

PRIORIZACIÓN SITIOS CONTAMINADOS CON MERCURIO

FERNANDO



Centro de Investigación Aplicada en Ambiente y Salud
Facultad de Medicina - CIACYT

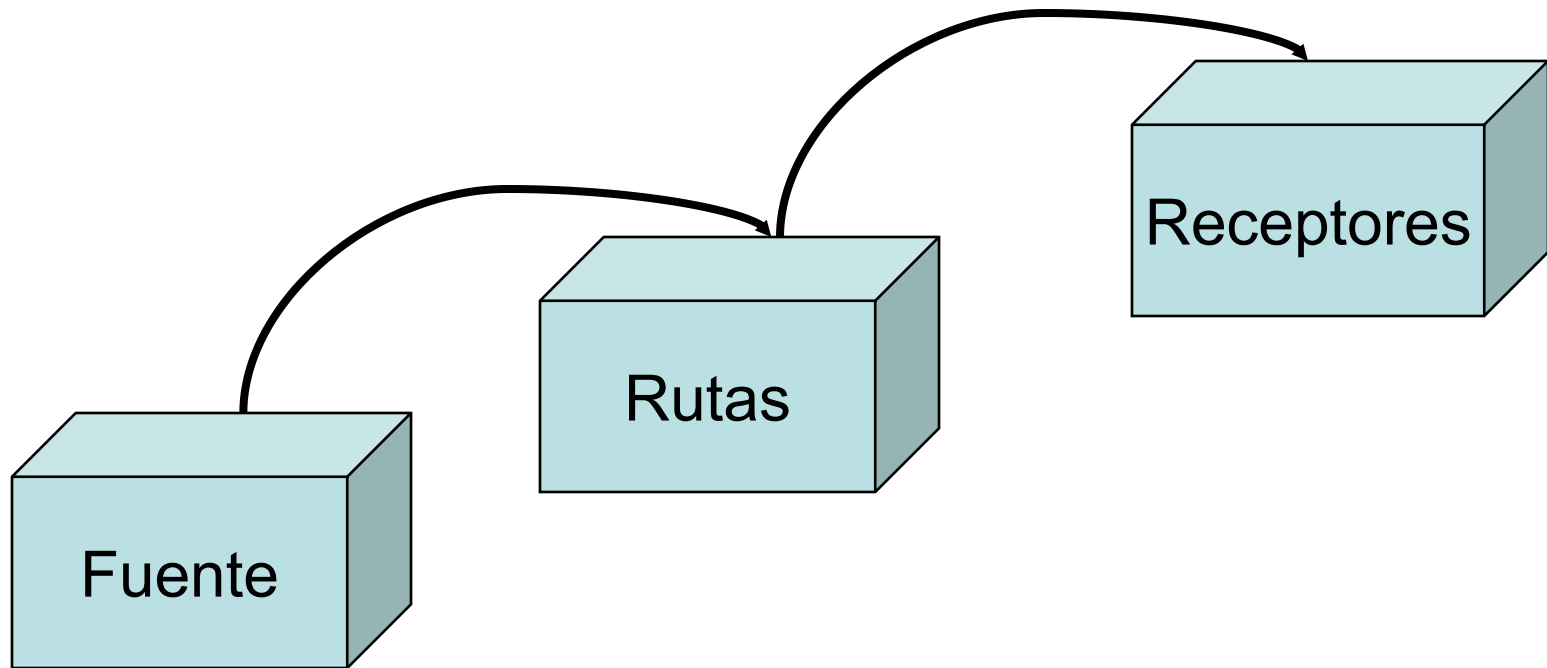


Centro Colaborador en Evaluación de Riesgos
en Salud y Salud Ambiental Infantil

CICLO DEL MERCURIO EN LA BIOSFERA



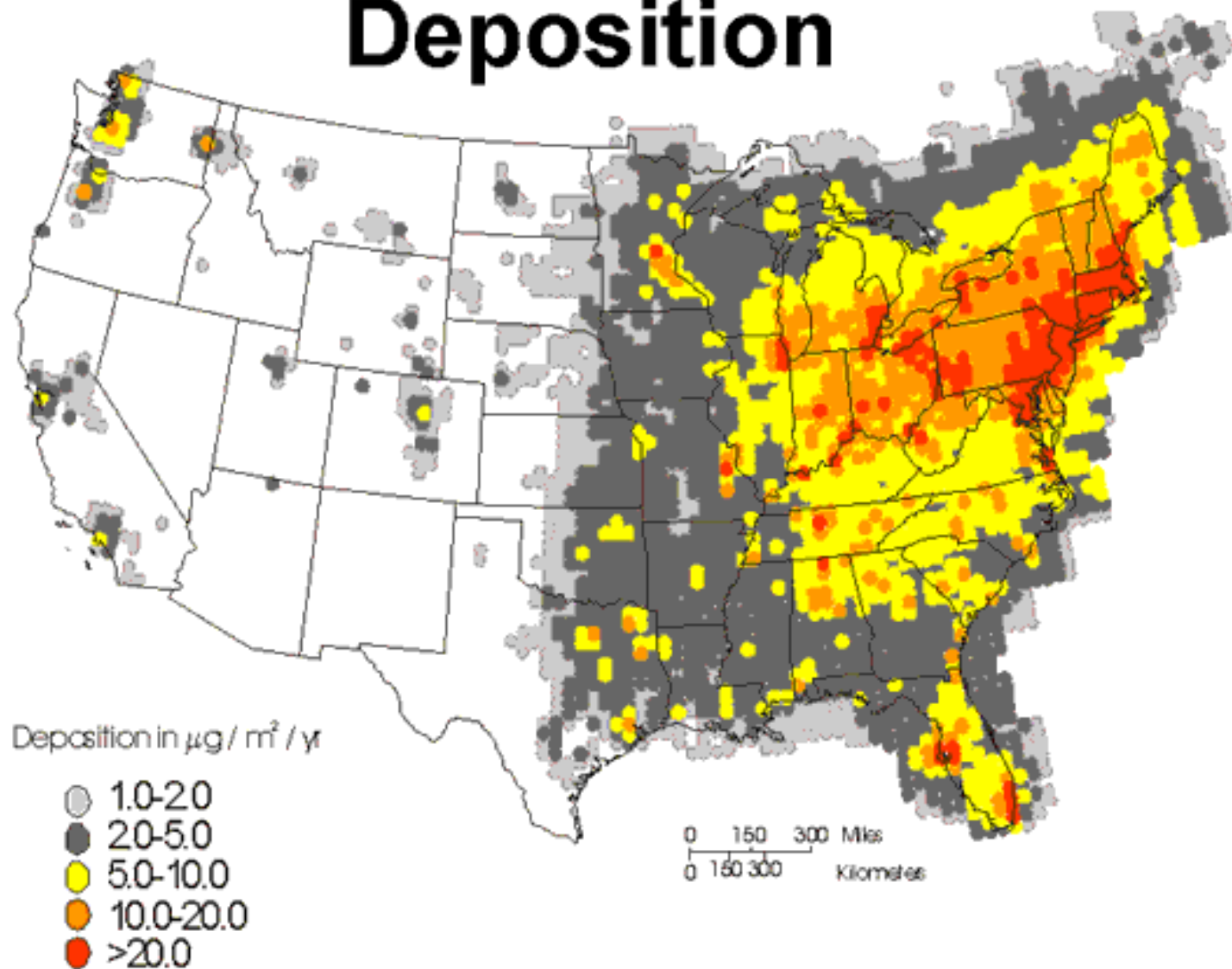
Elementos Necesarios para Estimar el Riesgo en Salud



RUTAS DE EXPOSICIÓN

- 1. Fuente de Contaminación**
- 2. Medio Ambiental**
- 3. Puntos de Exposición**
- 4. Vías de Exposición**
- 5. Población Receptora**

National Atmospheric Hg Deposition



SITIO CONTAMINADO VS EMERGENCIA AMBIENTAL

EN LA EMERGENCIA:

- MUCHA CONTAMINACIÓN
- MUCHAS PERSONAS EXPUESTAS
- MUCHO RIESGO
- NO SE PUEDE ESPERAR PARA LA INTERVENCIÓN

SITIO CONTAMINADO VS EMERGENCIA AMBIENTAL

EN LA EMERGENCIA:

- MUCHA CONTAMINACIÓN
- MUCHAS PERSONAS EXPUESTAS
- MUCHO RIESGO
- NO SE PUEDE ESPERAR PARA LA INTERVENCIÓN

ALGUNOS SITIOS CONTAMINADOS SON EMERGENCIAS

SIMPLEMENTE NUNCA SE ATENDIÓ LA EMERGENCIA

EMERGENCIAS





**REPORTE DE LA CONTINGENCIA AMBIENTAL
POR DERRAME DE MERCURIO ELEMENTAL
EN LA FACULTAD DE MEDICINA**

**PROGRAMA SALUD AMBIENTAL EN
NIVELES DE EMERGENCIA
(SANE)**

**DEPARTAMENTO DE TOXICOLOGÍA AMBIENTAL
FACULTAD DE MEDICINA
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ**





PELIGRO
AREA
CONTAMINADA

NO
UTILIZAR
ELEVADOR
¡PELIGRO!



