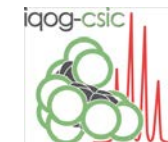


# Cuando el foco estaba en la chimenea y el problema estaba en el suelo.

## Vigilancia epidemiológica de la incineradora de Zubietta

Alba Jimeno Romero





- Plantas de Valorización Energética (PVE) de residuos urbanos
  - Generan energía y reducen los residuos
  - Emiten PCDD, PCDF y dl-PCB
- Puesta en funcionamiento de una PVE en Gipuzkoa en el año 2019
- Incertidumbre social, preocupaciones.

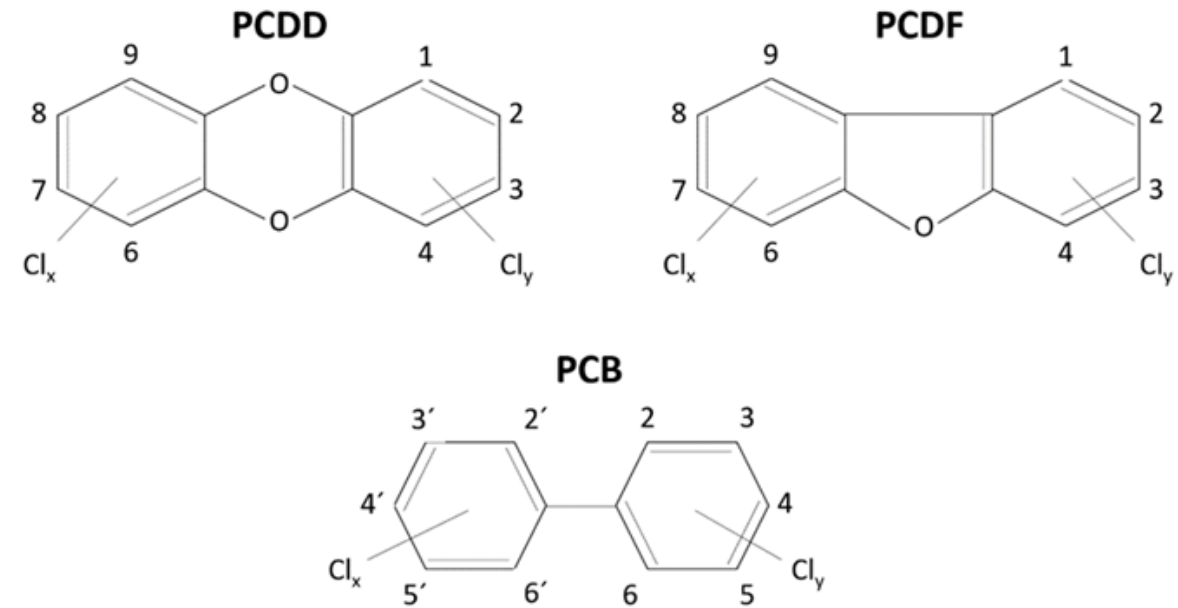
Objetivo: Describir la evolución de los niveles de PCDD/F y dl-PCB tras la puesta en marcha de la PVE y compararlos con los niveles antes de la puesta en marcha





## PCDD, PCDF and PCB

- Persistent organic compounds
- Fuentes
  - PCDD/F: **incineración de residuos**, industria química, metalúrgica, y papelera, y tráfico.
  - PCB: equipamiento electrónico e hidráulico.
  - PCBs: prohibida su manufactura desde 2004.

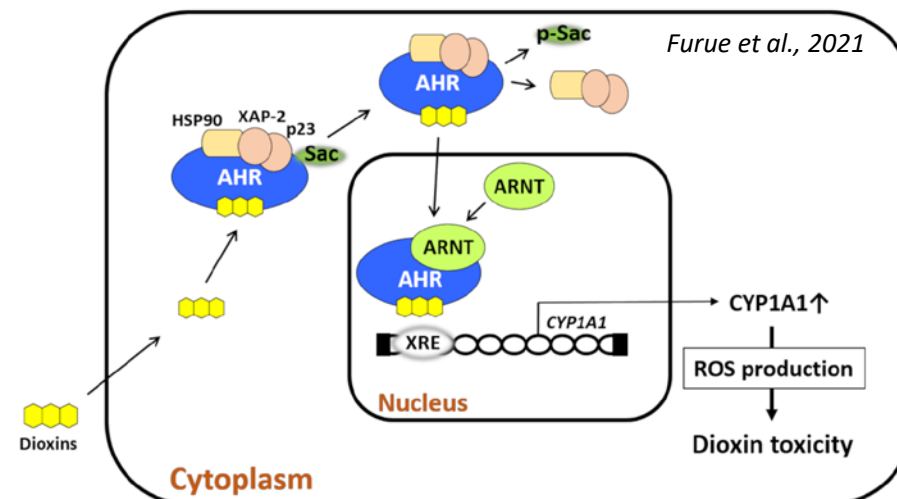


## PCDD, PCDF and PCB

- Bioacumulación y biomagnificación en la cadena alimenticia.
- La dieta es la principal fuente de exposición para humanos
- Congeneres: 7 PCDD, 10 PCDF, 12 dl-PCB
  - Asociados a problemas de salud
  - Toxic equivalence factor (TEQ)
  - Niveles de referencia:
    - Aire
    - Suelo
    - Alimentos



%90



## Planta Valorización Energética (PVE)

### LÍNEAS 1 y 4 MONITOREO AMBIENTAL

Aire, suelo,  
alimentos

### LÍNEA 2

Sangre y orina  
de población  
general

### LÍNEA 3 EFECTOS EN SALUD

#### AIRE:

PM2.5, elementos traza, PAHs, y dioxinas, furanos y PCBs asociados (zona 1 and zona 2) antes y después de la puesta en marcha.

#### HUEVOS/LECHE, SUELO:

Niveles de PCDD/Fs y dl-PCBs en alimentos (huevos y leche) y suelo.

#### Biomonitorización

Niveles de dioxinas, furanos, dl-PCBs y metales en sangre y orina de la población general. Control-Impacto

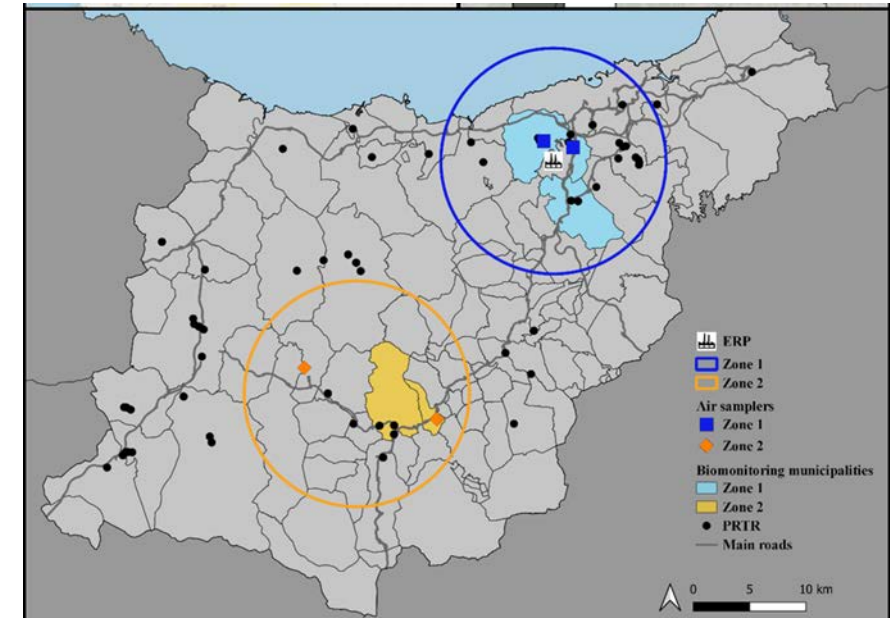
#### Efectos corto plazo

Exposición prenatal a PM2.5 y elementos traza y su efecto en la salud reproductiva.

Efectos de exposición a PM2.5 y PM10 en mortalidad e ingresos hospitalarios (2010-2019)

#### Efectos largo plazo

Incidencia de cancer/mortalidad y prevalencia de malformaciones congénitas en el País Vasco



## LÍNEAS 1 y 4 MONITOREO AMBIENTAL

Aire, suelo,  
alimentos

## LÍNEA 2

Sangre y orina  
de población  
general

## LÍNEA 3 EFECTOS EN SALUD

### AIRE:

PM2.5, elementos traza y PAHs, dioxinas, furanos y PCBs asociados (Control-Impacto) antes y después de la puesta en marcha.

### HUEVOS/LECHE y SUELO:

Niveles de PCDD/Fs y dl-PCBs en alimentos y suelo.

Environmental Pollution 388 (2026) 127371



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

Environmental Pollution

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/envpol](http://www.elsevier.com/locate/envpol)



## Assessment of PCDD/F and dl-PCB levels in air before and after the start-up of an energy recovery plant in northern Spain

Loreto Santa-Marina <sup>a,b</sup>, Ziortza Barroeta <sup>a,c,\*</sup>, Amaia Irizar <sup>a,b,c</sup>, Begoña Jiménez <sup>e</sup>, Pilar Gonzalez <sup>d</sup>, Juan Muñoz-Arnanz <sup>e</sup>, Gonzalo García-Baquero <sup>f</sup>, Alba Jimeno-Romero <sup>a</sup>, Miren Begoña Zubero <sup>a,c</sup>, Nerea Urbietta <sup>a</sup>, Jesús Ibarluzea <sup>a,b,g</sup>, Aitana Lertxundi <sup>a,b,c</sup>

<sup>a</sup> Biogipuzkoa Health Research Institute, Public Health and Environmental Epidemiology Research group, Paseo Doctor Begiristain S/n, 20014, San Sebastian, Spain

<sup>b</sup> Spanish Consortium for Research on Epidemiology and Public Health (CIBERESP), Instituto de Salud Carlos III, C/Monforte de Lemos 3-5, 28029, Madrid, Spain

<sup>c</sup> Department of Preventative Medicine and Public Health, University of the Basque Country (UPV/EHU), Leioa, Bizkaia, Spain

<sup>d</sup> Department of Chemical Engineering, University of the Basque Country (UPV/EHU), Leioa, Bizkaia, Spain

