

# El enfoque ecosistémico para la salud humana en la minería: el caso de la región de Molango, México

Dr. Horacio Riojas Rodríguez

*Instituto Nacional de Salud Pública*

Cortez-Lugo M, Moreno-Macías H, Montes S,  
Rodríguez-Agudelo Y, Bonilla-Hernández D, Catalán  
M, Díaz-Godoy R, Rodríguez-Dozal S.



# El distrito minero

- En el centro de México existen importantes depósitos de Mn. La explotación y extracción de los cuales inició en 1960 en el distrito minero de Molango en el estado de Hidalgo
- Es el segundo depósito más grande en América Latina
- Esta zona manganesífera se encuentra localizada en la región montañosa este de México y su vegetación original era de bosque mesófilo tropical
- 50 km cuadrados 120 mil habitantes

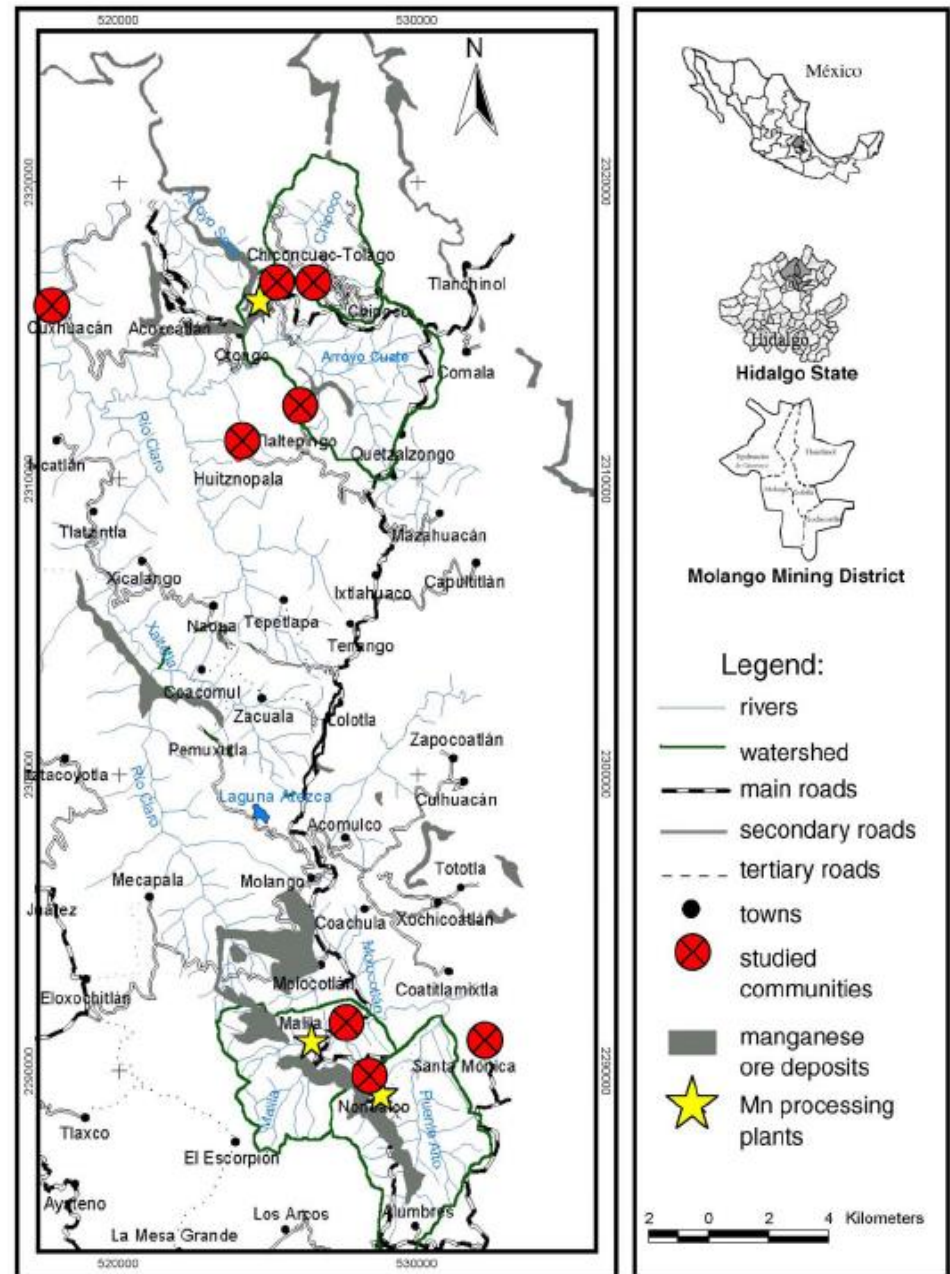
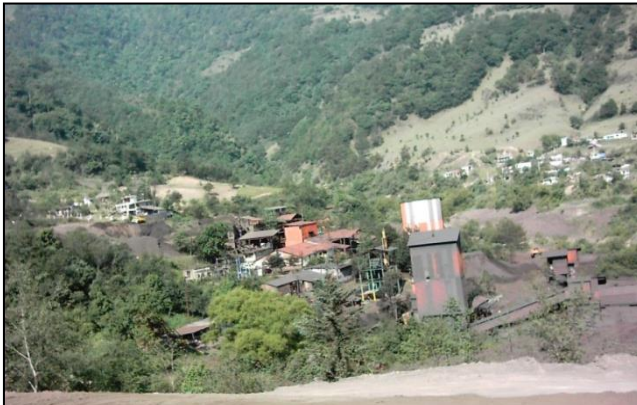


Fig. 1. Molango Mining District. Manganese ore outcrops and the locations of the processing plants.

# El distrito minero (3)



- Incluye la extracción y el aprovechamiento superficial
- Existen dos plantas de procesamiento
- Se producen nódulos de manganeso para aleaciones de acero y baterías



# Usos del Manganeso

- Sus usos más frecuentes son:
  - Manufactura de cerámica, cerillos, vidrio, colorantes, puntas de soldadura.
  - **Componentes de acero, aleaciones de acero, hierro fundido, super aleaciones y aleaciones no ferrosas. El acero constituye el 94% de su mercado.**
  - **Baterías alcalinas (principalmente dióxido de manganeso).**
  - Latas de aluminio (6-8% del mercado).
  - Componentes electrónicos.
- Aditivo en las gasolinas para incrementar el octanaje (MMT).
- También como funguicida en cereales, viñedos, frutales (maneb: Mn-etilen bisditiocarbamato).
- Otros usos, como suplemento alimenticio para animales, fertilizante, colorante, lubricante, televisores, electrolíticos, anticorrosivo y en organometálicos.