SE DETECTARON VAPORES DE MERCURIO EN TODO EL EDIFICIO











Figura 13. Limpieza con tiosulfato de sodio al 20%.

INSTALACIÓN	VIERNES 15 ABRIL		MARTES 19		VIERNES 22	
	VALOR PROMEDIO	VALOR MÁX	VALOR PROMEDIO	VALOR MÁX	VALOR PROMEDIO	VALOR MÁX
Elevador	0.023	0.027	0.015	0.015	0.005	0.009
Área Próxima al Elevador	0.013	0.015	0.017	0.031	0.004	0.007
Área Próxima a la Bodega	0.042	0.082	0.020	0.054	0.005	0.008
Bodega	0.089	0.123	0.010	0.014	0.006	0.012
Aula A	0.009	0.019	ND	ND	ND	ND

mg/m³

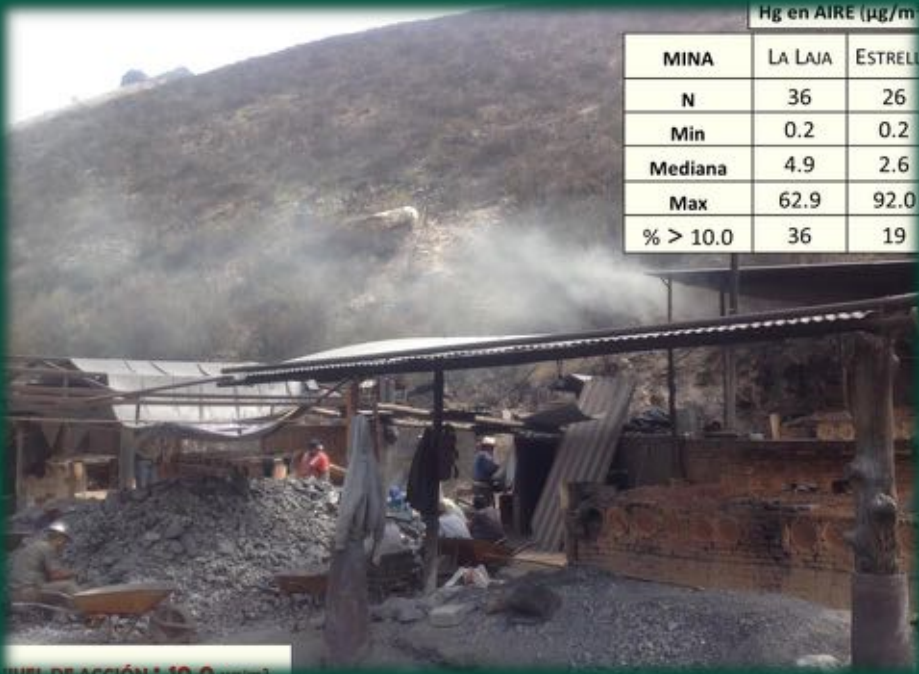
0.010

SITIOS CONTAMINADOS





CAMARGO



NIVEL DE ACCIÓN 10.0 µg/m³

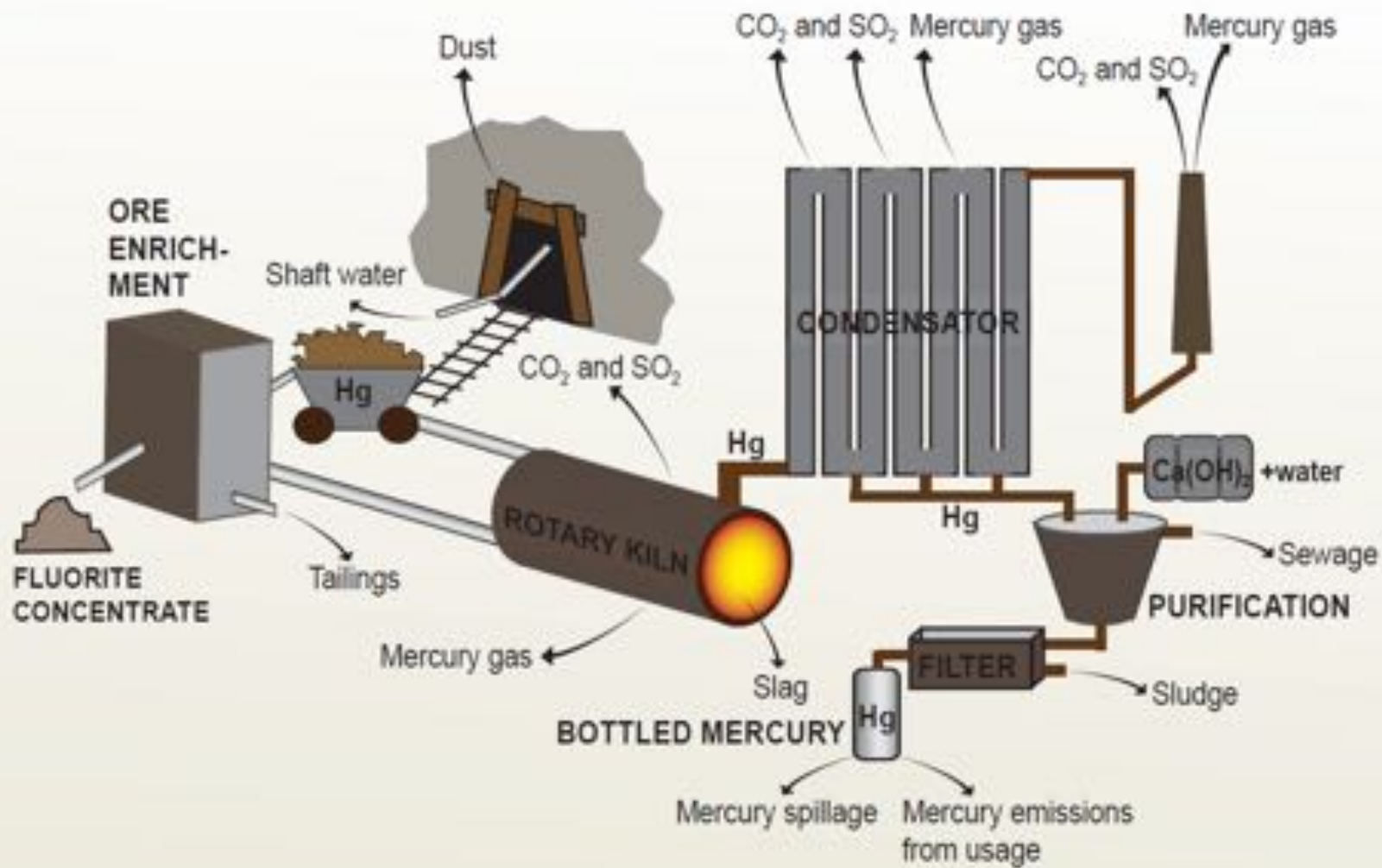


NORMA: 23 ppm





PLAZUELA



33,589.0 mg Hg/kg

23 mg/kg

7,864.0 mg/kg

101.0 $\mu\text{g/L}$

6.0 $\mu\text{g/L}$

4,473.0 mg/kg

MERCURIO URINARIO ($\mu\text{g/g Cr}$)

Grupo	NIÑOS	MUJERES
N	5	3
Media	22	39
Mínimo	6	20
Percentil 25	13	20
Mediana	22	35
Percentil 75	31	63
Máximo	37	63
ACCIÓN	5	5
RIESGO	20	20



SAN FRANCISCO

TRASPATIOS



Llano de San Francisco	SOIL
Contaminante	
Hg (mg/kg)	13,945
As (mg/kg)	4,390
Media	
Hg en suelo residencial= 23 mg/kg	
As en suelo residencial= 22 mg/kg	

NIVELES DE MERCURIO Y ARSÉNICO EN AGUA

Sitio	Id.	Uso del agua	Hg ($\mu\text{g/L}$)	As ($\mu\text{g/L}$)
Llano de San Francisco	Rotoplas Primaria "Fco. I. Madero"	Potable	ND	41.6
	Pipa	Potable	1.0	39.4
	Antes del filtro	Potable	1.0	20.0
	Después del filtro	Potable	1.0	27.4
	Manantial (sin nombre)	Potable	ND	59.9
	Manantial "El Manzanar"	Potable	ND	71.1
	Manantial "Chinillal"	Potable	7.1	50.9
	Manantial "La Joya"	Potable	1.0	15.1
	CEA Sistema nuevo "La Vaca"	Potable	1.0	26.4

ND: No Detectable

Valor de referencia para Hg en agua de uso y consumo humano= 1.0 $\mu\text{g/L}$

Valor de referencia para As en agua de uso y consumo humano= 10.0 $\mu\text{g/L}$

MERCURY AND ARSENIC IN URINE

Sitio	Parámetro	NIÑOS		MUJERES	
		Hg ($\mu\text{g/g cre}$)	As ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/g cre}$)	As ($\mu\text{g/L}$)
San Francisco	n	37	37	5	5
	MIN	1.1	4.5	1.3	4.5
	MEDIAN	10.1	16.5	4.7	47.9
	MAX	233.7	168.7	10.1	185.3
	% > V. R.	68	73	40	60

