

ELEMENTOS PARA EL ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE PLOMO EN SANGRE EN MUESTRAS POBLACIONALES

Dra. María Alejandra Terrazas Meraz





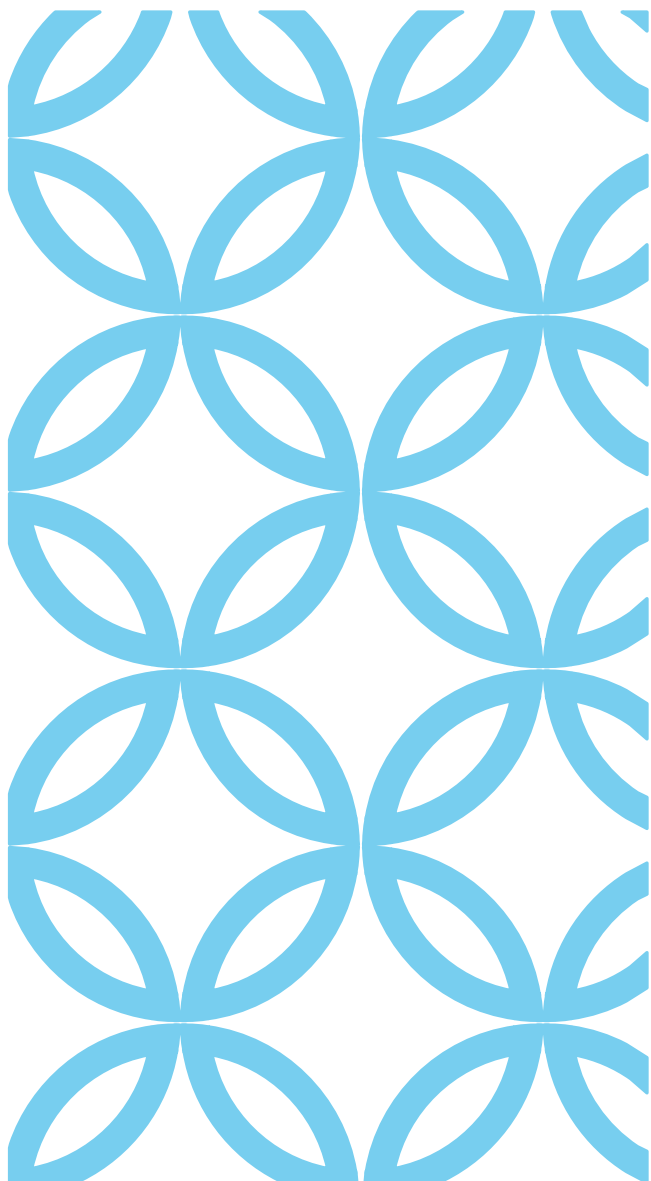
CONTENIDO

GENERALIDADES

DISTRIBUCIÓN

PLANTEAMIENTOS

PROPUESTA



MÁS DE 20 – 30
AÑOS DE
INVESTIGACIÓN
EN MÉXICO

1997 Se elimina
el plomo de las
gasolinas

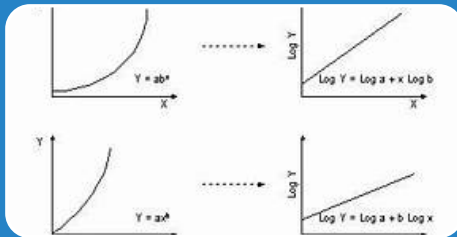
2000 nuevas
normas para
eliminar el Pb del
vidriado

2012 la
CCD reduce
a $<5\mu\text{g}/\text{dL}$

ENSANUT 2018

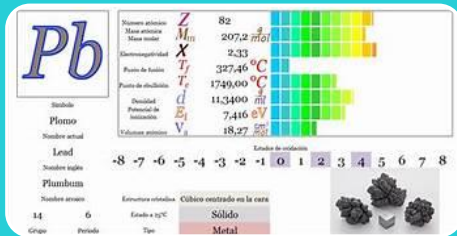
**GENERALIDADES: CONTEXTO DE LA
INTOXICACIÓN POR PLOMO EN MÉXICO**

DISTRIBUCIÓN: Tres formas de analizar los niveles de plomo en sangre / importancia de la transformación de las variables