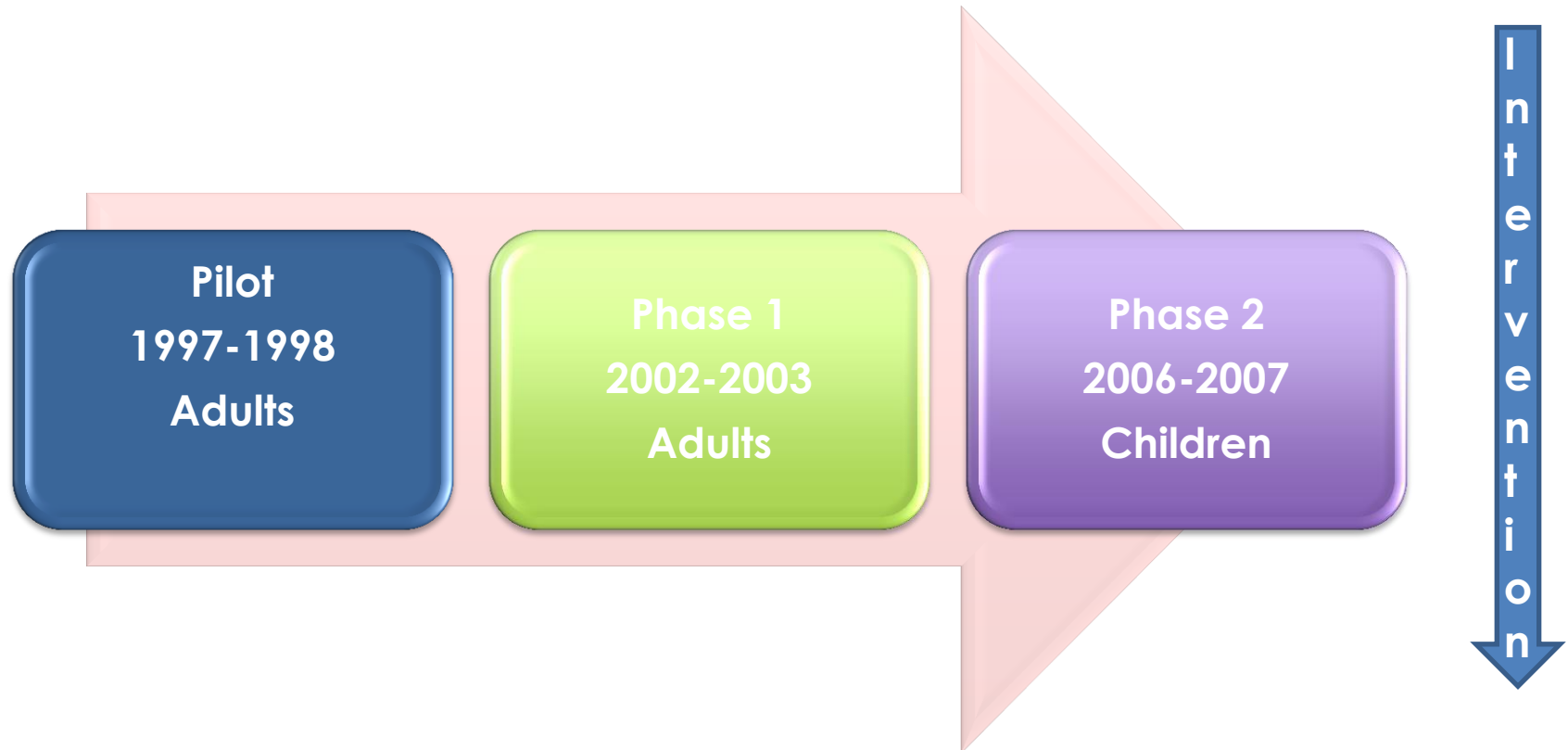
# Cinética de Mn





# Línea de tiempo proyectos manganeso





**Pilot**  
1997-1998  
Adults

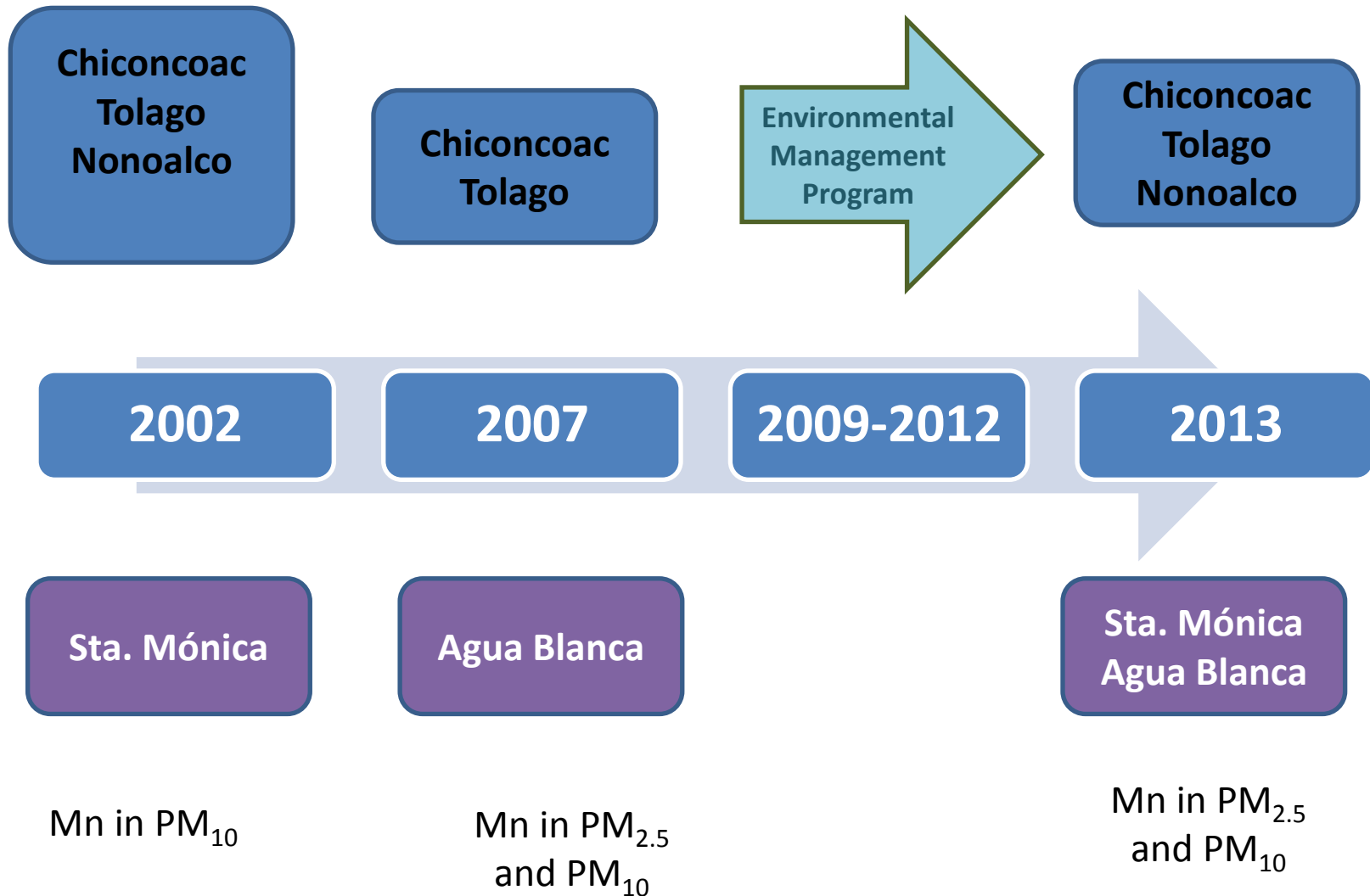
**Phase 1**  
2002-2003  
Adults

**Phase 2**  
2006-2007  
Children

**I  
n  
t  
e  
r  
v  
e  
n  
t  
i  
o  
n**

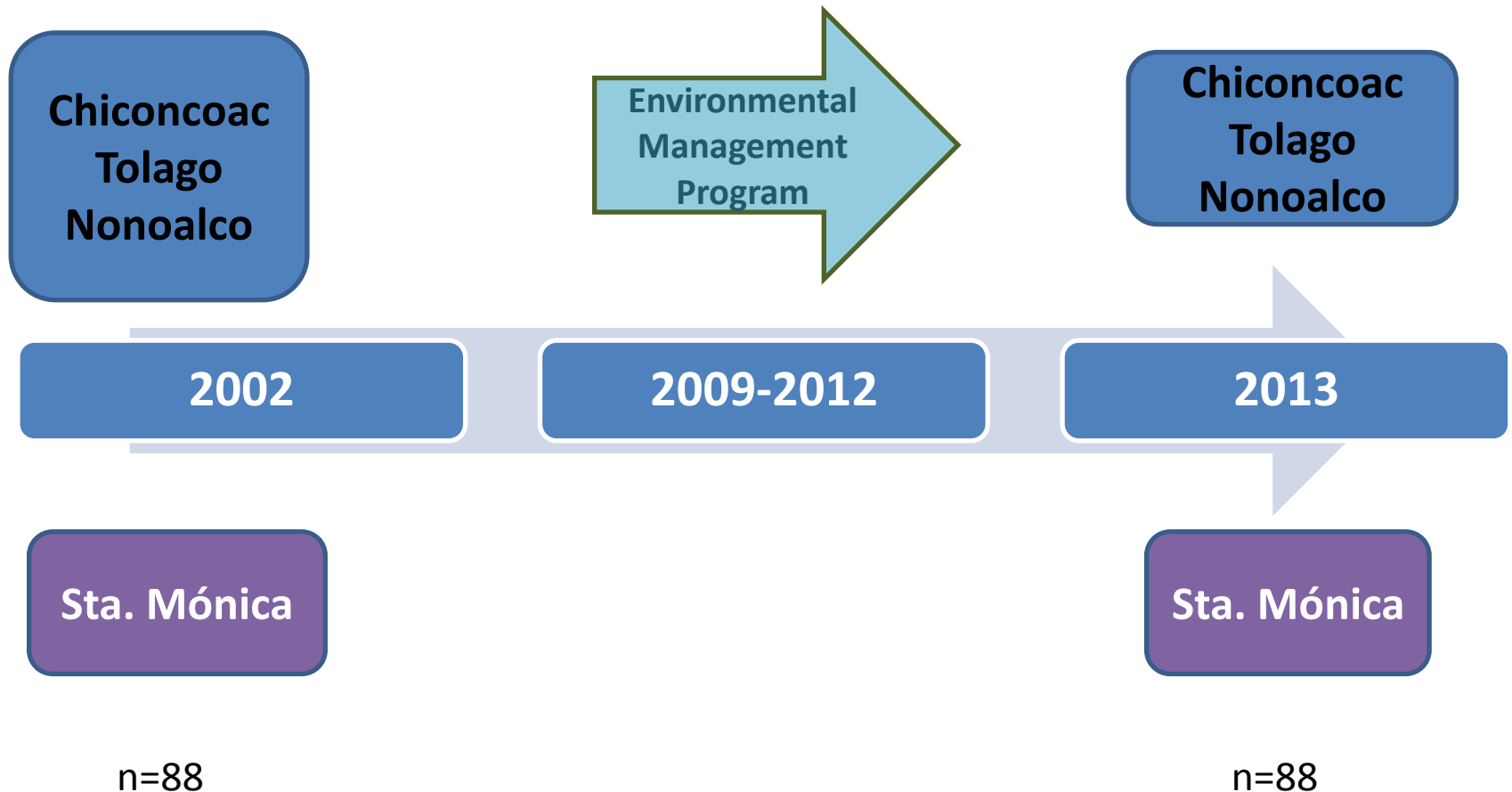
- ✓ Mn in PM<sub>10</sub>: 0.04 a 5.9 µg/m<sup>3</sup>
- ✓ Blood Manganese: 9.3 a 88 µg/L
- ✓ ↓ in the cognitive functions, attention and motor function alterations
- ✓ Mn in PM<sub>2.5</sub>: 0.02 at 0.27 µg/m<sup>3</sup> (EPA: 0.05 µg/m<sup>3</sup>)
- ✓ Blood Manganese: 5.5 at 18 µg/L
- ✓ Hair Manganese: 4.20 at 48.0 µg/g
- ✓ ↓ of the intelectual coeficient, the memory, verbal learning and motor function.