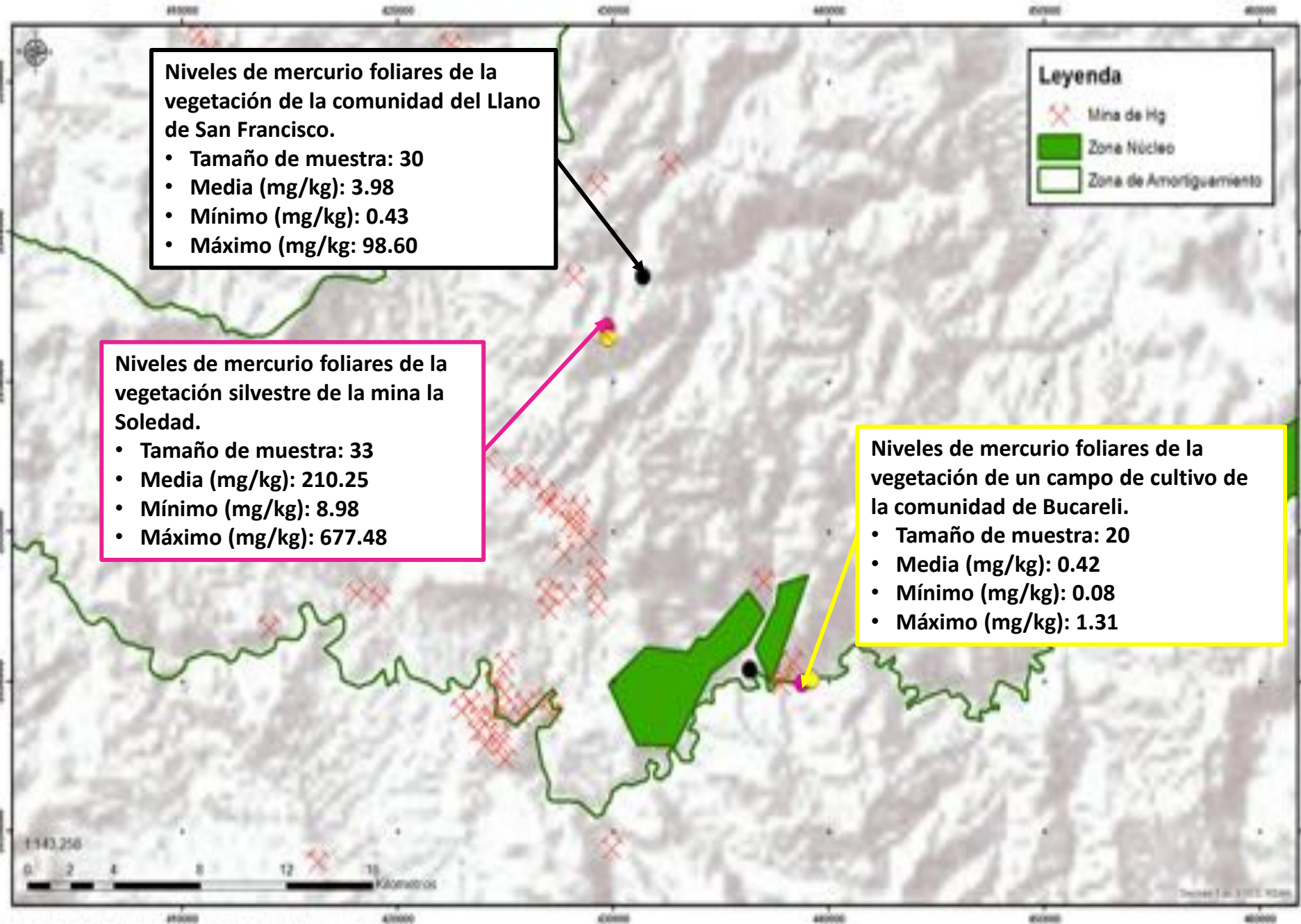
Valor de referencia (V. R.) para Hg= 5.0 $\mu\text{g/g cre}$

Valor de referencia (V. R.) para As= 10.0 $\mu\text{g/L}$



Llano San Francisco	SEDIMENT
PARAMETER	n = 2
Hg (mg/kg)	2472
As (mg/kg)	2412

Vegetación en la Reserva de la Biosfera Sierra Gorda que está expuesta a Hg







LA TAPONA



Tabla 1. Niveles de mercurio total en suelo (mg/kg). Muestreo 1.

Folio	Nivel de Hg
Suelo 1 (Mina)	123 ★
Suelo 2 (Cercano a la mina)	16
Suelo 3 (Cercano a la mina)	1
Suelo 4 (Agrícola, cultivo de avena)	1
Suelo 5 (Residencial, año y medio sin quemar)	46 ★
Suelo 6 (Residencial, sin horno)	0.1
Suelo 7 (Residencial, con horno)	138 ★
Suelo 8 (Residencial, sin horno)	0.6
Suelo 9 (Residencial, sin horno)	12

NORMA = 23 mg/kg

Tabla 1. Resultados de Mercurio en Orina

Folio	Edad (años)	Sexo	Muestreo 1 Nivel de Hg ($\mu\text{g/g}$ creatinina)	Muestreo 2 Nivel de Hg ($\mu\text{g/g}$ creatinina)
M17	3	F	-	265.73
M1	5	M	0.32	-
M18	6	F	-	94.80
M2	7	F	85.64	16.54
M19	7	F	-	94.92
M3	8	M	21.92	-
M4	8	M	26.24	-
M5	9	M	55.32	32.73
M20	10	F	-	6.32
M6	13	M	92.21	30.55
M7	21	M	64.92	-
M8	26	M	10.97	-
M9	30	M	47.09	-
M21	31	F	-	6.22
M10	32	M	34.52	-
M11	36	M	29.89	22.69
M12	37	M	29.62	-
M22	38	F	-	79.79
M13	40	M	0.20	-
M14	44	F	50.85	21.56
M15	55	M	40.06	12.53
M16	73	M	25.88	-

94 $\mu\text{g/g creat}$



DETECCIÓN DE COMUNIDADES
MONITOREO DE AIRE
PRIORIZACIÓN
EVALUACIÓN DEL RIESGO
INTERVENCIÓN
DESARROLLO

79 $\mu\text{g/g creat}$



138 mg/kg



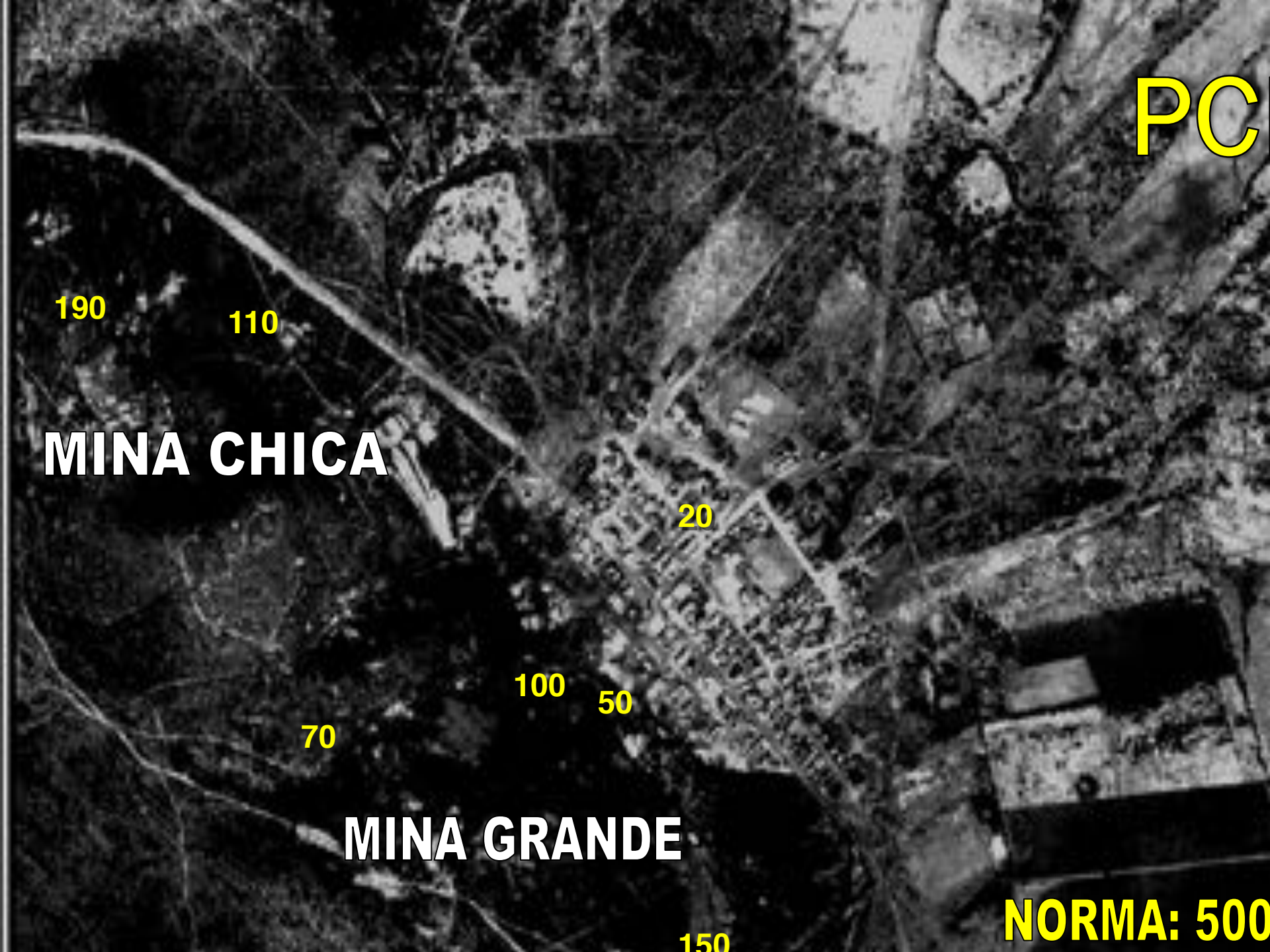
NUEVO MERCURIO



**San Felipe Nuevo Mercurio
Zacatecas**



15 12:14 PM



PC

190

110

MINA CHICA

20

100

50

70

MINA GRANDE

150

NORMA: 500

Concentración de PCBs en suero de individuos habitantes de San Felipe Nuevo Mercurio (ppb = $\mu\text{g/L}$).