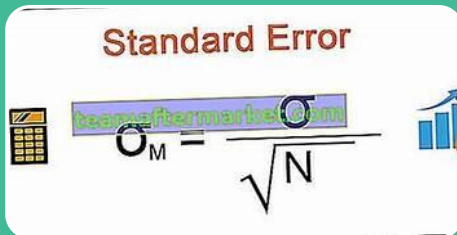
Transformación logarítmica

- Ventajas: Consistencia en las referencias
- Desventajas: interpretación de resultados



Categorías por niveles criterio

- Ventajas: Modelos de regresión logística
- Poco sensible, se pierde la sutileza del dato



Errores estándar robustos

- Ventajas: Se interpreta en la escala natural de la variable
- Desventajas: No hay consistencia en las referencias

PROCESO

Datos



Determinar
distribución
(transforma
variable)



Seleccionar
método de
análisis

ENSANUT 2018

- ✓ Método de muestreo conocido

(ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/doctos/metodologia/ensanut_2018_diseno_muestral.pdf)

- ✓ Bases de datos abiertas

(<https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanut2018/descargas.php>)

Niños menores de 5 años $n=1,355$

```
svyset UPM, strata(ESTRATO) weight(FACTOR_MC)  
vce(linearized) singleunit(missing)
```

```
Number of strata = 4  
Number of PSUs  = 847
```

```
Number of obs    = 1,355  
Population size  = 3,816,976  
Design df       = 843
```

tabout ENT SEXO EDAD P10 REGION using "D:\Trabajo 2023\investigación\Stata plomo\tabla resumen pb niños1.txt"
 if inf==1, c(mean p9num ci) replace h3(Tabla de resumen de plomo en sangre en niños evaluados en la ENSANUT
 2018) sum svy

Clave de Entidad Federativa	Región									
	Norte		Centro		Ciudad de México		Sur		Total	
	M	IC	M	IC	M	IC	M	IC	M	IC
01 AGUASCALIENTES			5.4	[4.7,6.1]					5.4	[4.7,6.1]
02 BAJA CALIFORNIA	4.1	[3.7,4.6]							4.1	[3.7,4.6]
03 BAJA CALIFORNIA SUR	4.9	[4.4,5.4]							4.9	[4.4,5.4]
04 CAMPECHE							5.7	[3.9,7.4]	5.7	[3.9,7.4]
05 COAHUILA DE ZARAGOZA	4	[3.7,4.4]							4	[3.7,4.4]
06 COLIMA			6.3	[5.2,7.4]					6.3	[5.2,7.4]
07 CHIAPAS							4.9	[4.0,5.8]	4.9	[4.0,5.8]
08 CHIHUAHUA	4.3	[3.7,4.8]							4.3	[3.7,4.8]
09 DISTRITO FEDERAL					4.8	[4.2,5.5]			4.8	[4.2,5.5]
10 DURANGO	4.7	[4.1,5.3]							4.7	[4.1,5.3]
11 GUANAJUATO			4.8	[4.2,5.3]					4.8	[4.2,5.3]
12 GUERRERO							5.3	[4.4,6.2]	5.3	[4.4,6.2]
13 HIDALGO							5.1	[4.3,5.9]	5.1	[4.3,5.9]
14 JALISCO			5.1	[4.2,6.0]					5.1	[4.2,6.0]
15 MÉXICO			6.3	[5.5,7.2]	6.6	[4.4,8.9]			6.5	[5.3,7.6]
16 MICHOACÁN DE OCAMPO			4.8	[4.1,5.4]					4.8	[4.1,5.4]
17 MORELOS			6.6	[5.2,8.1]					6.6	[5.2,8.1]
18 NAYARIT			5	[4.3,5.6]					5	[4.3,5.6]
19 NUEVO LEÓN	4.8	[3.9,5.7]							4.8	[3.9,5.7]
20 OAXACA							7	[5.9,8.1]	7	[5.9,8.1]
21 PUEBLA							6.6	[5.1,8.1]	6.6	[5.1,8.1]
22 QUERÉTARO			4.8	[4.0,5.6]					4.8	[4.0,5.6]
23 QUINTANA ROO							5.4	[3.8,7.0]	5.4	[3.8,7.0]
24 SAN LUIS POTOSÍ			5.7	[4.6,6.7]					5.7	[4.6,6.7]
25 SINALOA			4.4	[4.0,4.7]					4.4	[4.0,4.7]
26 SONORA	4.4	[4.2,4.6]							4.4	[4.2,4.6]
27 TABASCO							4	[3.8,4.2]	4	[3.8,4.2]
28 TAMAULIPAS	5.4	[4.5,6.2]							5.4	[4.5,6.2]
29 TLAXCALA							6.4	[5.5,7.3]	6.4	[5.5,7.3]
30 VERACRUZ DE IGNACIO DE LA LLAVE							4.8	[4.1,5.5]	4.8	[4.1,5.5]
31 YUCATÁN							4.2	[3.8,4.6]	4.2	[3.8,4.6]
32 ZACATECAS			4.7	[4.3,5.0]					4.7	[4.3,5.0]
Total	4.6	[4.4,4.9]	5.4	[5.1,5.8]	5.6	[4.5,6.7]	5.7	[5.1,6.3]	5.4	[5.1,5.7]

