pulmones, generando neumonitis, bronquiolitis necrótica, edema pulmonar y muerte (IBM Watson Health, 2022b).
- De todas formas, también se podrían generar efectos sistémicos; a nivel neurológico y renal (ATSDR, 2022).
- Niños pequeños han desarrollado toxicidad aguda tras la inhalación por 2 semanas de vapores de mercurio procedentes de un termómetro roto y que fue derramado en la alfombra.



Mercurio (Hg): Exposición crónica

- La intoxicación crónica se desarrolla por la inhalación de vapores de mercurio elemental o partículas con mercurio. Puede manifestarse después de semanas de una exposición a alta cantidad o desarrollarse de forma insidiosa a través de los años.
- El cuadro se caracteriza : alteraciones psiquiátricas, temblor y gingivomastitis, a la cual puede adicionarse acrodinia, irritabilidad, insomnio, diaforesis, hipertensión, disfunción renal, entre otras.
- La IARC tiene clasificado a los componentes del mercurio elemental e inorgánico en el Grupo 3

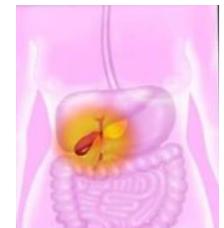
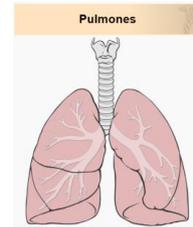


CARCINOGENICIDAD
NO CLASIFICABLE

Evidencia insuficiente en humanos.
Evidencia insuficiente en animales.

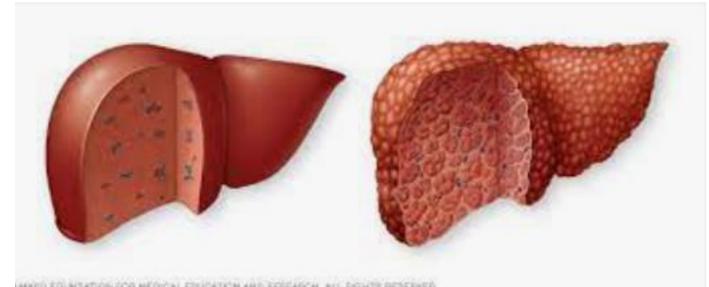
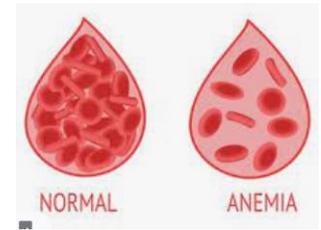
Plomo (Pb): Toxicocinética

- Puede llegar a los pulmones tras la inhalación de partículas finas, vapores o humos. Una vez en los pulmones, será absorbido en su totalidad.
- Sobre el 90% del plomo absorbido es depositado en los huesos.
- La vía de excreción más importante es la bilis y una cantidad pequeña es excretada por pelo, uñas, sudor y orina (IBM Watson Health, 2022a).



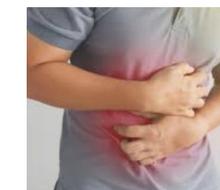
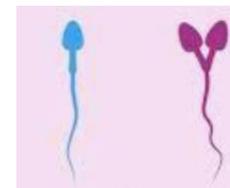
Plomo (Pb): Exposición aguda

- Exposiciones agudas a grandes cantidades de plomo pueden causar dolor abdominal, náusea, vómitos, anemia (usualmente hemolítica), hepatitis tóxica y encefalopatía (IBM Watson Health, 2022a).



Plomo (Pb): Exposición crónica

- Exposiciones a bajas cantidades se relaciona con el desarrollo neurológico en niños → disminución en el cociente intelectual en poblaciones con niveles de plomo de 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$.
- En adultos se asocia con aumento de la presión arterial, aborto espontáneo, y anomalías espermáticas.
- Otras alteraciones descritas son fatiga, somnolencia, cefaleas, insomnio, dolor abdominal, constipación, anemia, mialgias, artralgias y debilidad moderada (IBM Watson Health, 2022a).



Plomo (Pb): Exposición crónica

- La IARC clasifica a las sustancias con plomo inorgánico como 2A (probablemente carcinógenas para humanos) (IARC, 2018a)



**PROBABLEMENTE
CARCINÓGENO
PARA LOS HUMANOS**

Evidencia limitada en humanos.
Evidencia suficiente en animales.

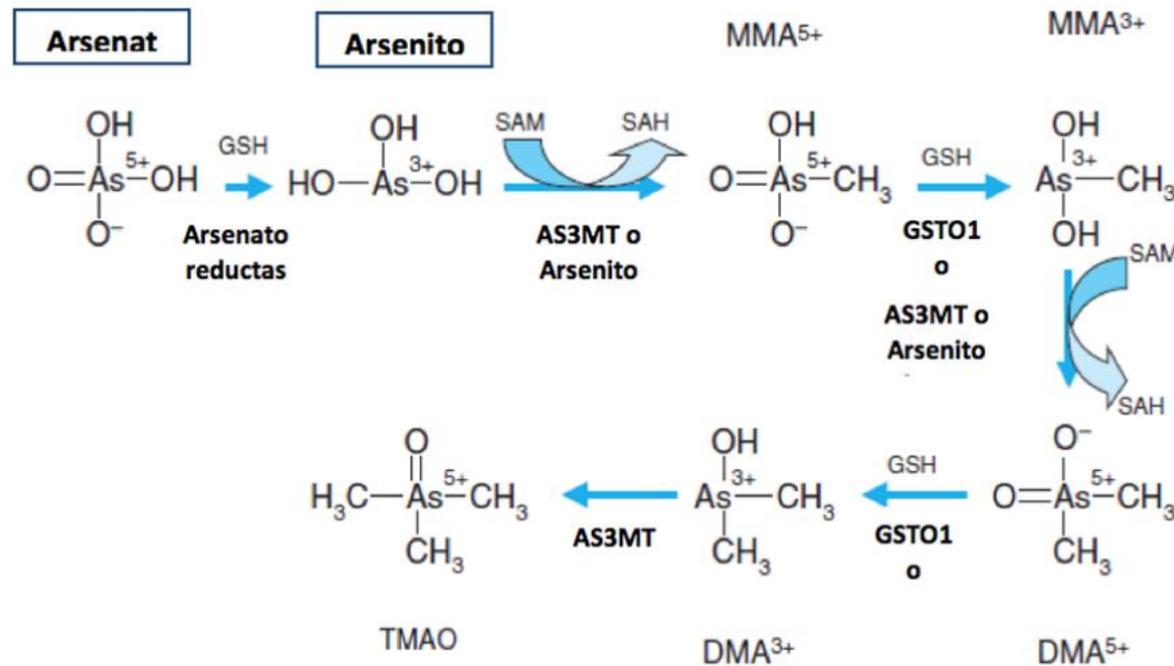
- Preguntas

Metabolismo

Principal ruta
metabólica

- Hígado
- Reducción de As V a As III
- Metilación por acción enzimática (bioactivación): metabolitos metilados ácido monometilarsónico (MMA) y ácido dimetilarsónico (DMA))

Metabolismo del arsénico



Fuente: <https://www.ispch.cl/sites/default/files/NotaT%C3%A9cnica%20N%C2%B020024%20Exposici%C3%B3n%20Laboral%20a%20Ars%C3%A9nico.pdf>