PCB	Adultos n = 5	Niños n = 7	NHANES niños	NHANES adultos
28	28.8 (10.0 - 54.0)	5.4 (2.3 - 10.2)	nd	nd
118	9.6 (4.9 - 21.3)	5.8 (nd - 20.6)	Percentil 50 nd Percentil 75 13.1	Percentil 50 nd Percentil 75 14.7

MINA CHICA

MINA GRANDE

Legend

mercurio inorganico (ppm)



Mercurio en Orina

Niño	Concentración Hg ng/ml
2	4.1
3	3.4
4	4.2
5	16.3
8	7.2
10	4.2
11	32.2
12	10.1
13	7.5
14	4.5
34	3.2

11 / 35

Menor de 5.0 ng/ml



RESTAURACIÓN PARCIAL



CEDRAL

Hacienda de beneficio



Hacienda de beneficio método de patio de Proaño, Zacatecas, (Gualdi. 1840)

Beneficio de las minas del Reino de México 1690-1799

85 mil Toneladas de Hg

*Humboldt, 2004:388

**Brading , 2004:191



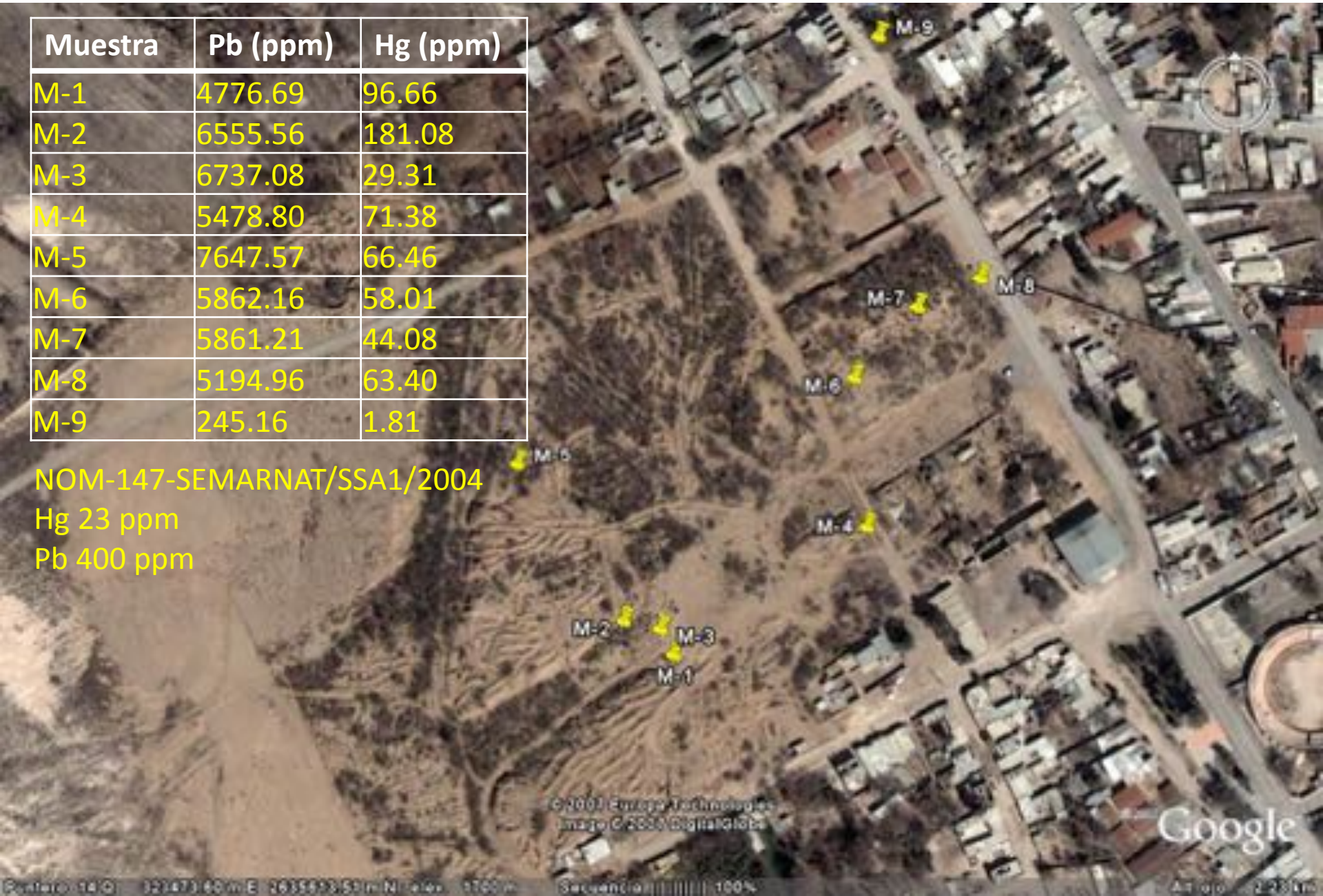
Jales Cedral

Muestra	Pb (ppm)	Hg (ppm)
M-1	4776.69	96.66
M-2	6555.56	181.08
M-3	6737.08	29.31
M-4	5478.80	71.38
M-5	7647.57	66.46
M-6	5862.16	58.01
M-7	5861.21	44.08
M-8	5194.96	63.40
M-9	245.16	1.81

NOM-147-SEMARNAT/SSA1/2004

Hg 23 ppm

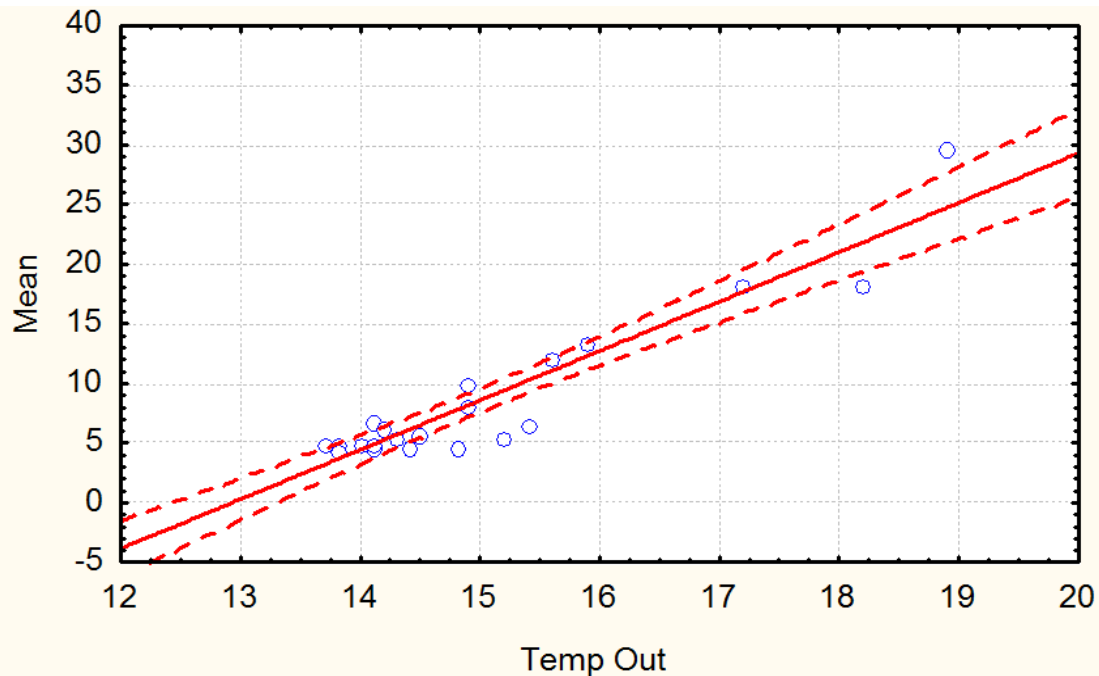
Pb 400 ppm



ID muestra	Pb (ppm)	Hg (ppm)
M1	4605.8	168
M3	365.56	6.28
M4 polvo	788.76	18.23
M6	371.96	8.53
M7 polvo	4225.46	28.96
M8	337.86	8.38
M9polvo	152.71	2.4
M9polvo	195.21	2.2
M9polvo	195.73	2.66