<sup>e</sup> Department of Instrumental Analysis and Environmental Chemistry, IQOG-CSIC, Juan de la Cierva 3, 28006, Madrid, Spain

<sup>f</sup> CEADIR. Faculty of Biology, University of Salamanca, Campus Miguel de Unamuno, Avenida Licenciado Menéndez Nieto s/n, 37007, Salamanca, Spain

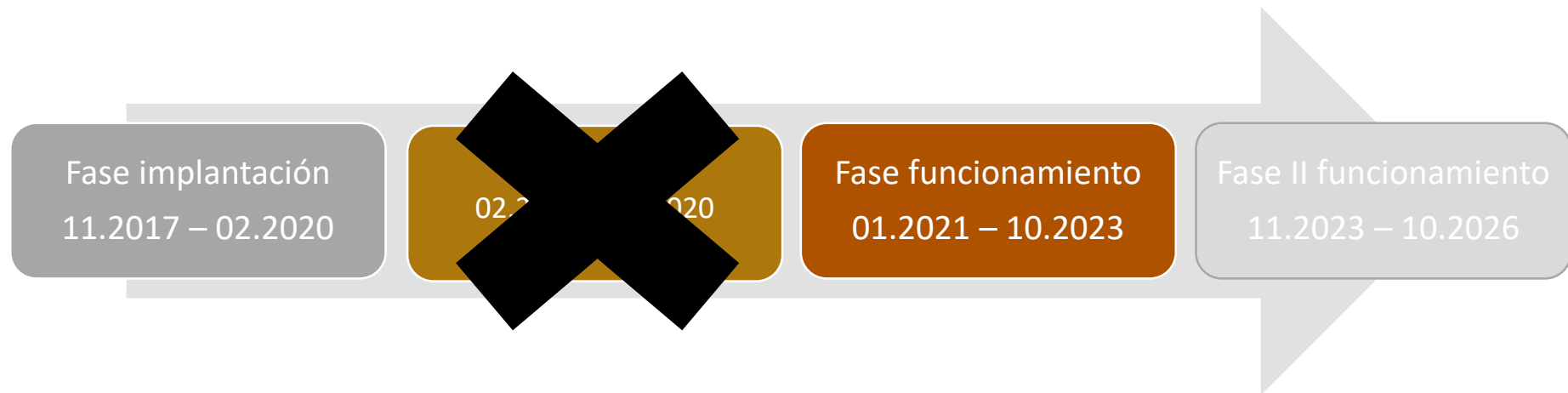
<sup>g</sup> Faculty of Psychology, University of the Basque Country (UPV/EHU), 20008, San Sebastian, Spain

- Hipotesis:
  - La puesta ne marcha de la PvE ha incrementado la concentración de de PCDD, PCDF, y dl-PCBs en el área expuesta, comparado con el área control.
- Objetivos:
  - Describir la evolución de la concentración PCDD/F y dl-PCB en aire tras la puesta en marcha de la planta.
  - Compararlos con los niveles basales establecidos anteriormente.

# **Evolución temporal de los niveles de dioxinas, furanos y PCBs en aire.**

## Protocolo de muestreo y análisis químico

- Captadores activos (*DIGITEL DAH-80*) siguiendo protocolo EN-1948:2006
- Medición mensual, semanas alternas en periodos primavera-verano y otoño-invierno.
- Periodo de muestreo: 11.2017 – 10.2023
- Comprende las tres fases de operaciones:



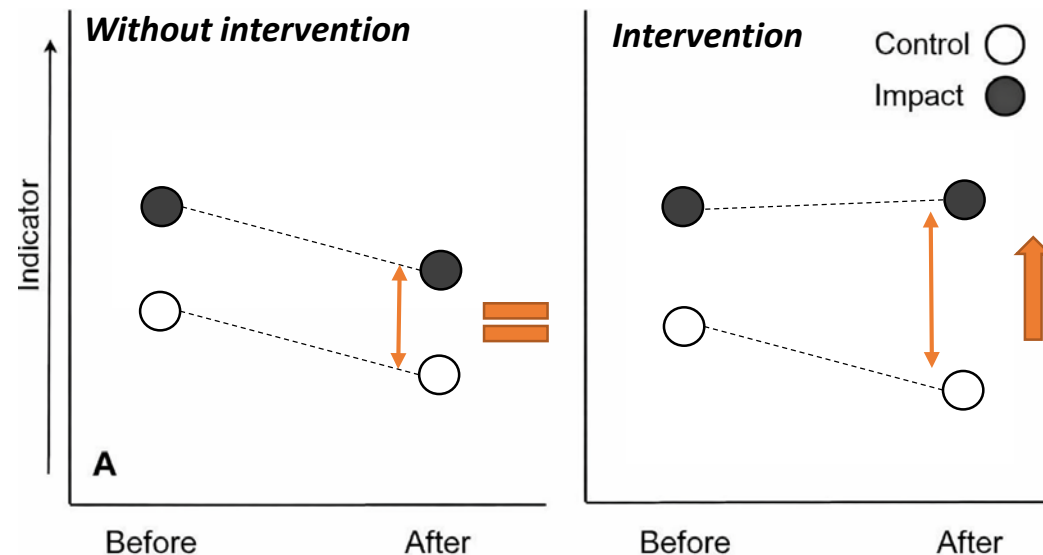
## Tratamiento de datos y análisis estadístico

- Valores TEQ **WHO 2005** (Van den Berg et al., 2006). LOD → upperbound
- Análisis de tendencias temporales
- Comparación de las medias de las medianas mensuales de 17 PCDD/Fs y 12 dl-PCBs medidos en la fase de implantación (pre) y la fase de operaciones (post) en las zonas control e impacto.
  - Análisis BACI (Before/after/control/impact) para determinar el efecto de la puesta en marcha de la PvE.
    - One tail t test

	Fase implantación (2017-2020)	Fase operaciones (2021-2023)	Total
Zona 1 (Impacto)	51 valores (9 medianas)	67 valores (24 medianas)	118 valores (33 medianas)
Zona 2 (Control)	50 valores (9 medianas)	67 valores (24 medianas)	117 valores (33 medianas)
Total	101 valores (18 medianas)	134 valores (48 medianas)	<b>235 valores</b>

## Tratamiento de datos y análisis estadístico

- Valores TEQ **WHO 2005** (Van den Berg et al., 2006). LOD → upperbound
- Análisis de tendencias temporales
- Comparación de las medias de las medianas mensuales de 17 PCDD/Fs y 12 dl-PCBs medidos en la fase de implantación (pre) y la fase de operaciones (post) en las zonas control e impacto.
  - Análisis BACI (Before/after/control/impact) para determinar el efecto de la puesta en marcha de la PvE.
    - One tail t test
- Perfiles de congéneres