# Quasi-experimental design, pre-post intervention to air Manganese with comparison community.





# Quasi-experimental design, pre-post intervention to blood Manganese. Adults



# Transdisciplina

## Ciencias bio-médicas

Epidemiología  
Salud Ambiental  
Toxicología  
Neurociencias  
Nutrición  
Bioestadística

## Sociales:

Antropología  
Sociología  
Ciencias Políticas  
Comunicación.  
Desarrollo agropecuario  
Legislación ambiental

## Ciencias ambientales:

Geografía  
Geología  
Ciencias de la atmósfera  
Ecología



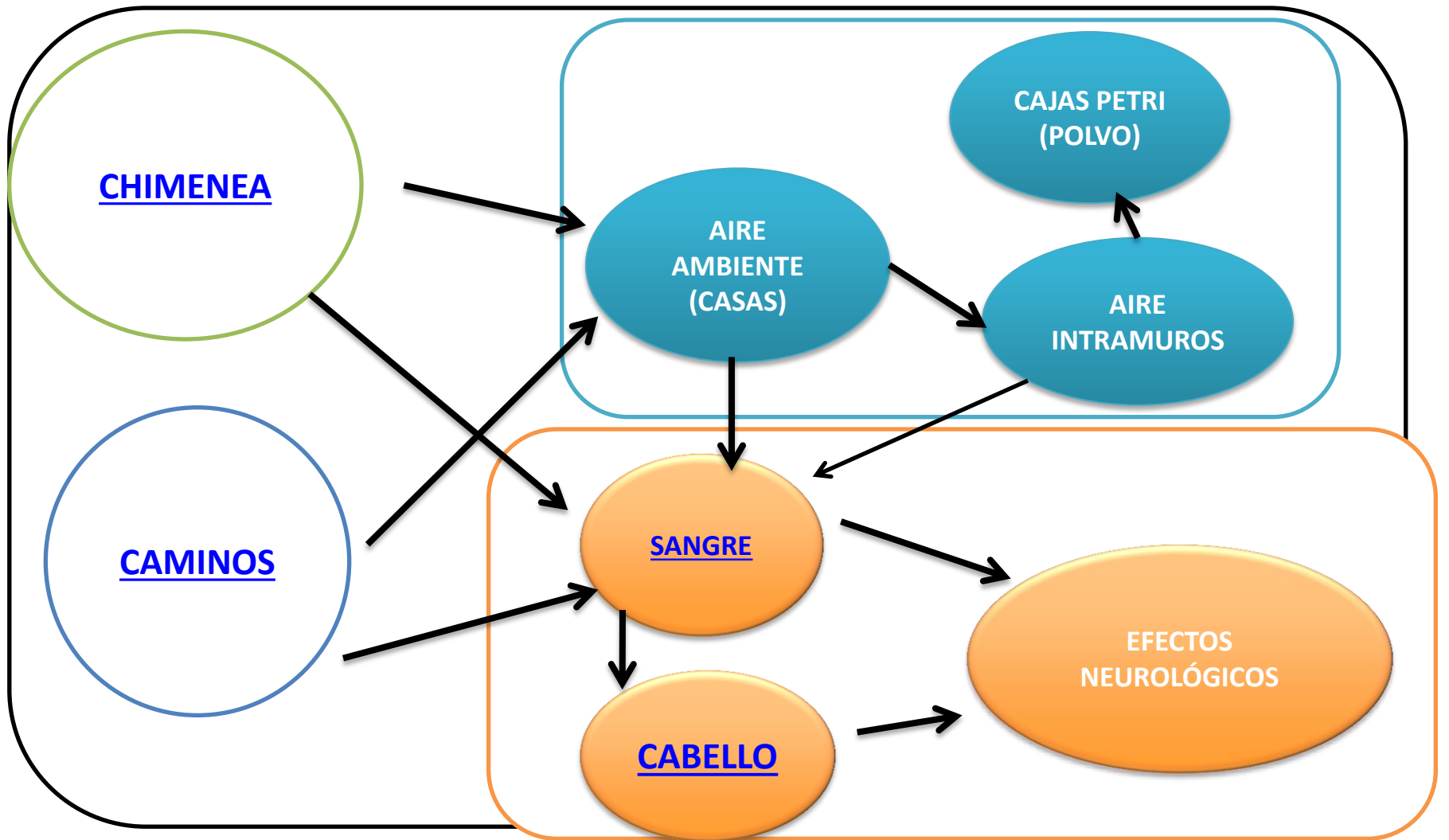


## ANTECEDENTES (2)

- Con el fin de responder a las demandas comunitarias y gubernamentales, se llevó a cabo un estudio extensivo para proporcionar evidencia sólida de los impactos del manganeso en el ecosistema y la salud humana
- Este estudio se basó en un enfoque ecosistémico, el cual integra investigación y participación social, el análisis de la dinámica del manganeso en el ambiente y la evaluación de la exposición humana e impactos a la salud en las comunidades



# Diagrama de rutas del Mn: Segunda fase



# Niveles de Mn en sangre y cabello en niños (expuestos y control)

Biomarcadores Mn	Grupo control n=93	Grupo expuesto n=79
Mn-H ( $\mu\text{g/g}$ ), mediana (rango)	0.6 (0.06-3.6)*	12.6 (4.2-48)*
Mn-B ( $\mu\text{g/L}$ ), mediana (rango)	8.0 (5.0-14.0)*	9.5 (5.5-18.0)*
Mn-B $\geq 10$ (%)	24.7*	49.4*

\* $p < 0.001$  Mn-H: Manganeso en cabello

Mn-B: Manganeso en sangre

MnB  $\geq 10$ : Porcentaje de niños por arriba de 10mcg/L



# Asociación del Mn en cabello con Coeficiente Intelectual en los niños

	IQ total	IQ verbal	Performance IQ
MnH (µg/g)	-1.60 (-3.09, -0.10)	-1.48 (-2.99, 0.04)	-1.45 (-3.162, 0.27)
PbB ≥ 6 µg/dL	-0.72 (-4.72, 3.28)	-0.43 (-4.49, 3.63)	-0.84 (-5.45, 3.77)
Edad (años)	-3.35 (-4.83, -1.88)	-3.39 (-4.89, -1.89)	-2.76 (-4.45, -1.07)
MnH*edad	0.14 (-0.01, 0.28)	0.12 (-0.03, 0.27)	0.12 (-0.04, 0.29)
Male sexo	1.51 (-2.94, 5.96)	2.64 (-1.89, 7.17)	-0.64 (-5.83, 4.56)
MnH*sexo	0.38 (-0.02, 0.77)	0.28 (-0.12, 0.68)	0.49 (0.04, 0.95)
Hemoglobina (mg/dL)	2.77 (0.63, 4.91)	2.71 (0.54, 4.88)	2.36 (-0.11, 4.84)
Educación de la madre(años)	0.97 (0.45, 1.49)	0.85 (0.32, 1.37)	0.92 (0.32, 1.53)
R <sup>2</sup>	0.28	0.28	0.18

Asociación significativa, siendo mayor en la niñas y en los niños de menor edad

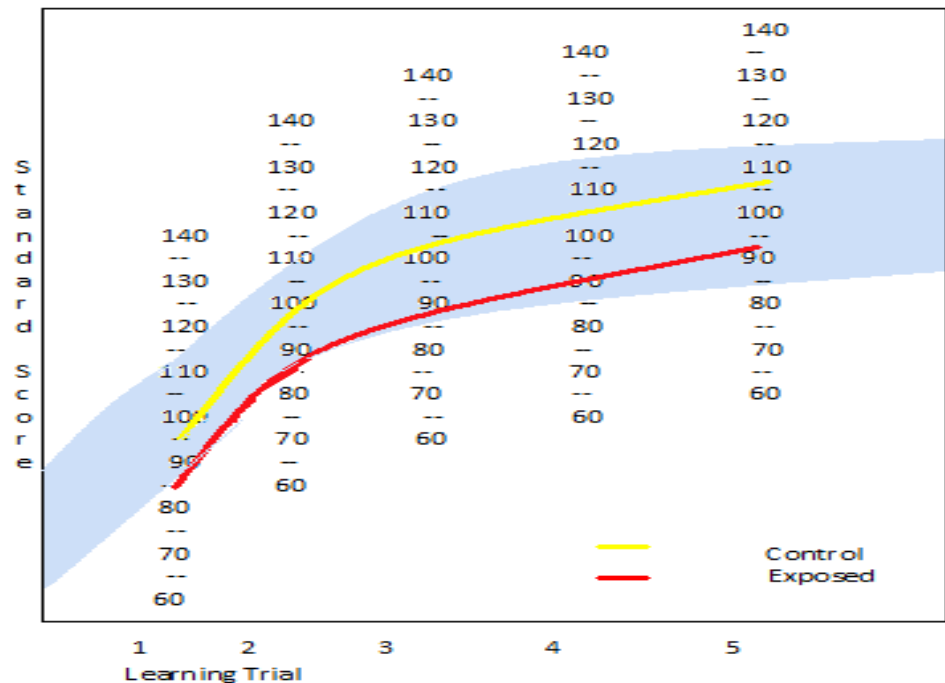
*Riojas-Rodríguez H, Solís-Vivanco R, Schilmann A, Montes S, Rodríguez S, et al. 2010. Intellectual Function in Mexican Children Environmentally Exposed to Manganese Living in a Mining Area. Environ Health Perspect doi:10.1289/ehp.0901229*