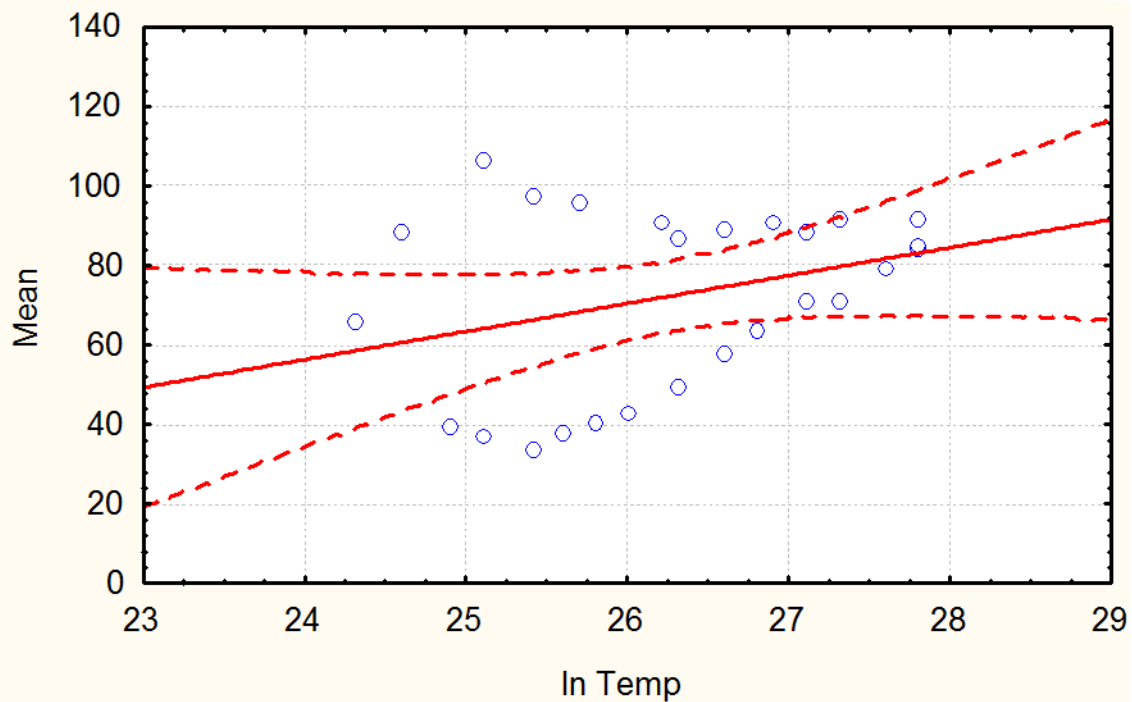


exterior



ng/m³

interior





ZACATECANA







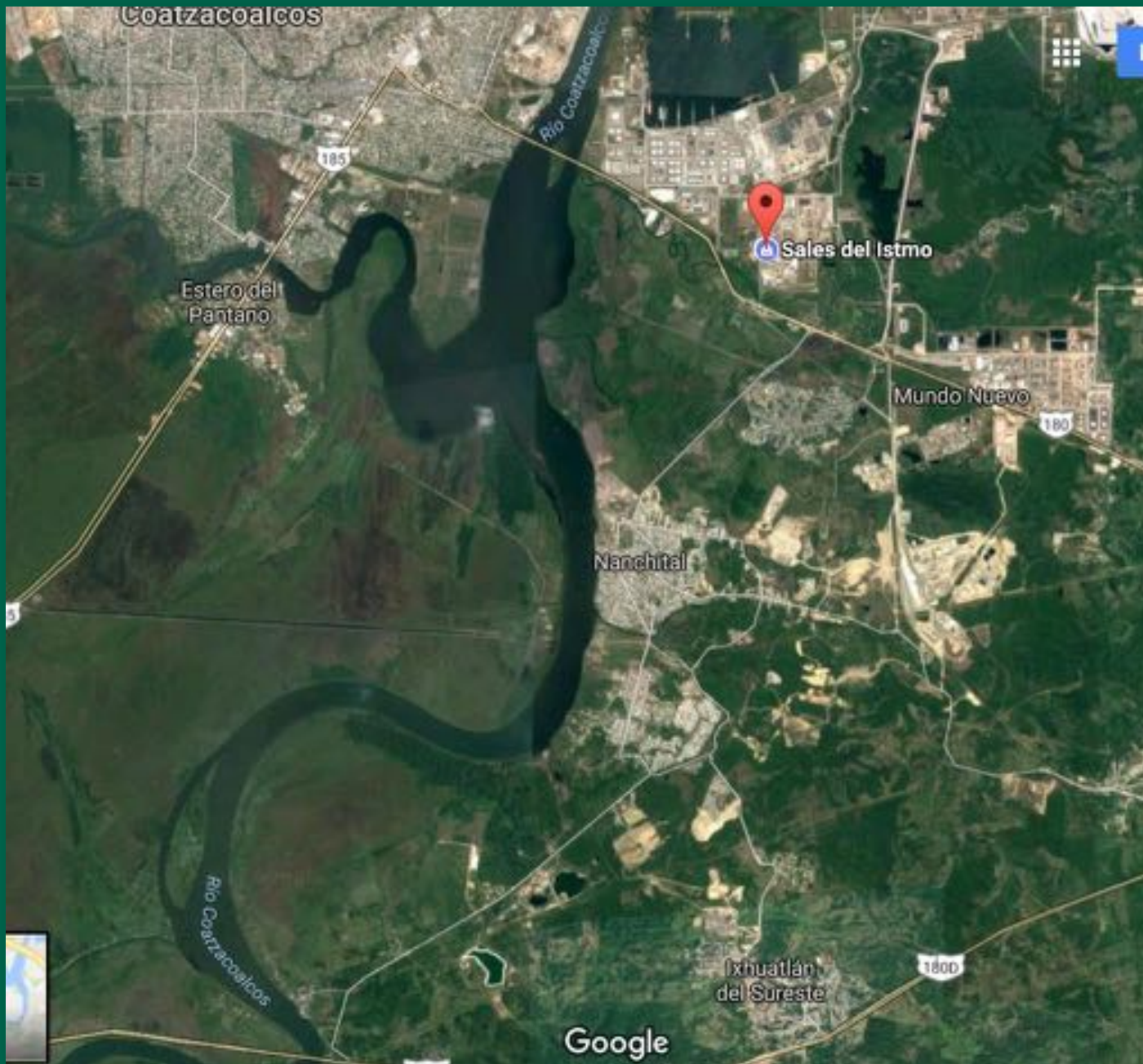


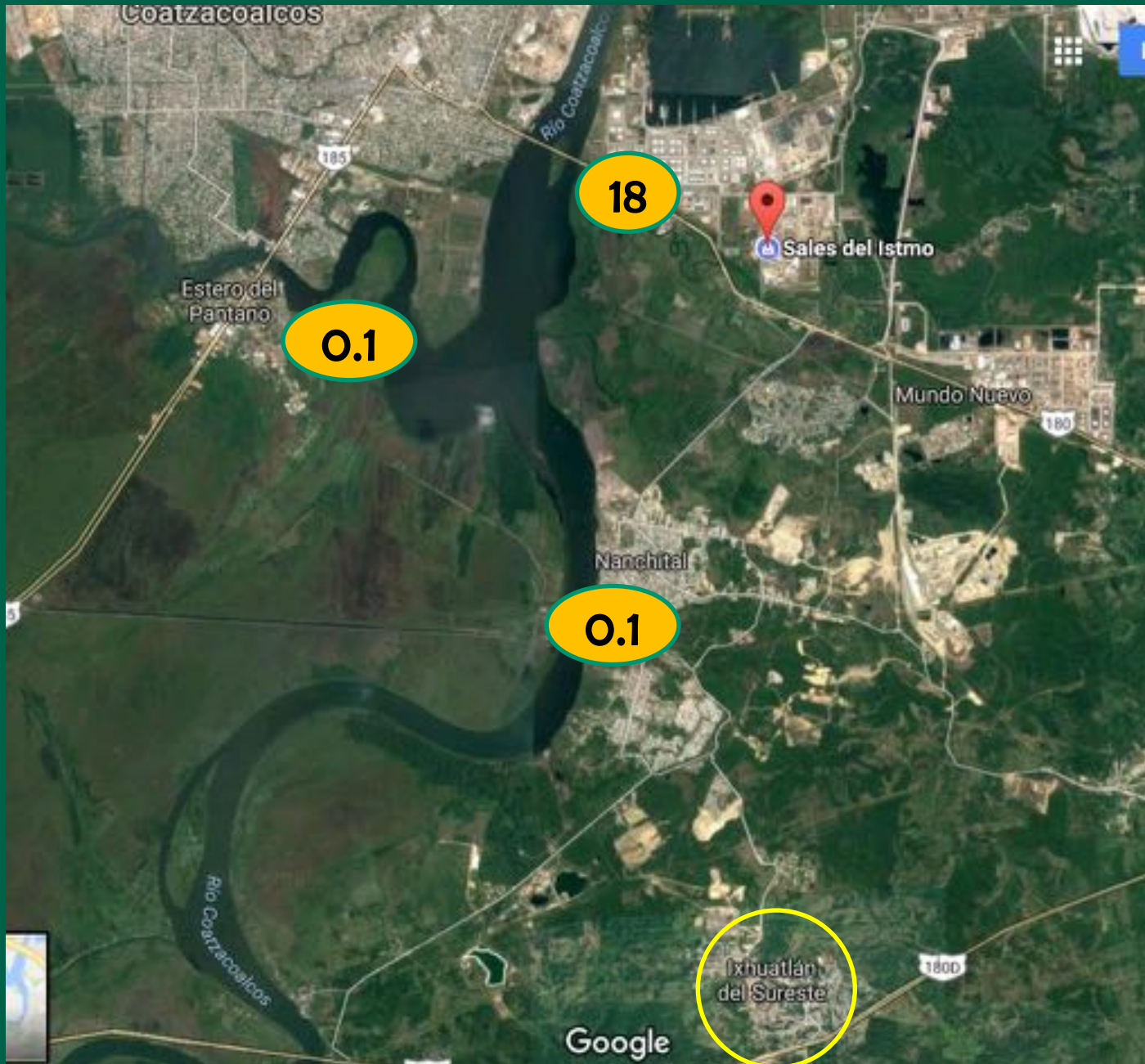






COATZACOALCOS







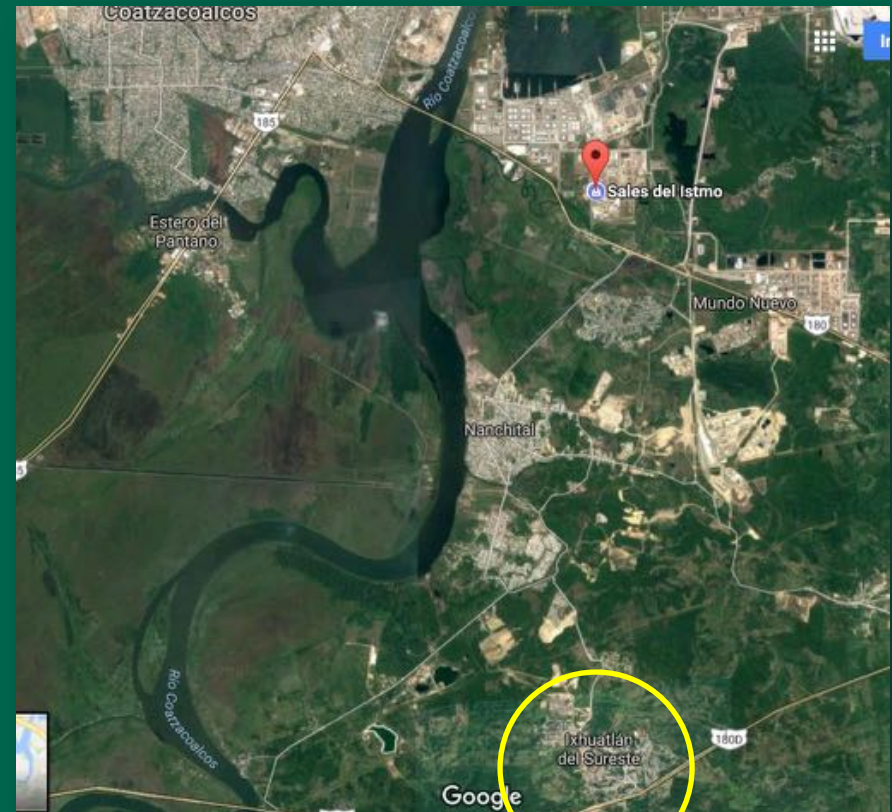
9 de enero del 2013, Cd. de México.

Altas concentraciones de mercurio en el cabello de pobladores de Coatzacoalcos - Minatitlán revela estudio internacional

Exigen se ponga un alto al uso de mercurio en la producción de gas cloro y haya un control de emisiones de mercurio en la refinería

Se encontraron altas concentraciones de mercurio en el cabello de pobladores de la cuenca del Río Coatzacoalcos, Veracruz, en niveles que exceden las recomendaciones de salud de Estados Unidos reveló hoy un estudio sobre sitios altamente contaminados por mercurio en el mundo, coordinados por IPEN y el Instituto de Investigación sobre Biodiversidad (BRI por su sigla en inglés), y realizados en México por Ecología y Desarrollo Sostenible en Coatzacoalcos, A.C y el Centro de Análisis y Acción en Tóxicos y sus Alternativas (CAATA) a unos días antes que inicien las negociaciones finales para un convenio internacional sobre mercurio.

El estudio en México analizó 22 muestras de cabello donadas por hombres y mujeres que son pescadores o que venden pescado de la cuenca del Río Coatzacoalcos y en las tres cuartas partes de la muestra se encontró mercurio en niveles más altos que la dosis de referencia recomendada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) de 1 ppm. Este es el nivel más bajo observado con efectos dañinos en el desarrollo neurológico del feto en humanos. Los lugares donde residen los donantes son Boca de Uxpanapa, Ixuatlán del Sureste y los tres municipios de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque. "En Ixuatlán del Sureste todas las muestras excedieron la dosis de referencia de la US EPA en más de cuatro veces el nivel de referencia de mercurio que la superó en más de cuatro veces", indicó el Dr. Lorenzo Bozada, director de Ecología y Desarrollo Sostenible en Coatzacoalcos, A.C, quien realizó la toma de muestras y colaboró en la redacción del informe en el caso de México.