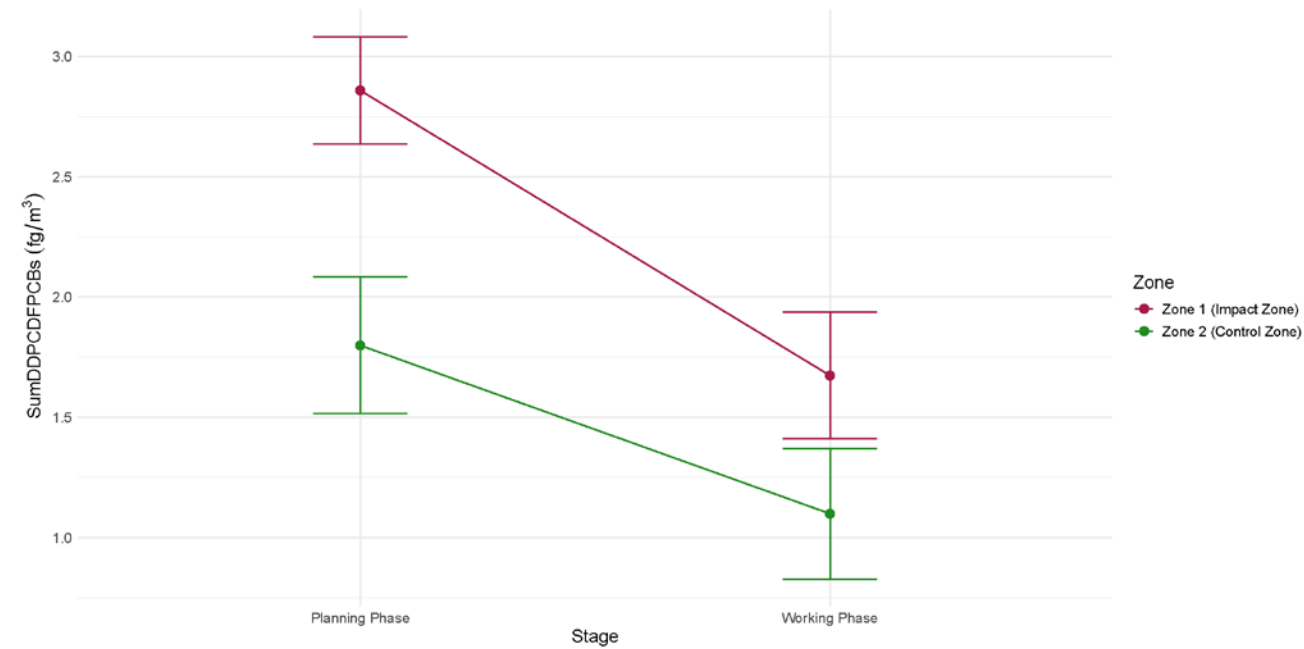


## Análisis descriptivo

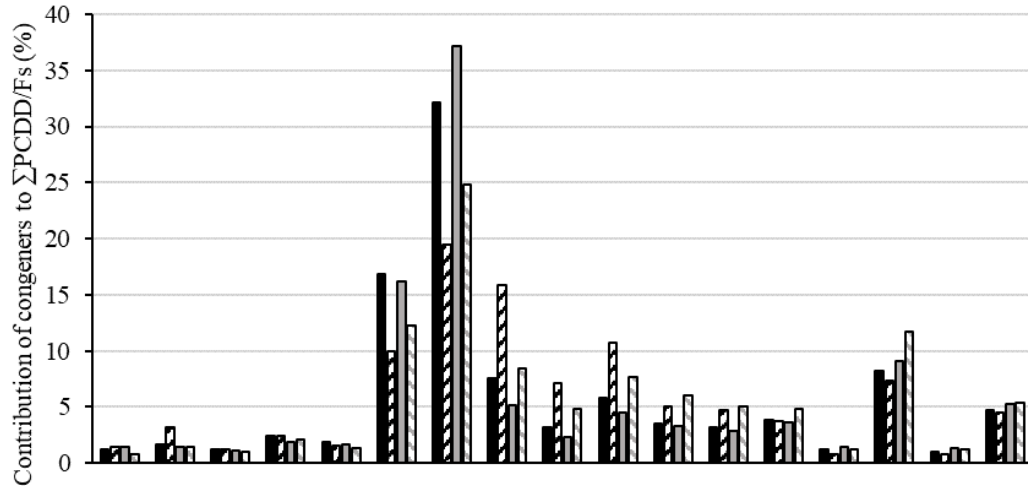
(fg TEQ m <sup>-3</sup> )	Planning phase				Working phase				<i>p-value</i>
	Min	Max	Mean (SD)	Median (IQR)	Min	Max	Mean (SD)	Median (IQR)	
<b>TOTAL AIR SAMPLES</b>	N = 101				N = 134				
ΣPCDDs	0.92	29.41	5.91 (5.46)	3.61 (6.50)	0.11	13.49	1.73 (2.06)	1.00 (1.23)	<b>&lt;0.001</b>
ΣPCDFs	0.30	33.15	5.93 (5.96)	4.04 (4.29)	0.20	15.53	2.22 (2.11)	1.61 (1.64)	<b>&lt;0.001</b>
ΣdIPCBs	0.04	9.68	1.62 (1.46)	1.11 (1.55)	0.04	4.30	1.01 (0.71)	0.86 (0.66)	<b>&lt;0.001</b>
ΣPCDD/Fs + dIPCBs	1.61	45.62	13.46 (11.10)	9.35 (14.23)	0.50	21.68	4.93 (4.41)	3.66 (3.80)	<b>&lt;0.001</b>
<b>BY ZONE</b>									
	Zone 1 ( N = 51)				Zone 1 ( N = 67)				
ΣPCDDs	1.66	29.41	8.83 (5.82)	7.59 (6.72)	0.27	10.53	2.38 (2.11)	1.59 (2.36)	<b>&lt;0.001</b>
ΣPCDFs	1.78	20.84	8.09 (5.33)	5.94 (7.03)	0.45	9.24	2.59 (1.85)	2.19 (1.53)	<b>&lt;0.001</b>
ΣdIPCBs	0.51	9.68	2.43 (1.64)	2.04 (1.65)	0.04	4.30	1.29 (0.84)	1.08 (0.66)	<b>&lt;0.001</b>
ΣPCDD/Fs + dIPCBs	4.82	44.54	19.34 (10.66)	16.58 (15.15)	1.06	21.28	6.22 (4.53)	4.59 (4.12)	<b>&lt;0.001</b>
	Zone 2 ( N = 50)				Zone 2 ( N = 67)				
ΣPCDDs	0.92	17.22	2.94 (2.89)	2.19 (1.40)	0.11	13.49	1.08 (1.82)	0.63 (0.65)	<b>&lt;0.001</b>
ΣPCDFs	0.30	33.15	3.73 (5.80)	2.44 (2.89)	0.20	15.53	1.84 (2.30)	1.27 (1.29)	<b>0.0029</b>
ΣdIPCBs	0.04	2.82	0.80 (0.50)	0.70 (0.51)	0.08	1.88	0.73 (0.39)	0.65 (0.49)	0.5088
ΣPCDD/Fs + dIPCBs	1.61	45.62	7.46 (7.91)	5.65 (5.41)	0.50	21.68	3.64 (3.90)	2.49 (2.32)	<b>&lt;0.001</b>

## Análisis BACI

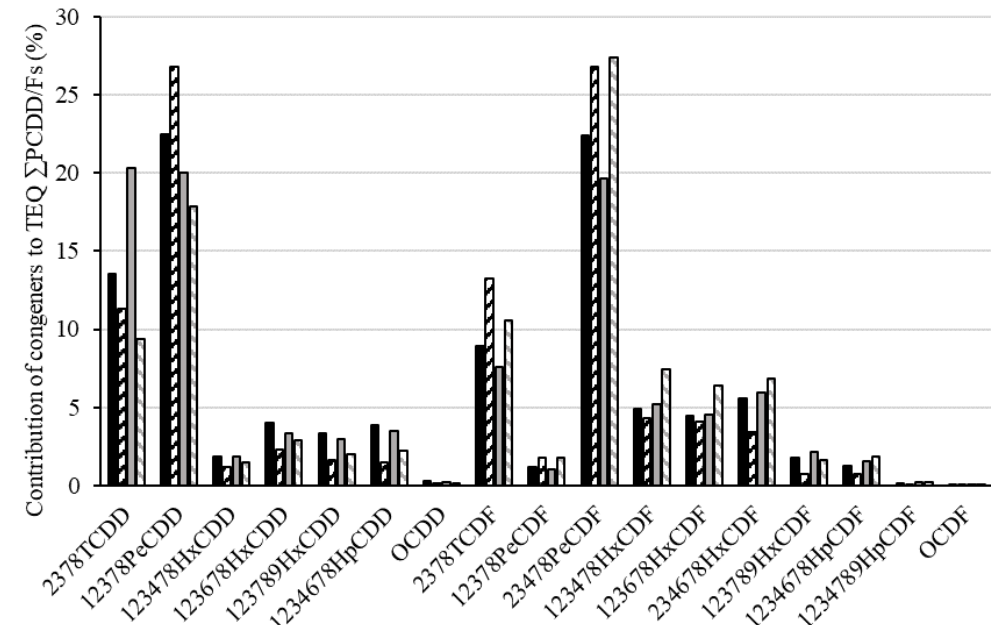
Variable	Mean difference Planning Phase	Mean difference Working Phase	Statistic	<i>p-value</i>
ΣPCDDs	1.51	0.90	t = - 3.81	0.9996
ΣPCDFs	1.00	0.50	t = -3.43	0.998
ΣdIPCBs	1.04	0.51	t = -5.60	1.00
ΣPCDD/Fs + dIPCBs	1.09	0.61	t = -3.60	0.9993



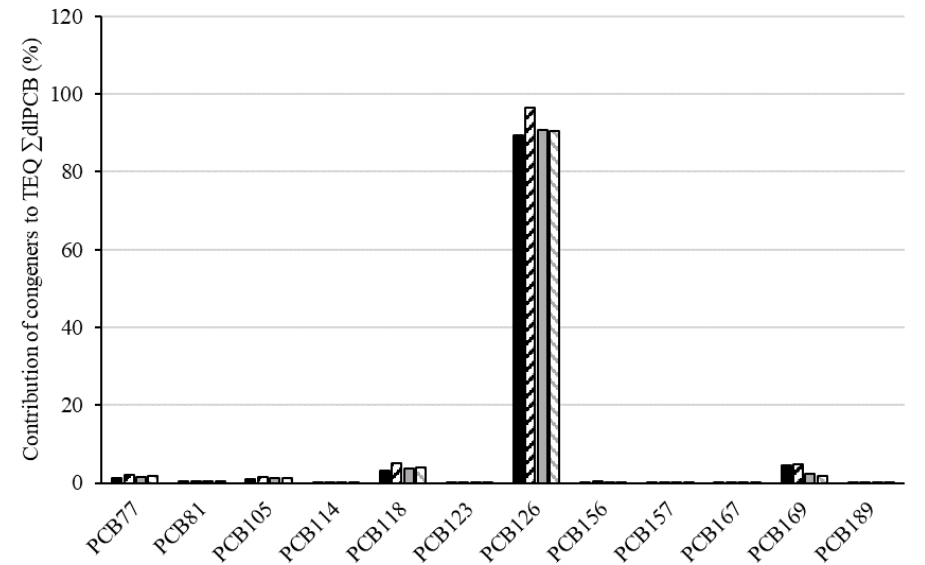
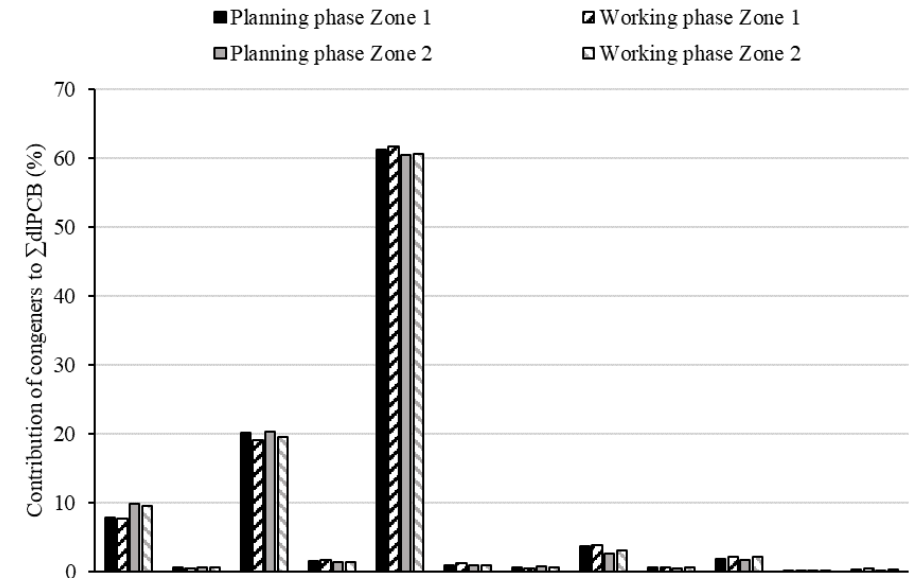
## Perfiles de congéneres