https://www.ianwatson.com.au/stata/about_tutorial.pdf

	Región									
	Norte		Centro		Ciudad de México		Sur		Total	
	M	IC	M	IC	M	IC	M	IC	M	IC
(NOMBRE) es hombre/es mujer.										
Hombre	4.5	[4.2,4.7]	5.4	[4.9,5.9]	6.7	[4.8,8.6]	5.8	[5.1,6.5]	5.6	[5.1,6.0]
Mujer	4.8	[4.3,5.3]	5.4	[4.9,5.9]	4.5	[4.0,5.1]	5.6	[4.8,6.5]	5.2	[4.9,5.6]
Total	4.6	[4.4,4.9]	5.4	[5.1,5.8]	5.6	[4.5,6.7]	5.7	[5.1,6.3]	5.4	[5.1,5.7]
Edad										
1	4.4	[4.0,4.8]	6	[4.9,7.2]	5.6	[3.2,8.1]	5.3	[4.6,6.0]	5.4	[4.8,6.1]
2	4.8	[4.3,5.4]	5.4	[4.7,6.2]	5.5	[2.9,8.0]	5.4	[4.8,5.9]	5.3	[4.8,5.8]
3	4.5	[4.2,4.7]	5.1	[4.6,5.5]	5.1	[4.1,6.2]	6.3	[4.7,7.9]	5.4	[4.8,6.0]
4	4.8	[4.1,5.5]	5.3	[4.7,5.8]	5.9	[4.2,7.7]	5.8	[5.1,6.6]	5.5	[5.0,6.0]
Total	4.6	[4.4,4.9]	5.4	[5.1,5.8]	5.6	[4.5,6.7]	5.7	[5.1,6.3]	5.4	[5.1,5.7]
NOMBRE) tuvo valores elevados de plomo en sangre ¿a qué cree usted que se debe										
Al uso de cazuela, ollas, platos u otros trastes de barro vidriado	5.6	[5.1,6.1]	7.9	[6.9,8.8]	10.2	[5.2,15.2]	9	[7.6,10.5]	8.6	[7.7,9.6]
Otro (especifica)	7.9	[5.9,9.8]	7.6	[6.4,8.8]	6.7	[6.1,7.2]	5.8	[5.2,6.4]	7.4	[6.6,8.2]
No sabe	6.2	[5.7,6.7]	7.7	[6.7,8.7]	8.1	[5.1,11.2]	7.7	[6.8,8.5]	7.5	[6.7,8.3]
Total	6.7	[6.0,7.3]	7.8	[7.2,8.4]	8.4	[6.5,10.4]	8.5	[7.5,9.5]	8	[7.4,8.5]