# Evaluación de habilidades de aprendizaje y memoria

Learning trial (Standard scores)	Control	Exposed	Difference	p value
Trial 1, mean (SD)	95.10 (21.40)	86.37 (15.76)	8.73	0.003
Trial 2, mean (SD)	100.13 (14.54)	89.27 (14.49)	10.86	0.000
Trial 3, mean (SD)	99.96 (14.19)	89.03 (17.08)	10.93	0.000
Trial 4, mean (SD)	104.75 (14.13)	89.25 (17.78)	15.50	0.000
Trial 5, mean (SD)	105.12 (14.34)	91.24 (16.97)	13.88	0.000
Summary scales (Standard scores)	Control	Exposed	Difference	p value
Immediate Memory Span, mean (SD)	93.30 (17.67)	83.62 (13.94)	9.68	0.000
Level of Learning, mean (SD)	103.90 (13.88)	88.86 (17.01)	15.04	0.000
Immediate Recall, mean (SD)	103.53 (15.08)	93.56 (16.85)	9.98	0.000
Delayed Recall, mean (SD)	102.04 (14.78)	93.70 (16.99)	8.35	0.001

Diferencias significativas entre los expuestos y los no expuestos

Learning Curve Profile





## CONCLUSIONES GOBERNANZA: Lo que facilita/atora la construcción de acuerdos cooperativos para enfrentar y RESOLVER la problemática

### FORTALEZAS

- **Capacidad de las comunidades** para organizarse en torno a problemas colectivos
- **Fortaleza** de autoridades comunitarias
- **Legitimidad** de la autoridad municipal
- Existe la **estructura institucional** para la participación ciudadana en las presidencias municipales
- Importante acervo de **conocimientos** sobre la problemática acumulado en 20 años de gestión
- Existencia de un **espacio de gestión** desde 1995 con carácter vinculante desde 2005
- **Política ambiental nacional y marco jurídico** desarrollados en los últimos 20 años.

### OBSTÁCULOS

- **Pobreza** hace que las demandas sean inmediatistas
- **Exclusión** de mujeres y jóvenes en la toma de decisiones
- **No hay agendas ambientales municipales, ni regional**
- Las **instancias de participación** municipal **no funcionan** y los instrumentos de planeación son desaprovechados
- Persisten **formas paternalistas**
- **Dificultad de coordinación** entre dependencias de gobierno
- Fuerte **desconfianza** en prácticamente todas las interacciones sociales
- **Marco normativo aún insuficiente**

# IMPACTO EN POLÍTICAS E INTERVENCIONES

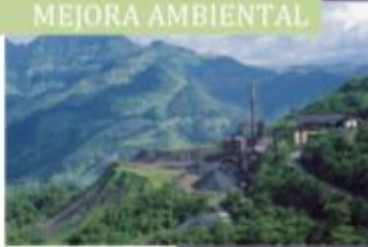
- **COMPAÑÍA MINERA**
  - PLAN DE INTERVENCIÓN
    - Serie de reuniones durante el 2009 y 2010
    - Reducción de emisión de partículas 2010-2011 (plan funcionando)
    - Reducción de emisiones de dióxido de azufre. Esto requiere un lavador de gases. Plan a 5 años
    - Manejo de residuos. Plan 2010-2012
- **COMUNIDAD**
  - Comunicación de riesgos
  - Pavimentación
- **GOBIERNO**
  - Reuniones con el equipo del gobernador (secretarías estatales)
  - Segunda fase del plan de manejo de riesgos como una política regional (apoyo a los niños, emisión, control, vigilancia)



# PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL(CMM)

2010

PROGRAMA DE ACCIONES DE MEJORA AMBIENTAL



Compañía Minera Autlán S.A.B. de C.V  
Unidad Molango

“..estudios conducidos por el Instituto Nacional de Salud Pública han mostrado que la principal vía de exposición a manganeso es el aire...”

## c) Caminos y áreas de tránsito vehicular

Se adquirirá una barredora municipal para la limpieza de los caminos y áreas de tránsito ya pavimentados, además de continuar con el programa de pavimentación de áreas transitadas con concreto. Todo esto adicional a las acciones que ya se realizan de riego de caminos y enlonado de camiones.

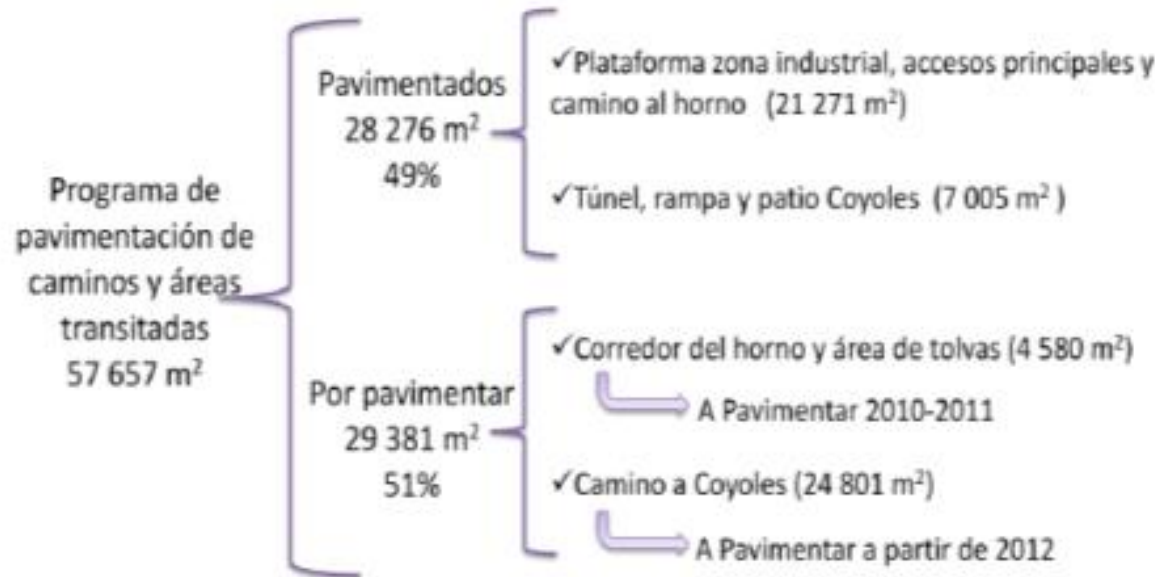


Ilustración 6. Programa de pavimentación de la Unidad Molango



Instituto Nacional de Salud Pública

MINUTA DE LA REUNIÓN DE TRABAJO PARA LA PRESENTACIÓN DEL PLAN DE ACCIÓN DE LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN PARA EL DISTRITO MINERO DE MOLANGO