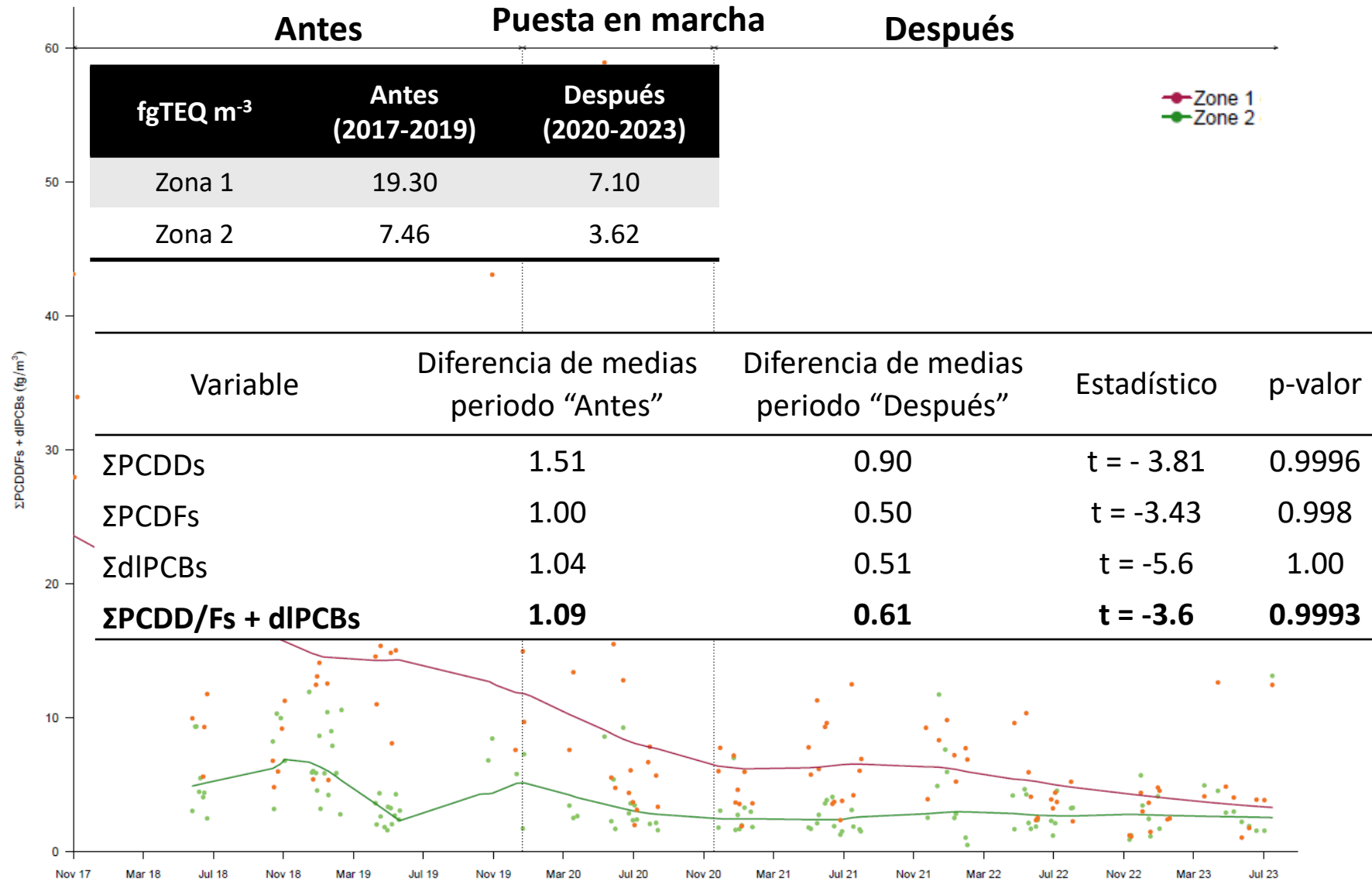
**Zone 1**  
 < PCDD



**Zone 2**  
 < PCDF



# Resultados



## Tendencias temporales y análisis BACI

Los niveles medios de PCDD/Fs + dI PCBs fueron significativamente mayores en la zona expuesta 11,58 fg TEQm-3 que en la zona control 5,07 fg TEQm-3, mostrando ambas zonas una tendencia descendente a lo largo de todo el periodo de estudio.

Zona expuesta (antes 19.30 TEQm-3 vs 7.10 TEQm-3 después) zona control (antes 7.46 TEQm-3 vs 3.62 TEQm-3 después).

El análisis de impacto BACI en los niveles de PCDD/Fs + dI PCBs no evidenció que la diferencia de medias entre zonas en el periodo posterior fuera mayor que en el periodo previo. La diferencia de medias para  $\Sigma$ PCDD/Fs + dI PCBs en el periodo previo fue de 1.09 y en el periodo posterior 0.61. El test sugirió que la media del periodo posterior no es mayor que la del periodo previo.

- Durante el periodo de estudio, se observó una disminución progresiva y significativa de los niveles promedio de PCDD/F, PCB y PCB-dl en ambas áreas, con una tendencia a la convergencia al final.
- La similitud en el perfil de composición de congéneres de PCDD/F y PCB-dl antes y después de la puesta en marcha sugiere que las concentraciones atmosféricas de estos contaminantes están influenciadas en gran medida por las industrias siderúrgicas.
- Los niveles de TEQ encontrados en este estudio se situaron dentro del rango de bajas concentraciones y son comparables en magnitud a los reportados en otros estudios realizados a nivel mundial.
- La tendencia descendente coincide con la implementación de las regulaciones de la UE, lo que indica la efectividad de estas medidas.
- Si bien la incineradora representa una fuente adicional de emisiones, su contribución parece ser mínima.

# El subtema del níquel

Departamento de Salud del Gobierno Vasco coloca, en el año 2015, un captador de alto volumen para partículas PM2,5 y metales asociados en el municipio de Ordizia.

2016: Media anual de Ni en Ordizia-Urdaneta en la fracción PM2,5 de **22,29 ng/m<sup>3</sup> vs.** PM10 (20 ng/m<sup>3</sup>), valor límite en el Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire para la fracción PM10.



# El subtema del níquel

Los resultados del captador mostraban una diferencia significativa en las concentraciones de níquel entre los días laborables y festivos y fin de semana, así como una disminución en agosto y una alta correlación entre los elementos Fe, Mn, Cr.

Oct 2016 y Ene 2017: se sitúa una unidad móvil para la medición de parámetros meteorológicos, a fin de comprobar cuáles eran los patrones de movimiento de las masas de aire en la zona. Velocidades de viento bajas (1 - 3 m/s) y las direcciones predominantes SE y S. Fuente cercana: los picos se producían en días de viento flojo.

Revisión actividad potencialmente contaminadora de la atmósfera (APCA) Se identificaron tres posibles fábricas como fuente.

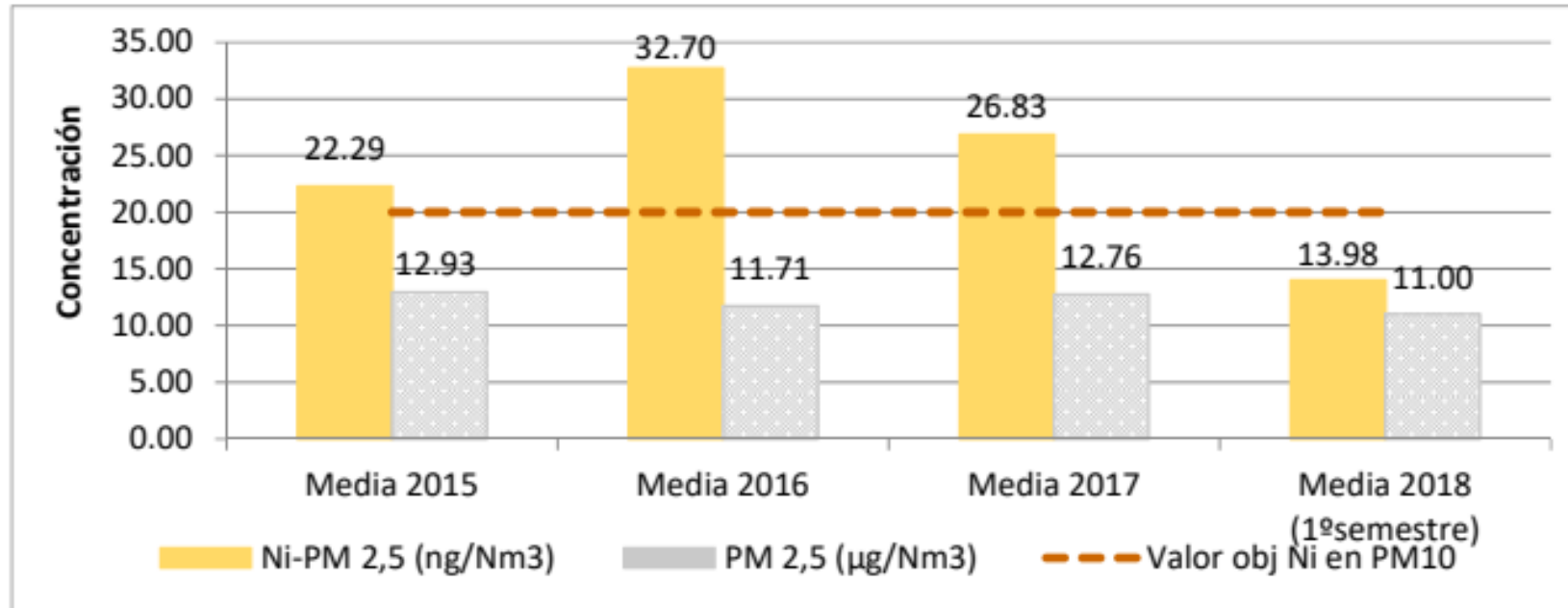
# El subtema del níquel



**Figura 2.-** Ubicación de los captadores (1- Beasain- Estación Fija; 2- Ordizia-Urdaneta (Punto INMA); 3- Ordizia-Baserri; 4-Ordizia-Bomberos; 5- Ordizia-Oianguren).