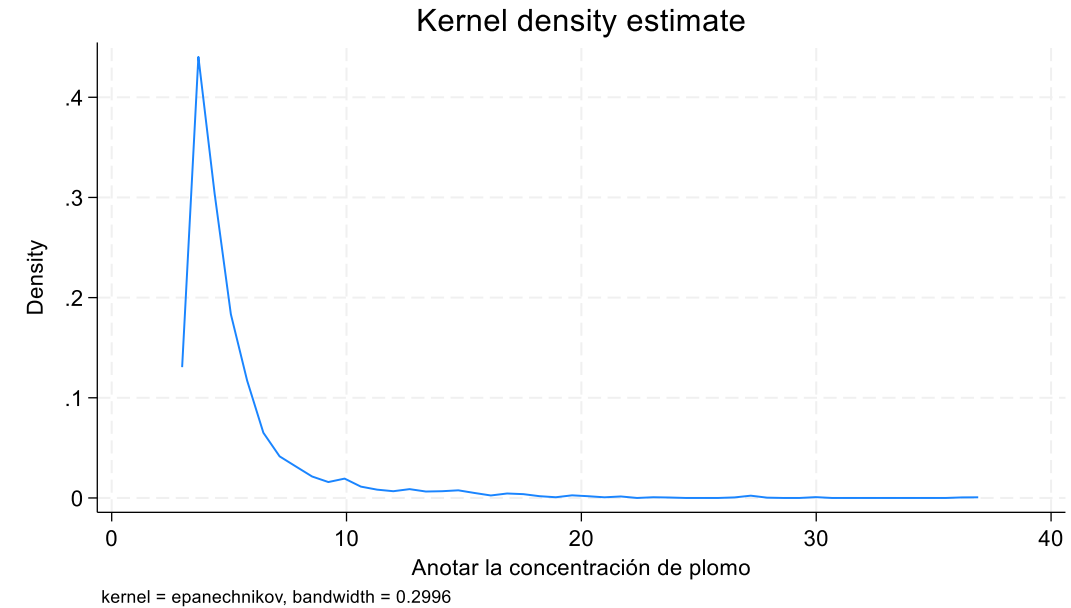
Tabla de resumen de plomo en sangre en niños evaluados en la ENSANUT 2018

	n	Media	P50	Min	Max
Entidad Federativa					
02 BAJA CALIFORNIA	17	4	3.6	3.3	5.6
06 COLIMA	22	6.4	4.6	3.3	13.9
15 MEXICO	50	6.6	5.2	3.4	27.3
20 OAXACA	83	7.2	5.6	3.3	27.3
27 TABASCO	29	4	3.9	3.3	5.5
29 TLAXCALA	81	6.4	5	3.3	19.9
31 YUCATAN	25	4.1	3.8	3.3	7
(NOMBRE) es hombre/es mujer.					
Hombre	711	5.3	4.4	3.3	36.6
Mujer	644	5.4	4.3	3.3	27.3
Edad					
1	314	5.4	4.3	3.3	30
2	353	5.4	4.4	3.3	21.6
3	340	5.2	4.3	3.3	36.6
4	348	5.4	4.4	3.3	23.3
(NOMBRE) tuvo valores elevados de plomo en sangre ¿a qué cree usted que se debe					
Al uso de cazuela, ollas, platos u otros trastes de barro vidriado	153	8.3	6.5	5	36.6
Otro (especifica)	52	8.5	7.1	5	26.9
No sabe	268	7.7	6.1	5	27.3
Región					
Norte	269	4.9	4.2	3.3	26.9
Centro	550	5.2	4.3	3.3	23.3
Ciudad de México	46	5.7	4.3	3.4	27.3
Sur	490	5.8	4.5	3.3	36.6
Total	1,355.00	5.3	4.4	3.3	36.6