EN EL SALÓN GIRASOLES DEL HOTEL CAMINO REAL DE LA CIUDAD DE PACHUCA, HGO., SIENDO LAS 12:00 HORAS DEL DÍA 15 DE ABRIL DE 2010, SE REALIZÓ LA REUNIÓN DE TRABAJO CON EL OBJETIVO DE PRESENTAR EL PLAN DE ACCIÓN DE LA EMPRESA MINERA AUTLÁN, S.A.B DE C.V. PARA EL DISTRITO MINERO DE MOLANGO Y ESTANDO PRESENTES EL DR. JORGE FELIPE ISLAS FUENTES, SECRETARIO DE SALUD Y DIRECTOR GENERAL DE LOS SERVICIOS DE SALUD DE HIDALGO; DRA. ROCÍO RUIZ DE LA BARRERA, SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA; C.P. JOSÉ H. MADERO, DIRECTOR GENERAL DE LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN, S.A.B. DE C.V.; LIC. ALBERTO MELÉNDEZ APOACA, COORDINADOR DE DESARROLLO METROPOLITANO DEL GOBIERNO DEL ESTADO; DR. RICARDO CRESPO ARROYO, SUBSECRETARIO DE DESARROLLO POLÍTICO; LIC. RENE ESCAMILLA MARTÍNEZ, SUBSECRETARIO DE PROGRAMAS SOCIALES DE LA SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL; D. EN C. ARMIDA ZUÑIGA ESTRADA, COMISIONADA DE LA COPRISEH; PROF. OSVALDO BUSTOS VARGAS, PRESIDENTE MUNICIPAL CONSTITUCIONAL DE LOLOTLA; PROF. JOSÉ LUIS ESPINOZA SILVA, PRESIDENTE MUNICIPAL CONSTITUCIONAL DE MOLANGO; LIC. JAIME IGNACIO FARIAS ARIZPE, DIRECTOR DE PROYECTOS; ING. NORBERTO ZAVALA ARNAUD, DIRECTOR DE MINERÍA; ING. RICARDO VELASCO GONZÁLEZ, GERENTE DE ECOLOGÍA; ING. BLANCA GURROLA NEVÁREZ, JEFA DE MONITOREO AMBIENTAL; M. EN C. SANDRA RODRÍGUEZ DOZAL, RESPONSABLE DEL PROYECTO DE MOLANGO; MTRA. MARLEN CORTÉZ DEL INSP; DR. LUIS CAMILO RÍOS CASTAÑEDA, JEFE DEL DEPARTAMENTO DE NEUROQUÍMICA DEL INSP; DR. GREGORIO RAMÍREZ BAUTISTA, SUBDIRECTOR DE LA JURISDICCIÓN SANITARIA NO. IX MOLANGO; DRA. DIANA REYES GÓMEZ, SUBDIRECTORA DE EMIDEMIOLOGÍA DE LA SECRETARÍA DE SALUD; MSP. LUIS ALBERTO MERCADO HERNÁNDEZ, SUBCOMISIONADO DE EVIDENCIA, MANEJO DE RIESGOS Y TRÁMITES EMPRESARIALES DE LA COPRISEH; PROF. JULIO CÉSAR HERNÁNDEZ JIMÉNEZ, DIRECTOR DE GOBERNACIÓN REGIÓN MOLANGO; C.P. FEDÉRICÓ VERA COPCA, COORDINADOR DE ASESORES DE LA SUBSECRETARÍA DE PLANEACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL; LIC. JORGE CAZARES DURÁN, COORDINADOR DE DESARROLLO REGIÓN IX MOLANGO; D. EN C. MIRIAM YTA, RECTORA DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA SIERRA HIDALGUENSE; BIÓL. JUAN LECHUGA PÉREZ, DIRECTOR DE PESCA; ING. ANASTASIO GARCÍA HERNÁNDEZ, SUBDIRECTOR DE MINERÍA; ARQ. CARLOS SKEWES, SUBDIRECTOR DE LA SECRETARÍA DE OBRAS PÚBLICAS, COMUNICACIONES Y TRANSPORTES; LIC. CARLOS ZAMORA CAMPUZANO, DIRECTOR DE NORMATIVIDAD LABORAL; ING. GERARDO AQUILAR RANGEL, SUBDIRECTOR DE PROGRAMAS ALIMENTICIOS DEL SISTEMA DIF HIDALGO; TEC. JOSÉ CADENA BAUTISTA, SUBDIRECTOR DE PROTECCIÓN AMBIENTAL; LIC. CARLOS

Secretario de Salud

2.- REVISIÓN DE LOS COMPROMISOS ESTABLECIDOS PREVIAMENTE CON LAS COMUNIDADES UBICADAS EN EL DISTRITO MINERO DE MOLANGO.

3.- DESAGREGAR LA PROPUESTA PRESENTADA POR LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN, QUE INCLUYA EL CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN QUE PERMITA DAR CLARIDAD A LAS ACCIONES PLANTEADAS Y LOS RESULTADOS A ALCANZAR.

4.- LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN PRESENTARÁ SU PLAN DE MANEJO PARA ANÁLISIS Y ACUERDO PARA SU EJECUCIÓN LA

5.- LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN SE REUNIRÁ CON LA SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA PARA REVISAR EL COMPONENTE EDUCATIVO DE LA PROPUESTA.

6.- LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN SE REUNIRÁ CON LOS PRESIDENTES MUNICIPALES DE LOLOTLA, MOLANGO, TEPERUJACÁN, XICHIDATLÁN PARA REVISAR LOS ACUERDOS Y COMPROMISOS PREVIOS NO CUMPLIDOS.

7.- LAS DIFERENTES INSTANCIAS DEL GOBIERNO DEL ESTADO COMUNICARÁN A LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN LAS ACCIONES A REALIZAR EN LA REGIÓN PARA SU DESARROLLO DE MANERA CONJUNTA.

8.- EL GOBIERNO DEL ESTADO Y LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN ESTABLECERÁN MESAS TÉCNICAS DE ANÁLISIS POR CADA UNO DE LOS TEMAS QUE INCIDEN EN LA PROBLEMÁTICA IDENTIFICADA EN EL DISTRITO MINERO DE MOLANGO A TRAVÉS DE LAS RECOMENDACIONES Y ESTUDIOS DE SALUD PÚBLICA REALIZADOS EN LA ZONA.

DR. JORGE FELIPE ISLAS FUENTES, SECRETARIO DE SALUD Y DIRECTOR GENERAL DE LOS SERVICIOS DE SALUD DE HIDALGO

C.P. JOSÉ H. MADERO, DIRECTOR GENERAL DE LA COMPAÑÍA MINERA AUTLÁN, S.A.B. DE C.V.

DRA. ROCÍO RUIZ DE LA BARRERA, SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA

LIC. JAIME IGNACIO FARIAS ARIZPE, DIRECTOR DE PROYECTOS

DR. RICARDO CRESPO ARROYO, SUBSECRETARIO DE DESARROLLO POLÍTICO

LIC. RENE ESCAMILLA MARTÍNEZ, SUBSECRETARIO DE PROGRAMAS SOCIALES

Director general de la compañía minera

Acuerdo firmado entre el gobierno estatal y la compañía minera para desarrollar la segunda fase del plan de manejo basado en resultados de la investigación (Mayo 2010).

**Particles Emission Sources**

**Actions implemented in mining unit Molango**

Specific	Collector in the nodulization kiln stack	Efficiency above 99%
	Collector in the cooler stack	97% efficiency in particle control
Linear	Paving and cleaning of roads and vehicle transit areas	
	Collector for nodules screening	97% efficiency in particle control
Area	Collector for hopper and fine screening	97% efficiency in particle control
	Improvement in the trailer loading booth	
	Collector for terciary crusher	97% efficiency in particle control
	Change in the belt transfer points	



Before



After

### **Mining Unit *Nonoalco***

- 9,080 m<sup>2</sup> of paving roads in the community
- Ball mill sealing mechanism

**Total investment approx. : \$ 1,134,313 dls**

### **Hidalgo state government actions**

#### ***Tolago community***

- 730.75 m<sup>2</sup> paving of roads in Tolago

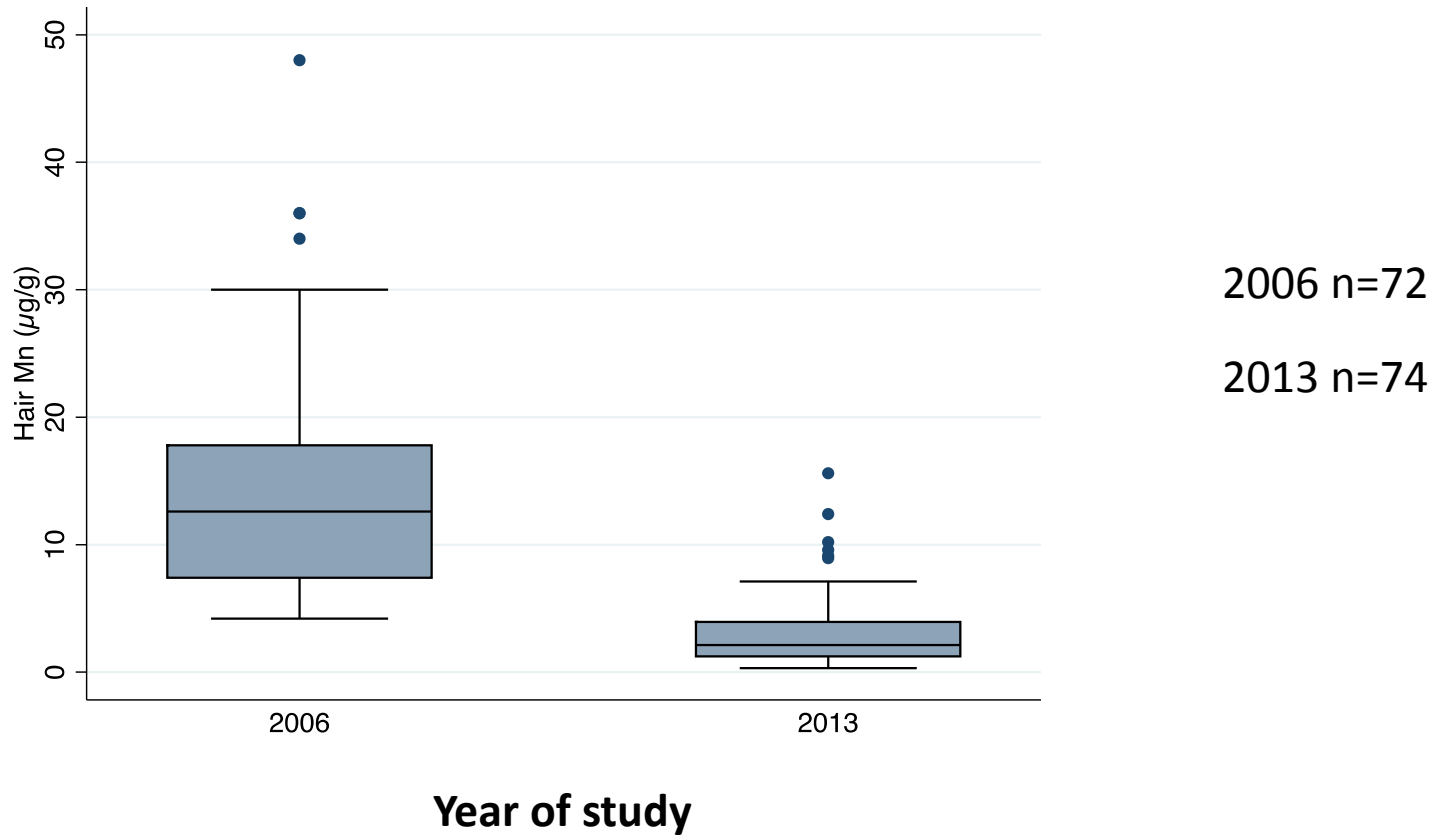
**Total investment approx .: 18,620 dls**