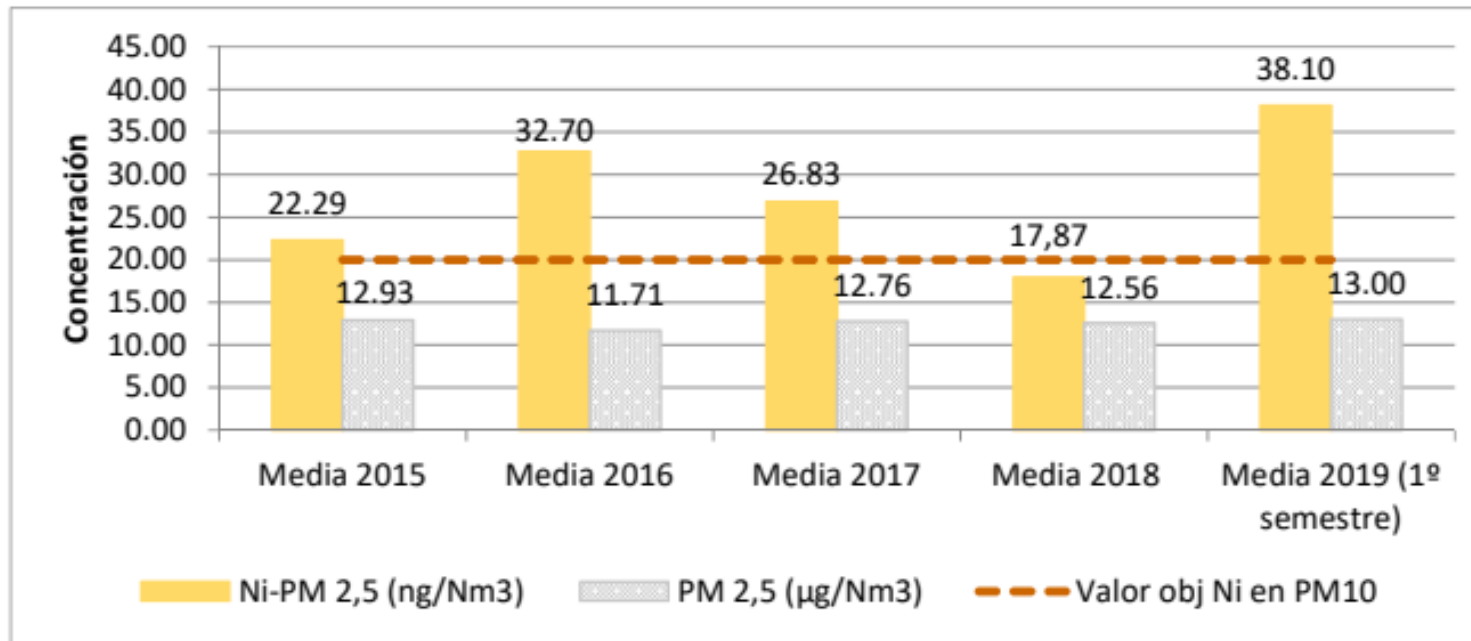
- Empresa ubicada en los municipios de Ordizia y Arama era una de las fuentes de emisión de níquel presentes en la zona.
- Instalación de captadores móviles internos.
- Remediación: nuevo filtrado, sustitución del aceite de grafito vejo, y plan de renovación del mismo cada 4 meses

- Evolución de Ni en PM<sub>2,5</sub> antes y después de la intervención



*Gráfico 1.- Evolución de las medias de Ni y PM<sub>2,5</sub> en el periodo 2015-primer semestre 2018, y comparación con el valor límite en PM<sub>10</sub>.*

## Evolución de Ni en PM<sub>2,5</sub> antes y después de la intervención



*Gráfico 2.- Evolución de las medias de Ni y PM<sub>2,5</sub> en el periodo 2015-primer semestre 2019, y comparación con el valor límite en PM<sub>10</sub>.*

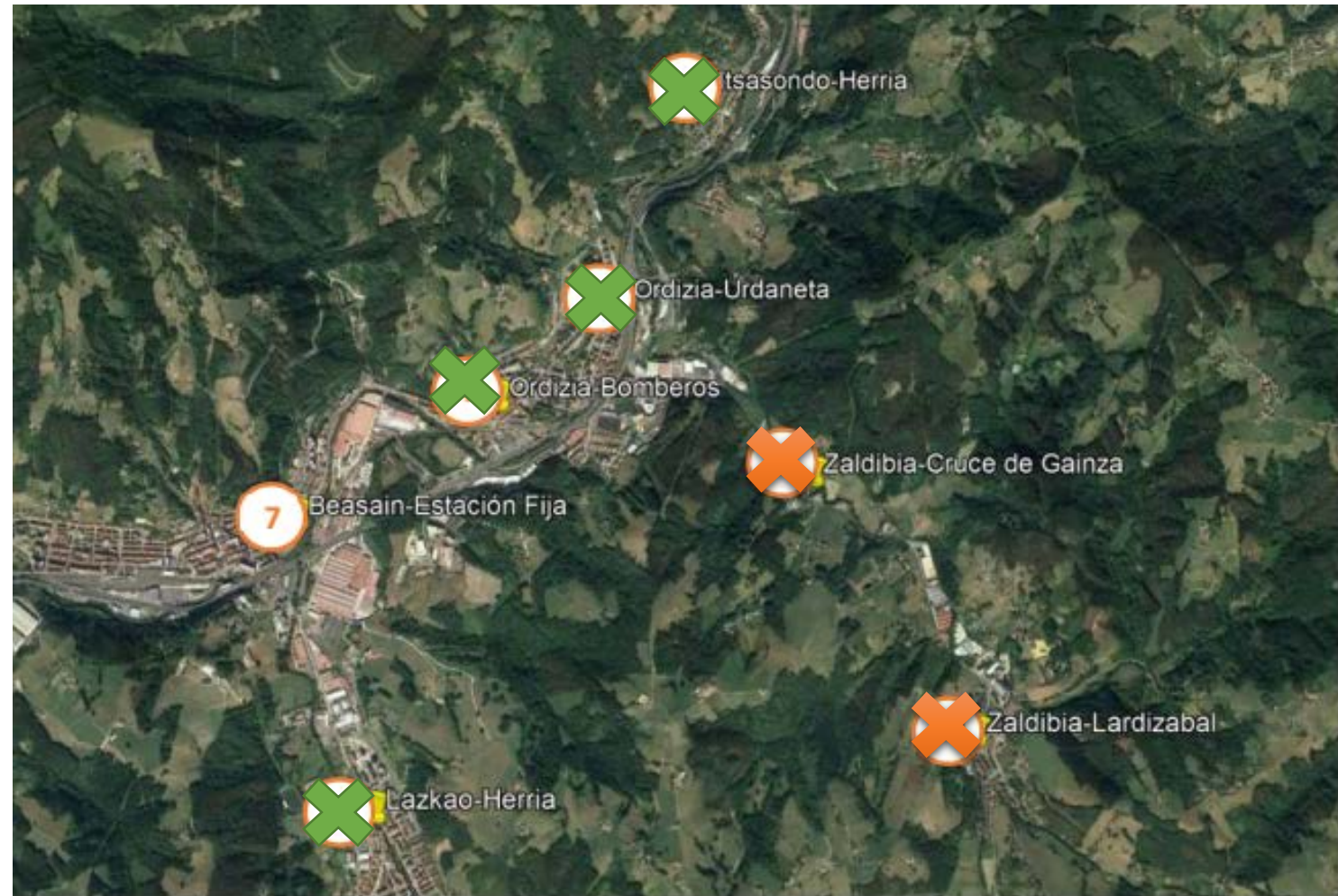
Octubre - diciembre de 2019 puesta en funcionamiento de sistemas de depuración, reduciendo la emisión de Ni en un 99%.

Mediciones de Ni en aceite identifican poca efectividad: aumento de la periodicidad del cambio, generando menos residuos.

# El subtema del níquel

Segunda triangulación de fuentes de exposición:

- Ampliación de captadores
- Nuevo listado APCA
- 2019: Fin Lazkao-Herria y Ordizia-Bomberos
- Zaldibia: registro de toda la actividad industrial
- Identificación de 4 empresas.