MONTERREY

Localización del Sitio



Resultados

Presencia de mercurio elemental en múltiples tuberías del drenaje

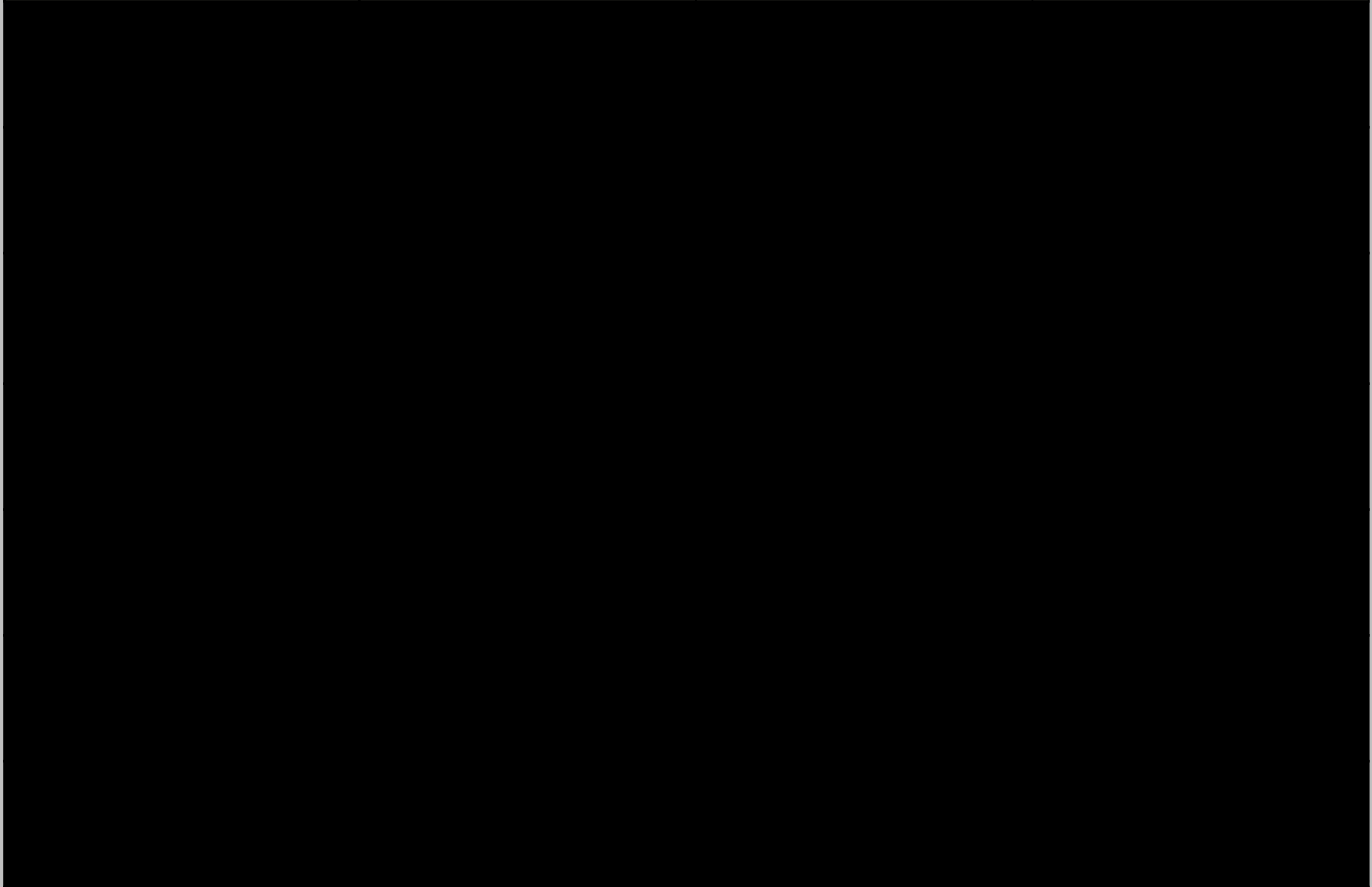
Programa de Remediación

**Remoción de la Red de
Alcantarillado y Actividades
de Investigación Adicionales**

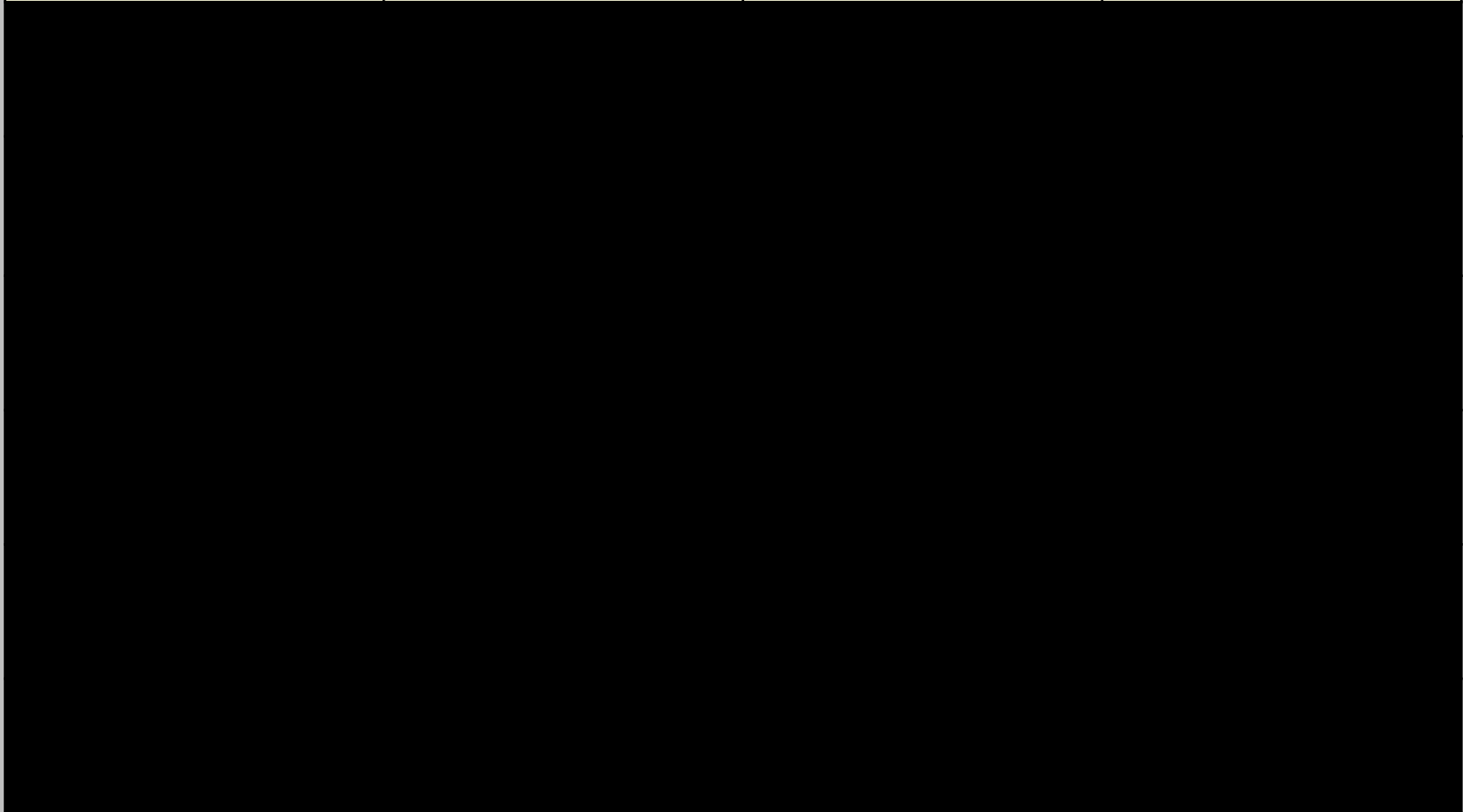
Remoción Alcantarillas



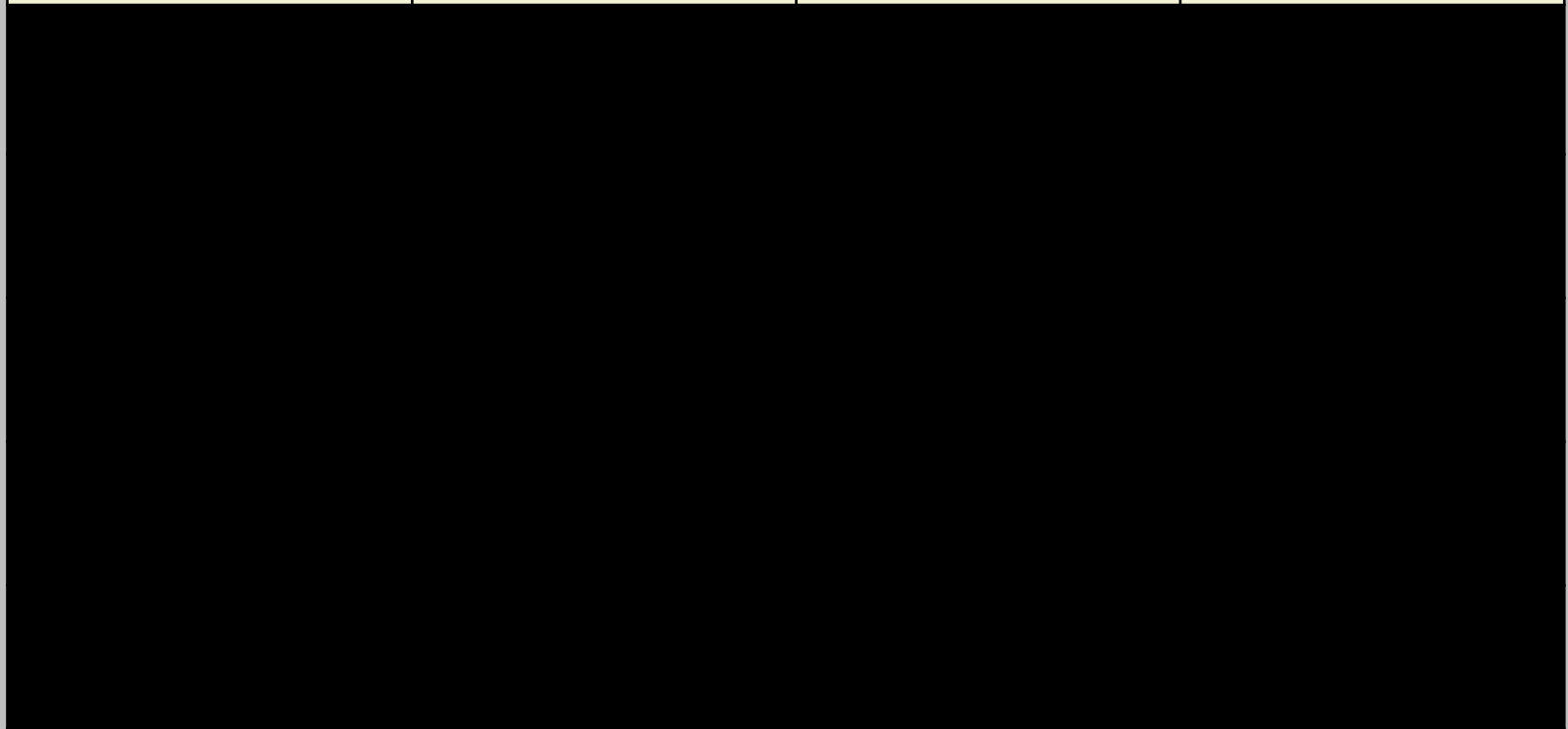
	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km