Instituto Nacional  
de Salud Pública

# **RESULTADOS PRELIMINARES POST INTERVENCION**

# Manganese Hair levels in children





# Niveles de Mn en sangre ( $\mu\text{g/l}$ )

Grupo (n)	Medias Geométricas (min-max)		
	2003	2006	2013
Niños Chic-Tol (74)	-	9.7 (5.5-18.0)	8.6 (4.6-12.0)
Niños Chichi-Pal (38)	-	8.2 (5.0-14.0)	8.6 (3.2-14.2)
Adolescentes (23)	-	-	8.3 (4.9-16.5)
Adultos Ch (12)	10.8	-	8.2 (4.5-15.7)
Adultos Tol (10)	9.9	-	8.1 (4.8-13.5)
Adultos Nono (34)	10.8	-	6.7 (4.1-13.4)
Adultos Sta. Mónica (29)	9.6	-	6.6 (3.7-18.8)



# Niveles de Manganeso en Cabello ( $\mu\text{g}/\text{gr}$ )

Grupo (n)	Medias Geométricas (min-max)	
	2006	2013
Niños Chic-Tol (77)	12.1 (4.2-48)	2.1 (0.31-15.6)
Niños Chichi-Pal (38)	0.5 (0.56-3.64)	0.6 (0.14-2.22)
Adolescentes (23)	--	2.3 (0.39-15.4)
Adultos Ch (12)	--	2.4 (0.56-10.1)
Adultos Tol (10)	--	3.2 (0.67-15.9)
Adultos Nono (34)	--	1.9 (0.39-10.1)
Adultos Sta. Mónica (29)	--	0.70 (0.19-6.39)



# Results

## Air Mn concentrations, before and after Environmental Management Program. Hidalgo, México (2002-2013)

EMP	Community	Mn in PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )					Mn in PM <sub>2.5</sub> (µg/m <sup>3</sup> )				
		Pre (2002,2007)		Post (2013)			Pre (2007)		Post (2013)		
		n	Median (p25-p75)	n	Median (p25-p75)	Value P <sup>c</sup>	n	Median (p25-p75)	n	Median (p25-p75)	Value P <sup>c</sup>
With <sup>a</sup>	Chiconcoac	14	0.22 (0.13 - 0.37)	10	0.09 (0.08 - 0.12)	0.03	45	0.06 (0.04-0.07)	37	3E-3 (3E-3 - 0.01)	<0.01
	Tolago	17	1.0 (0.33 - 1.5)	20	0.16 (0.09 - 0.26)	<0.01	75	0.08 (0.04-0.12)	48	3E-3 (3E-3 - 0.01)	<0.01
	Nonoalco	8	1.5 (0.42 - 3.1)	15	0.94 (0.13 - 2.03)	0.27			22	0.1 (0.02 - 0.2)	
Without <sup>b</sup>	Sta. Mónica	7	0.02 (0.02 - 0.07)	12	0.03 (0.01 - 0.04)	0.91			20	0.003 (3E-3 - 0.02)	
	Agua Blanca	22	0.02 (0.02 - 0.04)	24	0.02 (3E-3 - 0.03)	0.82	40	0.02 (0.01- 0.06)	36	0.01 (3E-3 - 0.04)	0.26

<sup>a</sup> Insite manganiferous zone

<sup>b</sup> Outside manganiferous zone

n= Number of measurement

<sup>c</sup> Wilcoxon test

Empty cells without measurement

## Blood Mn concentrations, before and after EMP. Hidalgo, México (2002-2013)

EMP	Community	Mn in blood (µg/L)				
		Pre (2002)		Post (2013)		Value P <sup>c</sup>
		n	Median (p25-p75)	n	Median (p25-p75)	
With <sup>a</sup>	Chiconcoac	14	8.3 (5.7 - 12.3)	12	8.4 (6.6 - 10.3)	0.88
	Tolago	10	8.6 (5.7 - 19.1)	10	8.7 (6.4 - 10.2)	0.65
	Nonoalco	34	11.5 (9.5 - 13.5)	33	6.6 (5.9 - 7.6)	<0.01
Without <sup>b</sup>	Sta. Mónica	30	8.9 (7.2 - 12.4)	29	6.8 (5.1 - 8.1)	<0.01

<sup>a</sup> Inside manganiferous zone

<sup>b</sup> Outside manganiferous zone

n= Number of participants

<sup>c</sup> Wilcoxon test

# Results

## Effect of Environmental Management Programa on daily average concentrations of Mn in PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>. Hidalgo, Mexico (2002-2013).

Reduction of 92.2% of the average concentrations of Mn in PM<sub>10</sub>

Reduction of 85% of the average concentrations of Mn in PM<sub>2.5</sub>

	Mn in PM <sub>10</sub>			Mn in PM <sub>2.5</sub>		
	$\beta^a$	C.I.95%	Value p	$\beta^a$	C.I.95%	Value p
Mn in PM <sup>b</sup>	-2.55	-4.34 – 0.75	<0.01	-1.88	-2.90 – -0.86	<0.01
Particulate matter <sup>c</sup>	0.01	-1E-3 0.02	0.09	0.02	0.01 - 0.03	<0.01
Average Temperature	-0.24	-0.37 - 0.12	<0.01	0.003	-0.02 - 0.03	0.80
Average RH	-0.03	-0.05 - 0.01	0.01	-0.01	-0.01 - 0.001	0.12
Average wind speed	-0.36	-1.34 - 0.62	0.47	0.02	-0.05 - 0.09	0.63

<sup>a</sup>Differences in differences (impact estimator (95%IC)).

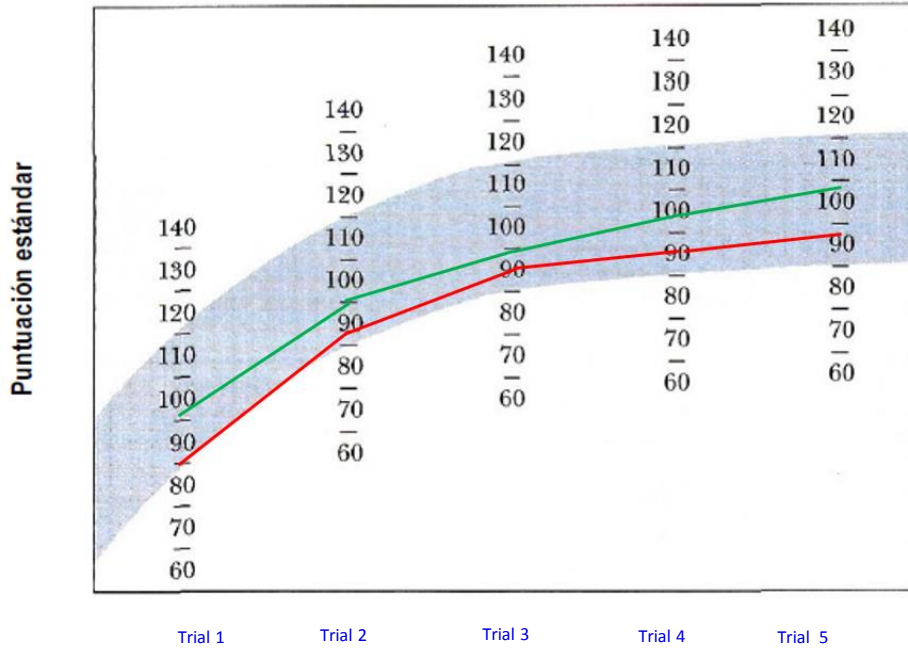
<sup>b</sup>Mn in PM<sub>10</sub> o Mn en PM<sub>2.5</sub> according to each model.

<sup>c</sup>PM<sub>10</sub> o PM<sub>2.5</sub> according to each model.

# CAVLT-2 standard scores 2006 vs 2013

Learning Curve Profile.