DESCRIPCIÓN DE LOS DATOS

Anotar la concentración de plomo

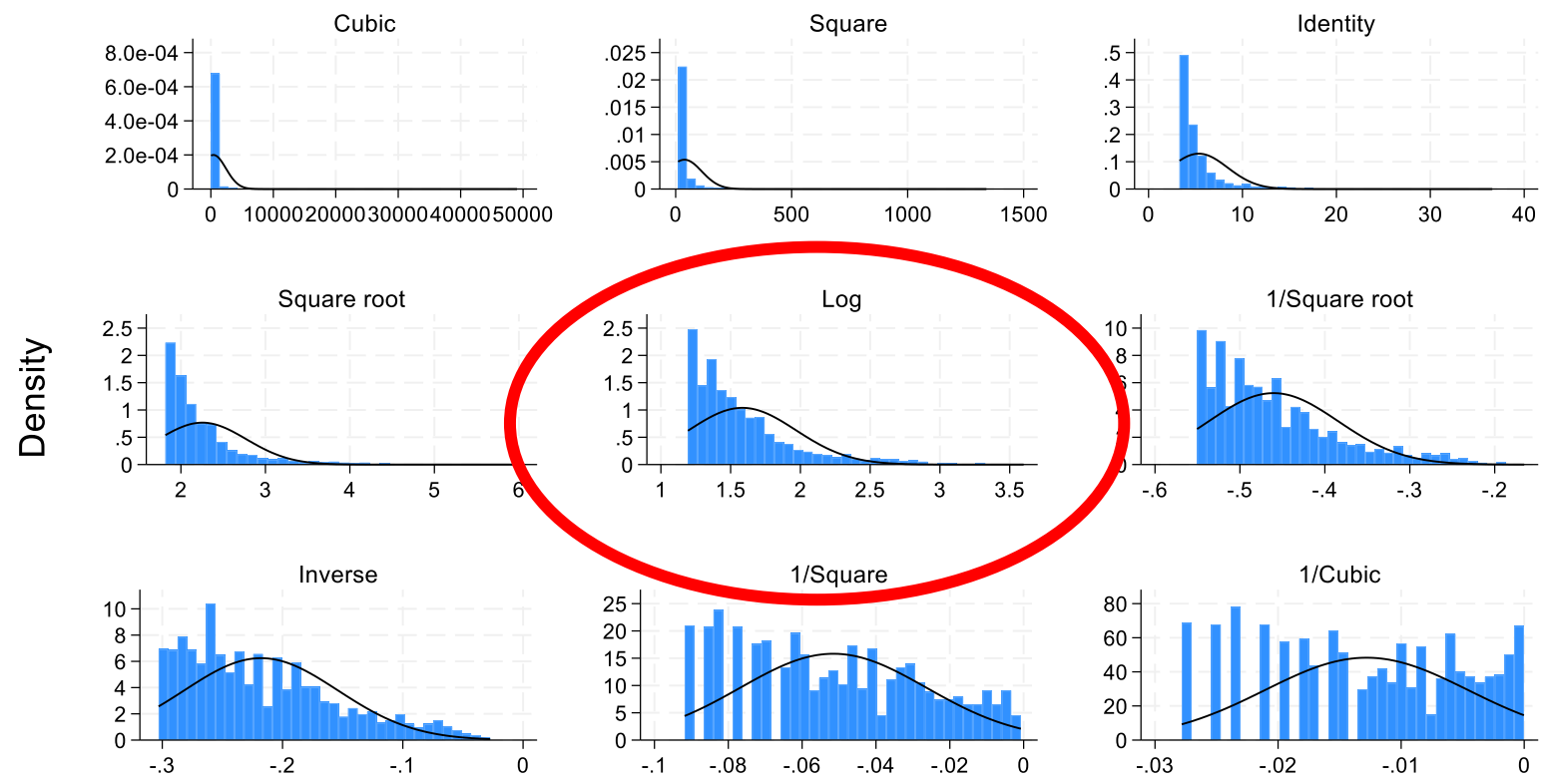
Percentiles	Smallest		
1%	3.3	3.3	
5%	3.3	3.3	
10%	3.4	3.3	Obs
25%	3.7	3.3	Sum of Wgt.
50%	4.4		Mean
		Largest	Std. Dev.
75%	5.6	27.3	
90%	8.1	27.3	Variance
95%	11.3	30	Skewness
99%	18.4	36.6	Kurtosis