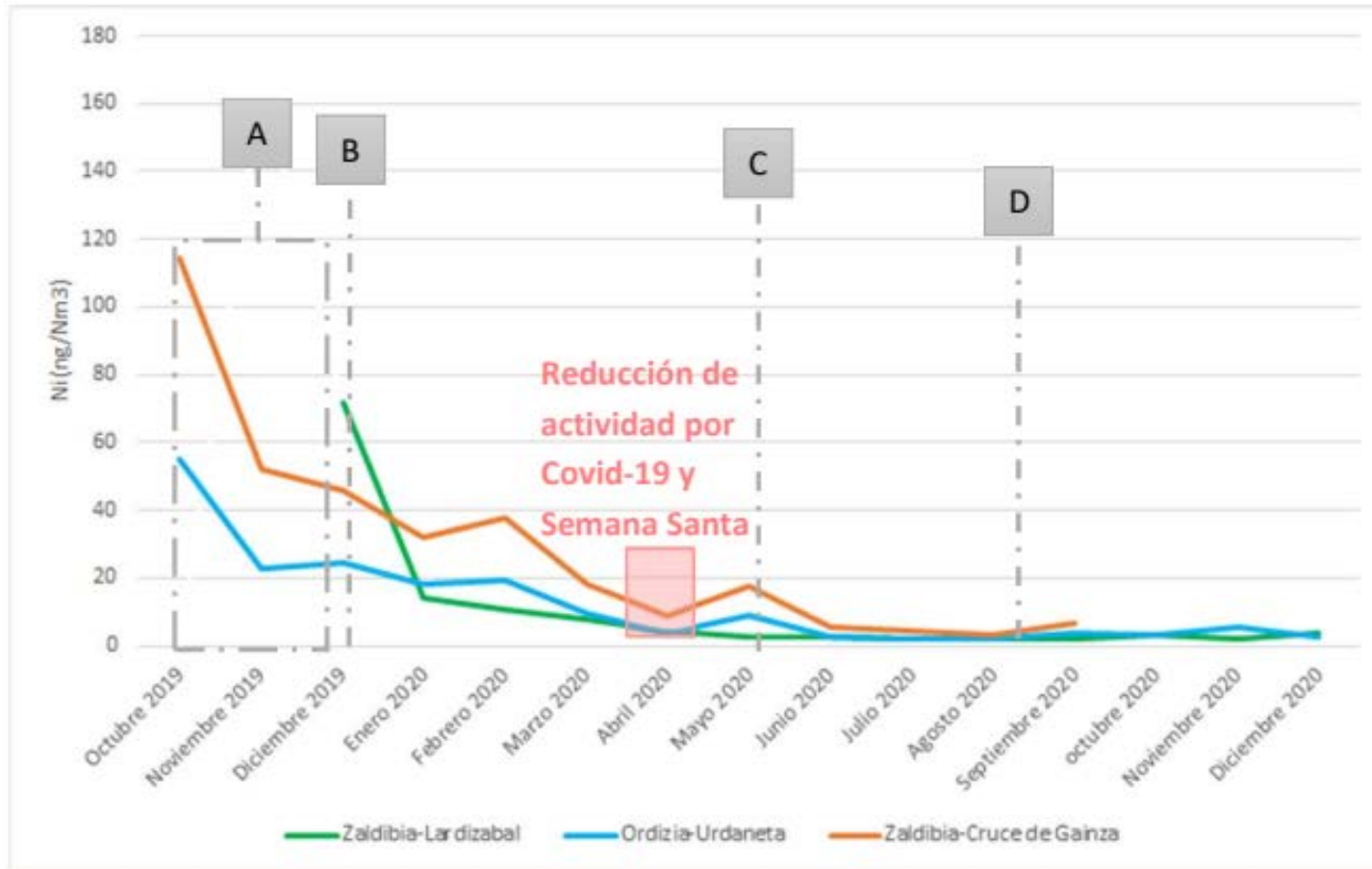
# El subtema del níquel



## Remediación:

- Análisis del material (>8% Ni?)
- Reducción de la actividad
- Identificación de los puestos de mayor contribución
- Mejora de las instalaciones de filtrado

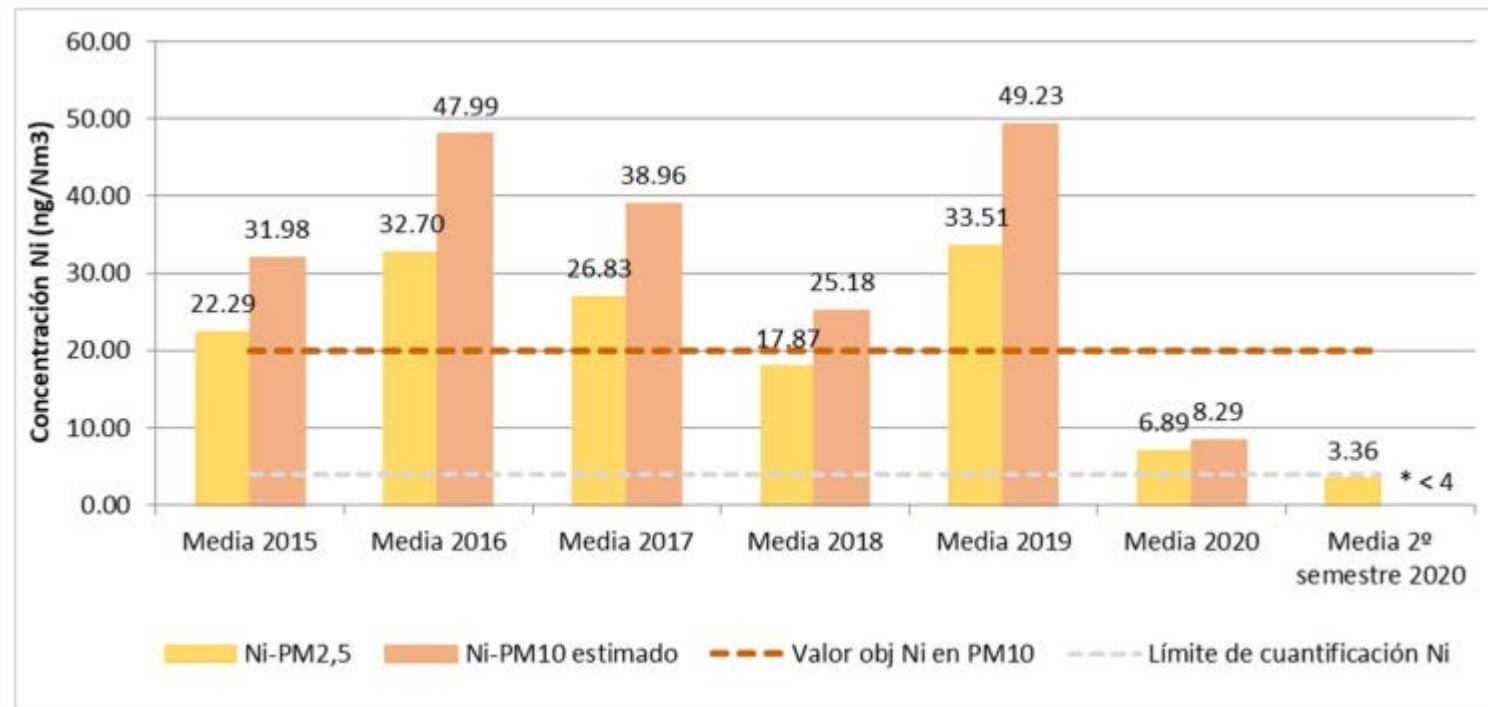
# El subtema del níquel



A	Implantación sistemas depuración sitio 1
B	Reducción carga trabajo sitio 2
C	Sistema depuración foco arco-aire sitio 2
D	Sistema depuración foco rebabado sitio 2

# El subtema del níquel

- Evolución de los niveles de Ni en aire pre y post intervenciones en los focos identificados.



- Valores altos de emisión de Ni en empresas que, por su actividad, no necesitan controlarlo según la legislación.
- Identificación de la actividad de corte de acero arco-aire como fuente de Ni en PM2,5
- Desarrollo de un plan para implementar medidas de filtración en todas las empresas de Euskadi que realicen esta actividad. Proyecto INOX Dpto. Medio Ambiente.
- Translación al Ministerio para la Transición Ecológica y el
- Reto Demográfico y a los órganos ambientales del resto de Comunidades Autónomas

# **PCDD/Fs y dl-PCBs en suero de población general antes y después de la puesta en marcha**

## LÍNEA 2

Sangre y orina  
de población  
general

## LÍNEAS 1 y 4 MONITOREO AMBIENTAL

Aire, suelo,  
alimentos

## LÍNEA 3 EFECTOS EN SALUD

### Biomonitorización

Niveles de dioxinas, furanos, dl-PCBs y metales en sangre y orina de la población general después de la puesta en marcha de la PVE y compararlos con los niveles antes de la puesta en marcha + control-Impacto





Environmental Research

Volume 236, Part 1, 1 November 2023, 116721



## Serum levels of PCDDs, PCDFs and dl-PCBs in general population residing far and near from an urban waste treatment plant under construction in Gipuzkoa, Basque Country (Spain)

Loreto Santa-Marina <sup>a b c</sup>, Amaia Irizar <sup>a d</sup>, Ziortza Barroeta <sup>a d</sup>  , Esteban Abad <sup>e</sup>, Aitana Lertxundi <sup>a b d</sup>, Jesús Ibarluzea <sup>a b c f</sup>, Jordi Parera <sup>e</sup>, Nerea Urbieta <sup>a</sup>, Elene Arruti <sup>a</sup>, Alba Jimeno-Romero <sup>a d</sup>, Miren Begoña Zubero <sup>a d</sup>

[Show more](#) 

- 154 participantes 18-70 años, coincidentes (expuestos/control)
  - Recogida de sangre y cuestionario
  - Determinación de niveles de PCDD/F y dl-PCB en suero
- Análisis de datos
  - Transformación de las concentraciones a WHO<sub>2005</sub> TEQ
  - Caracterización de los participantes
  - Análisis bivariante
  - Modelos de regresión lineal múltiple

- *Caracterización de los participantes*

Variable		ANTES N (%)	DESPUES N (%)
<b>Zona</b>	Zona 1	84 (54.55%)	
	Zona 2	70 (45.45%)	
<b>Edad (años)</b>		46.44 (12.56)*	49.88 (12.56)*
<b>Genero</b>	Hombre	72 (46.75%)	
	Mujer	82 (53.25%)	
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	18.5– 24.9 kg/m <sup>2</sup>	72 (46.75%)	66 (44.90%)
	25.0–29.9 kg/m <sup>2</sup>	48 (31.17%)	56 (38.11%)
	≥30.3 kg/m <sup>2</sup>	34 (22.08%)	25 (17.01%)
<b>Cambio de peso últimos 5 años</b>	Ganar peso	69 (45.39%)	48 (33.80%)
	Bajar peso	23 (15.13%)	37 (26.06%)
	Sin cambios	60 (39.47%)	57 (40.14%)
<b>Consumo de tabaco</b>	Si	90 (58.44%)	87 (58.00%)
	No	64 (41.56%)	63 (42.00%)
<b>Consumo de alcohol</b>	Si	137 (88.96%)	134 (88.74%)
	No	17 (11.04%)	17 (11.26%)
<b>Clase social</b>	Manual	70 (45.45%)	65 (44.83%)
	No manual	84 (54.55%)	80 (55.17%)

\*Media (SD)

Variable		ANTES N (%)	DESPUES N (%)
<b>Menopausia*</b>	Si	30 (36.59%)	38 (46.34%)
	No	52 (63.41%)	44 (53.66%)
<b>Paridad*</b>	Si	59 (74.68%)	60 (73.17%)
	No	20 (25.32%)	22 (26.83%)
<b>Lactancia*</b>	Si	54 (90.00%)	55 (91.67%)
	No	6 (10.00%)	5 (8.83%)
<b>Consumo de producto local</b>	Si	131 (87.33%)	122 (92.42%)
	No	19 (12.67%)	10 (7.58%)
<b>Leche local</b>	Si	37 (24.67%)	21 (20.39%)
	No	113 (75.33%)	82 (75.33%)
<b>Verdura local</b>	Si	117 (78.00%)	113 (90.40%)
	No	33 (22.00%)	12 (9.60%)
<b>Pollo local</b>	Si	92 (61.33%)	87 (76.32%)
	No	58 (38.67%)	27 (23.32%)