Perfil de curva de aprendizaje

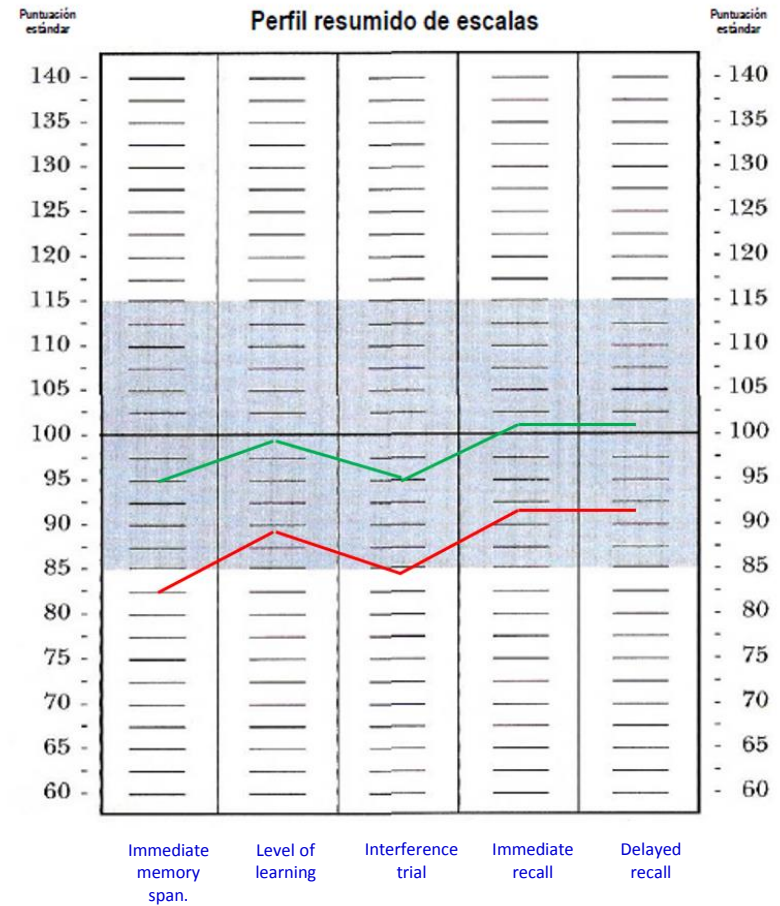


p. Value  $\leq 0.05$ . T Student.

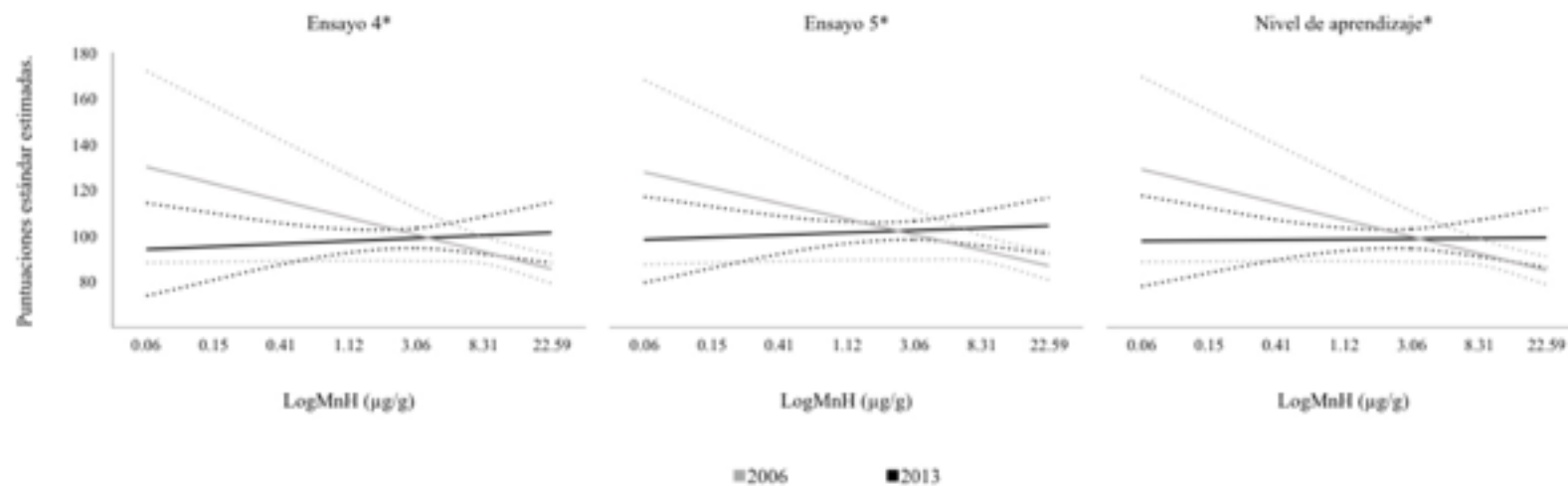
— Mining Area 2013. n=74

— Mining Area 2006. n=72

Summary Scale Profile



CAVLT-2 puntuaciones estándar estimadas para diferentes concentraciones de MnH, estratificado por fase. \*p-valor  $\leq 0.10$



# CONCLUSIONES

- Los estudios en sitios contaminados requieren de información sobre la exposición y los efectos en las poblaciones vulnerables
- Se generó **conocimiento actualizado en aspectos ambientales, sociales y de salud relacionados con el manganeso**, con el fin de orientar programas y políticas regionales, mismas que pudieron evaluarse
- Aún cuando las recomendaciones se realizaron con fundamento en el conocimiento disponible, mismo que fue colectado y analizado durante un largo periodo de tiempo, la disponibilidad para actuar dependía de las condiciones políticas, dirigida por intereses electorales
- Entre los principales en este caso se encuentran
  - La necesidad de una vigilancia permanente de la calidad del aire
  - La vigilancia en los nuevo sitios de explotación del manganeso



# LECCIONES APRENDIDAS

- ✓ Participación de múltiples disciplinas, integración de un enfoque multidisciplinario
- ✓ Enfoque multidisciplinario que requiere los mejores métodos de cada una de las disciplinas involucradas
- ✓ Encontramos dificultades en la integración real de las ciencias sociales con las biológicas
- ✓ El enfoque ecosistémico requiere un proyecto de investigación multi etapas. Los resultados finales y la integración podrían tomar varios años
- ✓ El enfoque ecosistémico permite ubicar los puntos clave en el ambiente eco-social para intervenciones
- ✓ El mejor conocimiento no es suficiente sin el análisis social y de los actores para tomar las decisiones políticas adecuadas

# Grupo de investigación

## **Instituto Nacional de Salud Pública.**

- Horacio Riojas, PhD
- Sandra Rodríguez, MSc
- David Hernández, MSc
- Marlenne Cortez , MSc
- Astrid Schilmann H, MSc
- Rafael Santibañez, Tec
- Eva Sabido MSc

## **Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía.**

- Yaneth Rodríguez, PhD
- Rodolfo Solis, BA
- Sergio Montes, PhD
- Camilo Ríos, PhD
- Alejandra Mondragón, BA

## **Programa Universitario del Medio Ambiente, UNAM.**

- Irma Rosas, PhD

## **Instituto de Geología, UNAM.**

- Christine Siebe, PhD

## **Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.**

- Aron Jazcilevic, PhD

## **Instituto de Investigaciones Multidisciplinarias, UNAM.**

- Fernanda Paz, PhD

## **Instituto de Enfermedades Respiratorias.**

- Minerva Catalán MSc

*Financiado por el IDRC, Canadá*

**GRACIAS.....**

➤ Program effect over the average daily concentration of Mn in PM<sub>10</sub> or Mn in PM<sub>2.5</sub>

Using **Difference-in-differences through multilevel linear regression models:**

$$y_{ij} = \beta_0 + \beta_1 t_{ij} + \beta_2 T + \beta_3 P + \beta_4 T * P + \zeta_j^{(2)} + e_{ij}$$

Where:

$t_{ij}$  is the time at measurement  $i$  for monitor  $j$

$T$  is the indicator variable of the intervention (1=yes, 0=no)

$P$  is the indicator variable for the period of time posterior to the program

$T * P$  is the multiplicative term that would serve to estimate the double difference

**$\beta_4$  represents the estimator of the difference in differences**

The models were adjusted by potential confounders: PM, temperatura, relative humidity, wind speed.

- Evaluation of the change of the **Mn in blood** concentrations pre-post Program,  
Multilevel linear regression model,  
Participant's Id was the grouping variable of the measurements repeated to the interior of the subject on level one
- Evaluation of the **interaction between the concentrations of Mn in PM<sub>10</sub> and the time of intervention (0=pre, 1=post)**.
- The models were adjusted by potential confounders: Mn in PM<sub>10</sub>, hemoglobin, age and community.