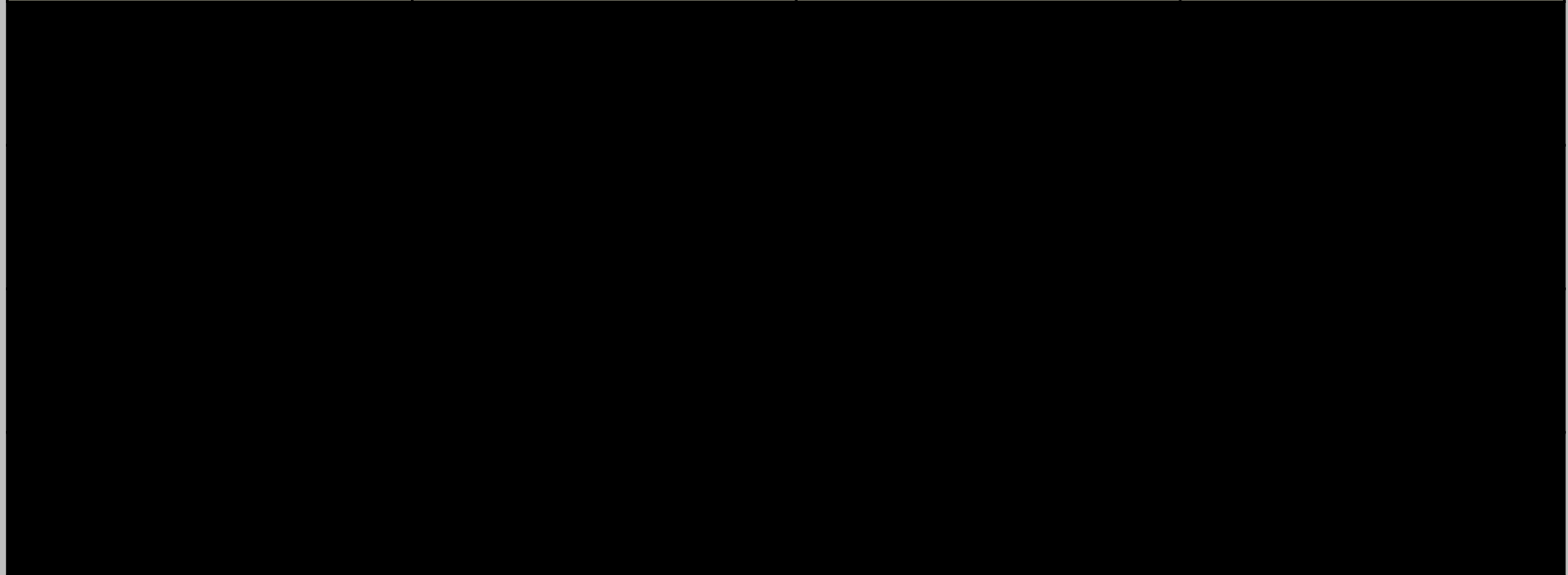
	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie



	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos

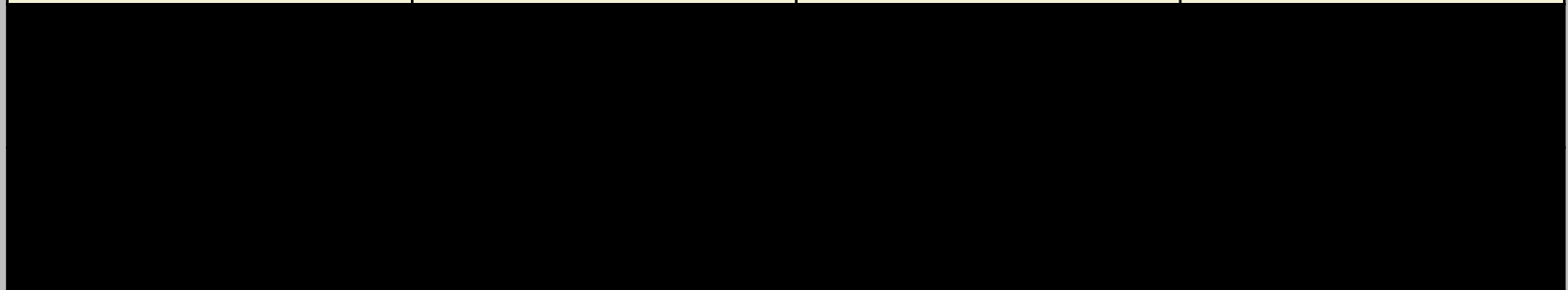


	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores



	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores
RECEPTORES BIOTA			Si

	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores
RECEPTORES BIOTA			Si
TAMAÑO POBLACIÓN	Miles	Cientos	Decenas



	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores
RECEPTORES BIOTA			Si
TAMAÑO POBLACIÓN	Miles	Cientos	Decenas
VULNERABILIDAD	Muy Alta	Alta	Mediana

	3	2	1
PROXIMIDAD GEOGRÁFICA	En el sitio	0 - 1 km	> 1 km
TIPOS DE Hg	Tres especies	Dos especies	Una especie
RUTAS COMPLETAS	5 elementos	3 elementos	2 elementos
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	Niños Mujeres Trabajadores	Niños Mujeres	Trabajadores
RECEPTORES BIOTA			Si
TAMAÑO POBLACIÓN	Miles	Cientos	Decenas
VULNERABILIDAD	Muy Alta	Alta	Mediana
OTROS TÓXICOS			Si

	SN FCO	PLAZUELA	COATZACOALC	CAMARGO	SN FELIPE	TAPONA	CEDRAL	ZACATECANA	MONTERREY
PROX GEOGRÁF	3	3	3	3	3	3	3	2	3
TIPOS DE Hg	3	3	3	2	2	2	1	2	2
RUTAS COMPLETAS	3	3	3	3	3	3	3	2	1
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	3	3	3	3	3	3	2	1	1
RECEPTORES BIOTA	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TAMAÑO POBLACIÓN	2	2	3	2	1	1	2	1	1
VULNERABLD	3	3	1	3	3	3	2	2	1
OTROS TÓXICOS	1	0	1	0	1	0	1	1	0
SUBTOTAL	19	18	18	17	17	16	15	12	9
DATA AMBIENTAL	3	3	3	3	3	3	1	3	2
DATA BIOLÓGICA	3	3	3	3	3	3	1	3	--
TOTAL	25	24	24	<u>23</u>	<u>23</u>	22	17	18	11

	SN FCO	PLAZUELA	COATZACOALC	CAMARGO	SN FELIPE	TAPONA	CEDRAL	ZACATECANA	MONTERREY
PROX GEOGRÁF	3	3	3	3	3	3	3	3	3
TIPOS DE Hg	3	3	3	2	2	2	1	2	2
RUTAS COMPLETAS	3	3	3	3	3	3	3	3	1
RECEPTORES SUSCEPTIBLES	3	3	3	3	3	3	2	3	1
RECEPTORES BIOTA	1	1	1	1	1	1	1	1	0
TAMAÑO POBLACIÓN	2	2	3	2	1	1	2	2	1
VULNERABLD	3	3	1	3	3	3	2	2	1
OTROS TÓXICOS	1	0	1	0	1	0	1	1	0
SUBTOTAL	19	18	18	17	17	16	15	17	9
DATA AMBIENTAL	3	3	3	3	3	3	1	3	2
DATA BIOLÓGICA	3	3	3	3	3	3	1	3	--
TOTAL	25	24	24	<u>23</u>	<u>23</u>	22	17	23	12

	SN FCO	PLAZUELA	COATZACOALC	CAMARGO	SN FELIPE	ZACATECANA	TAPONA	CEDRAL	MONTERREY
TOTAL	25	24	24	23	23	23	22	17	12

intervenir ya

**SAN FCO
PLAZUELA
CAMARGO**

**SN FELIPE
TAPONA**

CEDRAL

evaluar ya

**ZACATECANA
COATZACOALCOS**

VIGILAR

MONTERREY

RETOS



MINAS ABANDONADAS









LADRILLERAS

Basura e

y

Residuos



MEXQUITIC





Global Mercury Market Report 2017-2025 – Size, Trends, Share, Growth and Forecast

According to IndexBox estimates, Mexico emerged as the major global supplier of mercury. 2015, Mexico's mercury exports totaled 14 million USD, which accounted for a 41% share in terms of global exports. Singapore, Japan, Indonesia, and Switzerland were the other key global suppliers of mercury in 2015, with a 42% combined share of global exports.

Indonesia (+113.8% per year) and Mexico (+55.3% per year) were the fastest growing exporters from 2007 to 2015. Mexico significantly strengthened its position in the global mercury export structure, growing its share from 1% in 2007 to 41% in 2015.

On the other hand, Bolivia (16%, based on value terms), India (16%), Colombia (14%), Singapore (9%), and South Africa (7%) were the leading destinations of mercury imports in 2015. Imports to every major importer grew at extraordinary rates, with Bolivia leading the way with a 115.8 CAGR from 2007 to 2015. Bolivia increased its share of imports by +16 percentage points over the period under review.

<https://www.linkedin.com/pulse/global-mercury-market-report-2017-2025-size-trends-share-elena-belaya>

SITIOS CONTAMINADOS POR Hg EN MÉXICO escenarios complejos

fuentes : contextualizados

medios : aire, suelo/polvo, sedimentos, alimentos

rutas de exposición: inhalación, ingesta, etc
DIFFERENTES RUTAS PARA DIFERENTES ESPECIES

receptores: humanos, biota (escenario específico)

tóxicos: Hg elemental, Hg inorgánico y metil Hg
(Pb y As en áreas con depósitos polimetálicos)
(otros como DDT –malaria-, PAHs –combustión-) contexto específico

cambio climático: ↑ temperatura = ↑ exposición por Hg elemental
aumento de lluvia = ↑ mercurio en cuerpos de agua (Hg orgánico)
aumento de sequías = exposición a polvos (ej. jales) Hg inorgánico

considerar : vulnerabilidad y determinantes ecológicos de la salud

Efectos en Salud
por
exposición
acumulada

Riesgo Acumulado con enfoque integrado (humanos y biota)
se requiere un marco de trabajo para aplicar en diferentes contextos



FERNANDO



fdia@uaslp.mx