\*Sólo en el caso de las mujeres

- *Niveles de compuestos en sangre (pgTEQ/g grasa)*

Media Geométrica	
PCDD	4.68
PCDF	2.27
PCDD/F	7.00
dl-PCB	3.35
PCDD/F + dl-PCB	10.58

	ANTES (N=154)		DESPUES (N=154)		p
	MG (95% IC)	Mediana (P25-P75)	MG (95% IC)	Mediana (P25-P75)	
PCDD	4.68 (4.32; 5.08)	4.46 (3.29; 6.59)	5.12 (4.71; 5.57)	5.29 (3.85; 7.53)	<b>0.013</b>
PCDF	2.23 (2.09; 2.39)	2.19 (1.66; 3.05)	2.24 (2.05; 2.45)	2.13 (1.58; 3.44)	0.444
PCDD/F	6.97 (6.47; 7.50)	6.66 (5.07; 9.71)	7.40 (6.80; 8.05)	7.58 (5.41; 10.89)	<b>0.035</b>
dl-PCB	3.38 (3.06; 3.73)	3.55 (2.17; 4.96)	3.76 (3.38; 4.19)	3.64 (2.28; 6.35)	<b>0.004</b>
PCDD/F + dl-PCB	<b>10.56 (9.79; 11.40)</b>	10.60 (7.46; 14.97)	<b>11.47 (10.54; 12.48)</b>	11.62 (7.53; 17.04)	<b>0.012</b>

- *Modelo de regresión*

	TOTAL	PCDD ( <i>antilog.</i> )	PCDF ( <i>antilog.</i> )	dl-PCB ( <i>antilog.</i> )	PCDD/F + dl-PCB ( <i>antilog.</i> )
Periodo					
Antes					
Después					
Zona					
Zona 2		0 (Ref.)		0 (Ref.)	0 (Ref.)
Zona 1		1.19 (1.01-1.19)		1.28 (1.02-1.28)	1.18 (1.01-1.18)
Periodo x zona					
Antes x Zona 2					
Después x Zona 1					
Sexo					
Mujer				0 (Ref.)	
Hombre				1.23 (1.03-1.23)	
Cambio de peso últimos 5 años					
Sin cambios		0 (Ref.)			
Ganar peso		0.98 (0.86-0.98)			
Bajar peso		1.19 (1.02-1.19)			
Consumo de producto local					
No			0 (Ref.)		
Si			1.21 (1.01-1.21)		
R <sup>2</sup>	0.467	0.477	0.566	0.544	

- *Los niveles de PCDD/F+dl-PCB en sangre no muestran diferencias significativas entre zonas y periodos*
- *Los niveles son similares a los referidos en otros estudios realizados en diferentes países en población no expuesta.*
- *¿Por qué hay valores más altos en los consumidores de producto local? El tema del suelo.*

## LÍNEAS 1 y 4 MONITOREO AMBIENTAL

Aire, suelo,  
alimentos

## LÍNEA 2

Sangre y orina  
de población  
general

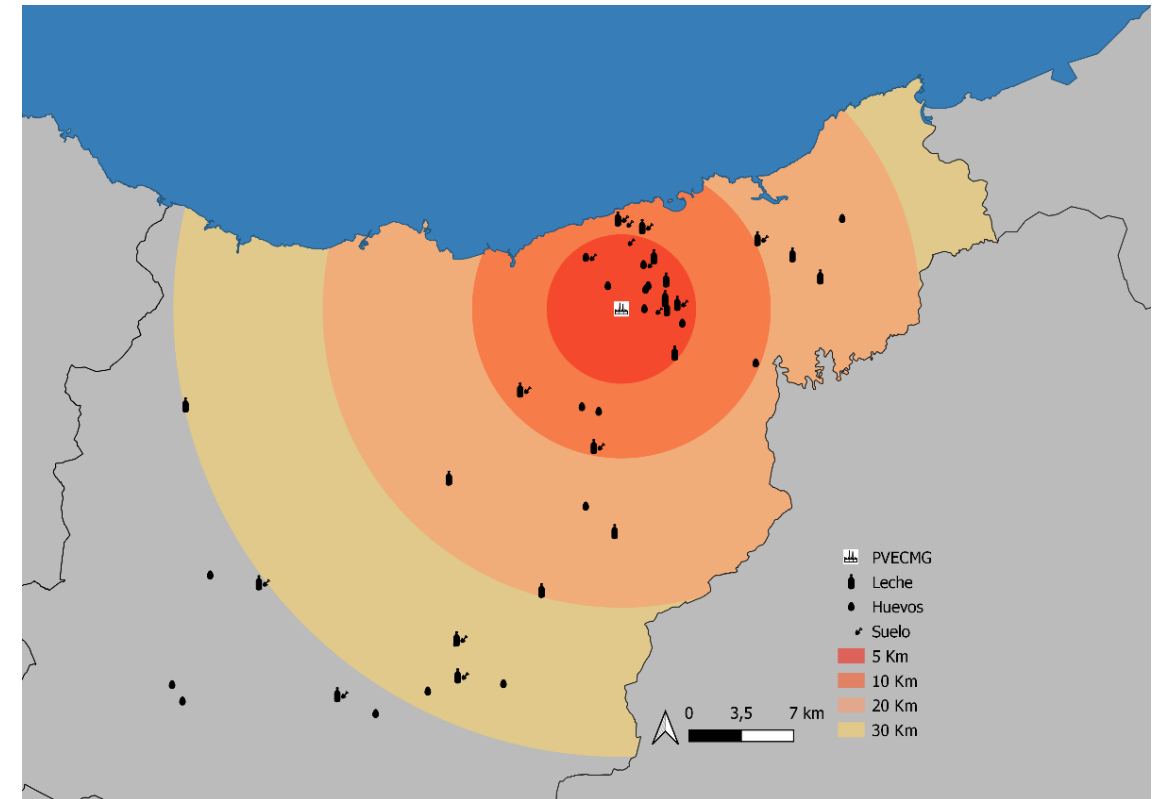
## LÍNEA 3 EFECTOS EN SALUD

### ALIMENTOS Y SUELO:

Analizar la variación espaciotemporal de PCDD/Fs y dl-PCBs en alimentos de producción local y en suelo.

Muestreo:

- Oct-Nov 2019, 25 muestras (6 muestras de leche de producción local, 5 de huevos de producción local y 14 muestras de suelo)
- Nov-Dic 2021, 54 muestras (21 muestras de leche de producción local, 17 de huevos de producción local y 16 de suelo)
- Jun-Ag 2022, 57 muestras (22 muestras de leche de producción local, 18 de huevos de producción local y 17 de suelo).



Las muestras se analizaron en el Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua–CSIC (IDAEA-CSIC) según procedimiento acreditado por ENAC.

# Resultados

	PCDD/F		dl-PCB		PCDD/F+dl-PCB	
<b>Leche</b>	<i>Coef. (antilog)</i>	<i>p-valor</i>	<i>Coef. (antilog)</i>	<i>p-valor</i>	<i>Coef. (antilog)</i>	<i>p-valor</i>
<b>Año</b>						
2019 (Ref.)	0.447	<0.001	0.372	<0.001	0.829	0.115
2021	1.010	0.832	1.101	0.714	1.077	0.580
2022	1.052	0.286	1.097	0.732	1.099	0.497
2023	1.046	0.336	1.182	0.531	1.131	0.370
<b>Zona</b>						
Control (ref.)	0.462	<0.001	0.412	<0.001	0.901	0.057
Expuesta	0.997	0.895	1.006	0.965	1.006	0.939
<b>Huevos</b>						
<b>Año</b>						
2019 (Ref.)	0.259	<0.001	0.110	<0.001	0.378	<0.001
2021	1.300	0.336	1.501	0.397	1.411	0.261
2022	1.375	0.252	0.913	0.852	1.279	0.427
2023	1.179	0.549	1.116	0.819	1.213	0.530
<b>Zona</b>						
Control (ref.)	0.289	<0.001	0.101	<0.001	0.398	<0.001
Expuesta	1.238	0.140	1.534	0.094	1.424	0.027
<b>Suelo</b>						
<b>Año</b>						
2019 (Ref.)	1.059	0.724	0.392	<0.001	-	-
2021	1.373	0.182	0.964	0.906	-	-
2022	1.489	0.095	1.286	0.411	-	-
2023	1.684	0.030	1.202	0.547	-	-
<b>Zona</b>						
Control (ref.)	1.539	0.001	0.371	<0.001	-	-
Expuesta	0.869	0.418	1.331	0.186	-	-

Según los modelos lineales generalizados (GLM), las muestras de leche para PCDD/Fs, dl-PCBs y PCDD/Fs+dl-PCBs, no muestran cambios entre la zona expuesta y la zona control, ni a lo largo de los años.

Sin embargo, en el caso de las muestras de huevos, se observa que en la zona expuesta la concentración de PCDD/Fs+dl-PCBs es **1.424** veces mayores que en la zona control.

Las muestras de suelo muestran cambios a lo largo de los años, siendo **1.684** veces mayores en el año 2023 frente al año 2019

## Resultados respecto a normativa

Real Decreto 1259/2011			
Tipo de muestra	Contaminante	Límite (pg OMS-TEQ/g grasa)	% de muestras > Límite
Leche	PCDD/Fs	2.50	0.00
	PCDD/Fs + dl-PCB	5.50	0.00
Huevos	PCDD/Fs	2.50	0.00
	PCDD/Fs + dl-PCB	5.00	0.00
Recomendación 2013/711/EU			
Tipo de muestra	Contaminante	Nivel de acción (pg OMS-TEQ/g grasa)	% de muestras > Nivel de acción
Leche	PCDD/Fs	1.75	0.00
	dl-PCB	2.00	0.00
Huevos	PCDD/Fs	1.75	0.00
	dl-PCB	1.75	0.00
Federal Soil Protection and Contaminated Sites Ordinance (BBodSchV)			
Tipo de muestra	Contaminante	Valor umbral (pg I-TEQ/g ms)	% de muestras > Valor umbral
Suelo	PCDD/Fs	5.00	4.16
Real Decreto 9/2005			
Tipo de muestra	Contaminante	Valor umbral (mg/kg)	% de muestras > Valor umbral
Suelo	dl-PCB	0.01	0.00

- Suelo: Real Decreto 9/2005, 0,01 mg/kg PCBs suelos de uso no urbano e industrial. Media de las muestras 0,000605 mg/kg
- **En España no existe un límite reglamentado para PCDD/Fs**, se toma como referencia 5 pg I-TEQ/g ms (Alemania).
- Leche y huevos: media de las muestras, PCBs 0,000245 mg/kg.