# Results

# Results

## Estimated change in blood Mn in adult communities with EMP. Hidalgo, Mexico (2002-2013).

	Multivariable Model			
	$\beta^a$	C.I. <sub>95%</sub>		Value p
Mn in PM <sub>10</sub>	0.06	-0.02 0.15		0.17
Intervention	-0.05	-0.22 0.12		0.56
Mn in PM <sub>10</sub> * intervention	-0.39	-0.64 -0.14		<0.01
Hemoglobin	-0.03	-0.08 0.03		0.36
Age	-4E-3	-0.01 2E-3		0.21
Sex	0.03	-0.16 0.23		0.73
Chiconcoac	-0.09	-0.31 0.14		0.45
Tolago	-0.14	-0.37 0.09		0.23

The mean concentration of Mn in blood was less in the time of post intervention (1=2013) than in the pre (0=2012)

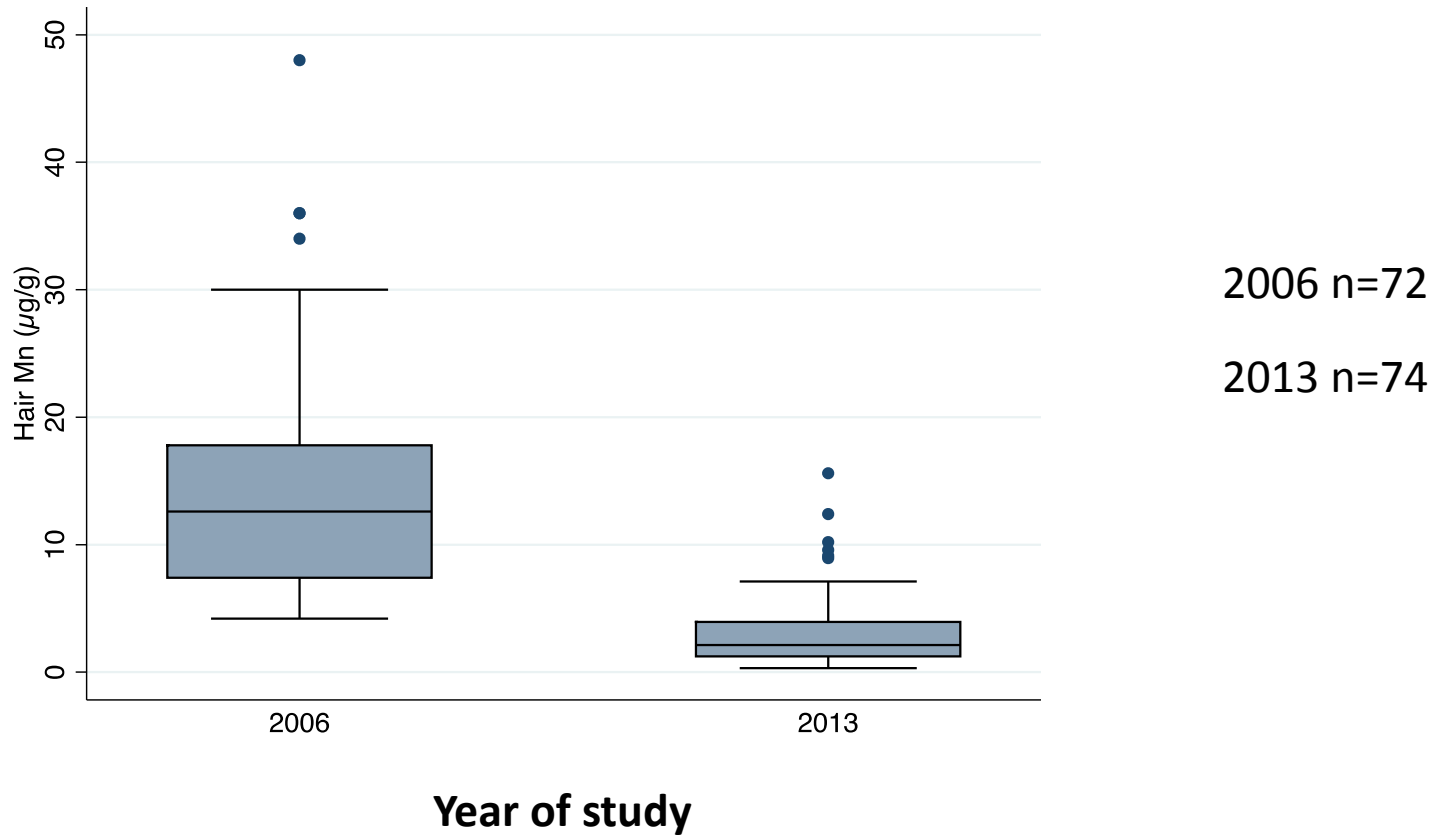
<sup>a</sup> Blood Mn estimator (95%IC), n=104 observaciones.

It was used the median of Mn in PM<sub>10</sub>. Intervention: 0=pre(2002), 1=post(2013).





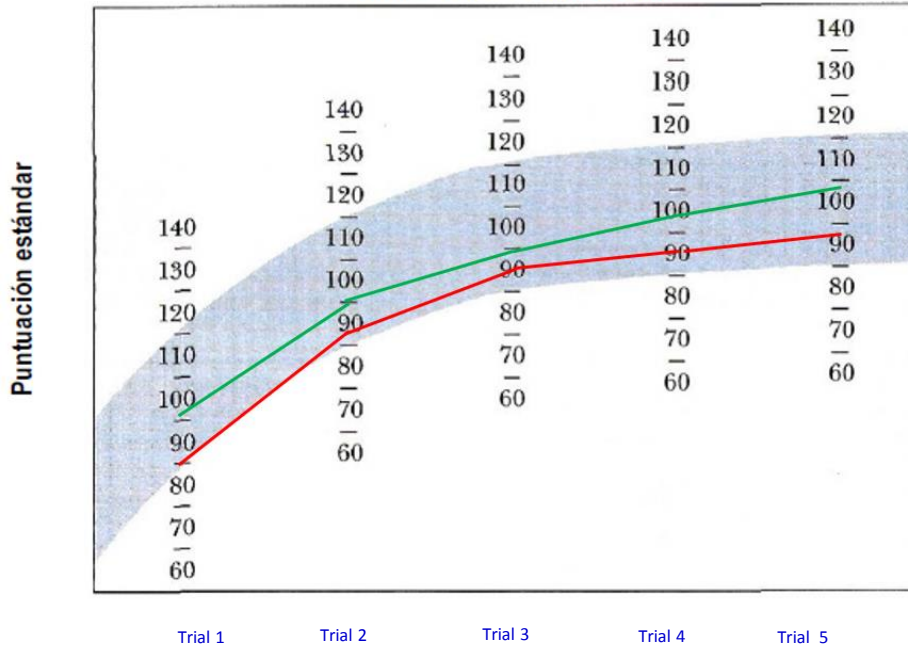
# Manganese Hair levels in children



# CAVLT-2 standard scores 2006 vs 2013

Learning Curve Profile.

Perfil de curva de aprendizaje

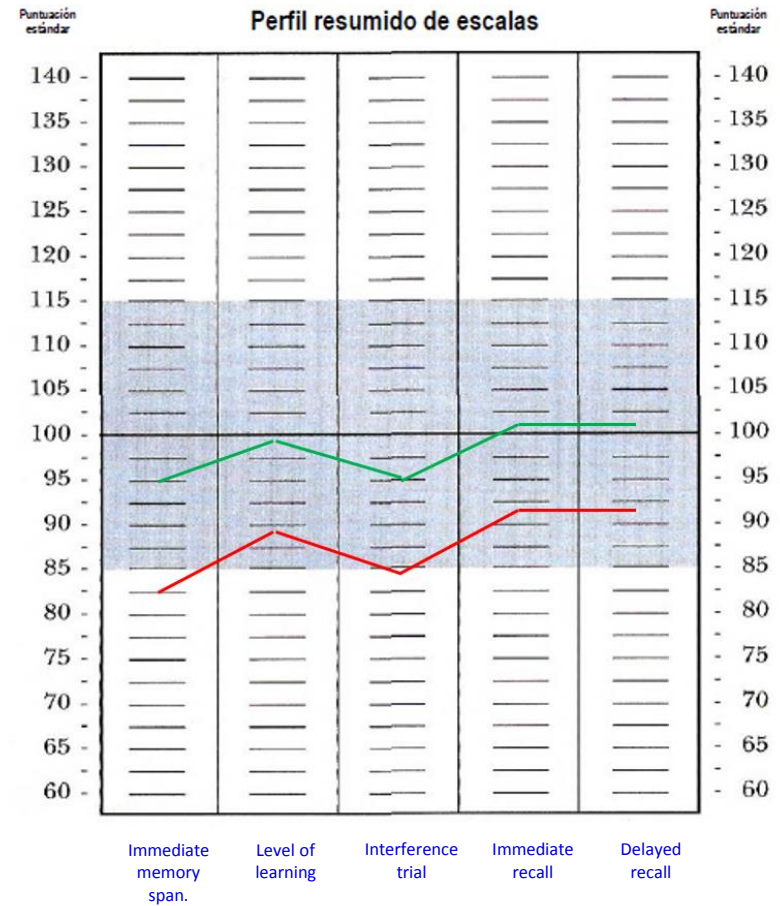


p. Value  $\leq 0.05$ . T Student.

— Mining Area 2013. n=74

— Mining Area 2006. n=72

Summary Scale Profile



- ❖ The results of the present study show an impact of the environmental enhancement program over the decrease of the Mn in air concentrations.
- ❖ Levels of Mn in PM<sub>10</sub>, remain high, which is why it is necessary to amplify the EMP to sources not yet controlled, as well as it is also recomendable to permanently watch the air levels and further yet to establish permissible limits for Mn in PM<sub>10</sub>

- ❖ The effect of Mn in air over Mn in blood was different for the two evaluated periods.
- ❖ Globally, the mean of Mn in blood decreased, result that must be taken with reserve due to of the complexity of the meaning of the biomarker
- ❖ Significant differences were found in Verbal Learning test in schoolchildren between both study periods

**Thanks**