LECHE					
ID	Zona	Año	PCDD/Fs (pg OMS-TEQ/g grasa)	DL-PCBs (pg OMS-TEQ/g grasa)	PCDD/Fs+DL-PCBs (pg OMS-TEQ/g grasa)
ZE025	Expuesta	2021	0.46±0.11	12.80±2.20	13.30±2.30
		2022	0.69±0.17	8.10±1.40	8.80±1.50
HUEVOS					
ID	Zona	Año	PCDD/Fs (pg OMS-TEQ/g grasa)	DL-PCBs (pg OMS-TEQ/g grasa)	PCDD/Fs+DL-PCBs (pg OMS-TEQ/g grasa)
ZA014	Expuesta	2022	0.90±0.22	7.20±1.20	8.10±1.40
		2023	0.80±0.20	6.03±1.02	6.83±1.16

Límite para PCDD/Fs + dl-PCB establecido para leche cruda y productos lácteos (5,5 pg/g grasa) en el Reglamento (UE) 1259/2011.

- El valor de referencia establecido por la OMS de la ingesta diaria tolerable (IDT) (**2 pg TEQ/Kg de peso y día**).

- $$\frac{13.3 \text{ pg TEQ PCDDF+dlPCB}}{492.1 \text{ pg TQ PCDDF+dlPCB}} \times \frac{3.7 \text{ g grasa de leche}}{100 \text{ g de leche}} \times \frac{1000 \text{ g de leche}}{1 \text{ Kg de leche}} =$$
  
$$\frac{13.3 \text{ pg TEQ PCDDF+dlPCB}}{1 \text{ Kg de leche}}$$

- Se ha calculado la ingesta diaria de equivalentes tóxicos considerando una ingesta de leche de 300 g al día (González-Moreno, 2006) y un peso corporal de 70 kg.

- $$\frac{492.1 \text{ pg TEQ PCDDF+dl-PCB}}{1 \text{ Kg de leche}} \times \frac{0.3 \text{ Kg de leche}}{70 \text{ Kg persona} \times \text{día}} = \frac{2.1 \text{ pg TEQ PCDDF+dl-PCB}}{\text{Kg persona} \times \text{día}}$$

Las dos muestras de leche venían del mismo productor y fueron recogidas después de la puesta en funcionamiento de la planta en el 2021 y 2022. No había muestra anterior a la puesta en funcionamiento de la planta.

Se contactó con el productor y se le informó de los resultados.

**La investigación determinó la existencia de una fuente de contaminación local en la explotación como consecuencia de una actividad específica de vertido de materiales contaminados.**

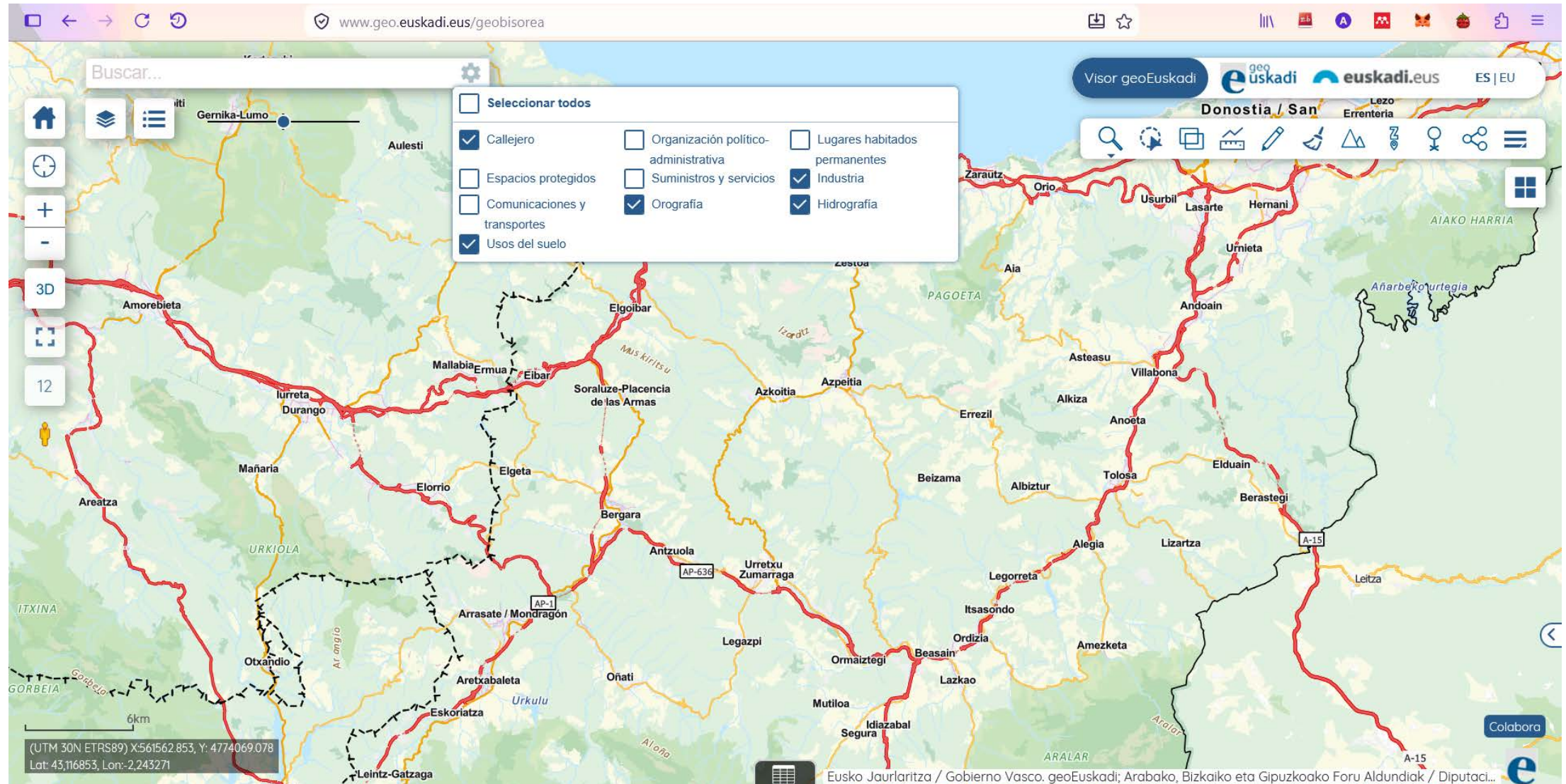
Las dos muestras de huevos, en el mismo productor, daban valores elevados de dl-PCBs en 2022 y 2023.

Una muestra anterior recogida en el 2021 presentaba niveles bajos de dl-PCBs, produciéndose el aumento posteriormente. ¿Causa?

Las gallinas eran las mismas que en 2021. Teniendo en cuenta que las aves de corral ingieren entre 11 y 30 g de tierra cada día el suelo constituye el 8 % de la dieta, dado que las gallinas en 2023 tenían al menos 3 años, habrían ingerido aproximadamente 12kg de tierra. Bioacumulación a lo largo del tiempo de PCBs presentes en el suelo.

**Factores culturales: quema de residuos mixtos en la propiedad. Falta de guía de buenas prácticas para la quema de residuos agrícolas.**

# Resultados



2022



1984



- Los resultados muestran concentraciones de PCDD/Fs, dl-PCBs y PCDD/Fs + dl-PCBs inferiores a los límites reglados por el gobierno de España y las recomendaciones realizadas por la Comisión Europea.
- A su vez, los niveles obtenidos son inferiores o similares a los obtenidos en otros estudios realizados a nivel nacional, europeo o mundial.
- Los resultados de las muestras de leche han sido similares en ambas zonas, mientras que los resultados de los huevos han sido ligeramente mayores en la zona expuesta que en la zona control.
- Tendencia creciente en el nivel de PCDD/Fs en suelo a lo largo del tiempo.

- Santa-Marina, L., Barroeta, Z., Irizar, A., Jiménez, B., Gonzalez, P., Muñoz-Arnanz, J., ... & Lertxundi, A. (2025). Assessment of PCDD/F and dl-PCB levels in air before and after the start-up of an energy recovery plant in northern Spain. *Environmental Pollution*, 127371.
- Errasti, N., Lertxundi, A., Barroeta, Z., Alvarez, J. I., Ibarluzea, J., Irizar, A., ... & García-Baquero, G. (2024). Temporal change and impact on air quality of an energy recovery plant using the M-BACI design in Gipuzkoa. *Chemosphere*, 363, 142809.
- Santa-Marina, L., Irizar, A., Lertxundi, A., Urbietta, N., Barroeta, Z., Jimeno-Romero, A., ... & Ibarluzea, J. (2024). Approach for assessing the influence of an Energy Recovery plant: A case study in Gipuzkoa (Basque Country, Spain). *Revista de Salud Ambiental*, 24(1), 54-63.
- Santa-Marina, L., Irizar, A., Barroeta, Z., Abad, E., Lertxundi, A., Ibarluzea, J., ... & Zubero, M. B. (2023). Serum levels of PCDDs, PCDFs and dl-PCBs in general population residing far and near from an urban waste treatment plant under construction in Gipuzkoa, Basque Country (Spain). *Environmental research*, 236, 116721.
- Santa-Marina, L., Barroeta, Z., Irizar, A., Alvarez, J. I., Abad, E., Muñoz-Arnanz, J., ... & Lertxundi, A. (2023). Characterization of PCDD/F and dl-PCB levels in air in Gipuzkoa (Basque Country, Spain). *Environmental research*, 228, 115901.

# ¡Muchas gracias!



**bto**

**BIOGIPUZKOA**

EUSKAL  
OSASUN  
IKERKUNTZA  
INVESTIGACIÓN  
VASCA  
EN SALUD  
BASQUE  
HEALTH  
RESEARCH

Contact: [ziortza.barroeta@ehu.es](mailto:ziortza.barroeta@ehu.es)