Toma de muestras con Lead care®

Límite de detección 3.3 µg/dL

Datos de referencia para riesgos para la salud infantil 5 µg/dL



```
. ladder p9num if inf==1
```

Transformation	Formula
Cubic	$p9num^3$
Square	$p9num^2$
Identity	$p9num$
Square root	$\sqrt{p9num}$
Log	$\log(p9num)$
1/(Square root)	$1/\sqrt{p9num}$
Inverse	$1/p9num$
1/Square	$1/(p9num^2)$
1/Cubic	$1/(p9num^3)$

Anotar la concentración de plomo

Histograms by transformation

.	.
859.59	0.000
576.76	0.000
347.08	0.000
177.42	0.000
83.63	0.000
260.26	0.000
469.18	0.000



VARIABLES CON TRANSFORMACIÓN

```
. gen logp9num=log(p9num)  
(1,909 missing values generated)
```

← Por consistencia

```
. gen censura=1 if p9num<3.3  
(1,486 missing values generated)
```

← Por instrumento

```
. recode p9num min/5=0 5/max=1 , gen( p9dic )  
(1,486 differences between p9num and p9dic)
```

← Por norma

MODELO TEÓRICO

$$PbS = \alpha + \beta_1 \text{RegionNorte} + \beta_2 \text{Edad} + \beta_3 \text{Sexo} + \varepsilon$$

Se descartó P10 por solo haberse preguntado a los padres de niños con niveles $>5\mu\text{g/dL}$

```
. reg logp9num reg1 EDAD SEX0 if inf==1
```

Source	SS	df	MS	Number of obs	=	1,355
Model	1.48403993	3	.494679978	F(3, 1351)	=	3.38
Residual	197.973484	1,351	.146538478	Prob > F	=	0.0178
Total	199.457524	1,354	.14730984	R-squared	=	0.0074
				Adj R-squared	=	0.0052
				Root MSE	=	.3828

logp9num	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
reg1	-.0814088	.0260792	-3.12	0.002	-.1325689	-.0302487
EDAD	-.001813	.0093921	-0.19	0.847	-.0202377	.0166117
SEX0	.0106275	.0208313	0.51	0.610	-.0302377	.0514927
_cons	1.589203	.0405466	39.19	0.000	1.509662	1.668745

```
. reg p9num reg1 EDAD SEXO if inf==1, robust
```

Linear regression

```
Number of obs   =   1,355  
F(3, 1351)      =     3.99  
Prob > F        =     0.0077  
R-squared       =     0.0061  
Root MSE       =     3.0693
```

p9num	Robust					
	Coefficient	std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
reg1	-.5958676	.1756564	-3.39	0.001	-.9404566	-.2512787
EDAD	-.0248552	.0767016	-0.32	0.746	-.1753223	.125612
SEXO	.0045921	.1659333	0.03	0.978	-.3209229	.3301071
_cons	5.524252	.3565595	15.49	0.000	4.824782	6.223723

Tobit regression

Number of obs = 1,355

Uncensored = 1,281

Left-censored = 74

Right-censored = 0

Limits: Lower = 3.30

Upper = +inf

LR chi2(3) = 7.55

Prob > chi2 = 0.0564

Log likelihood = -3372.1148

Pseudo R2 = 0.0011

p9num	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
reg1	- .5978959	.2187904	-2.73	0.006	-1.027101	-.1686904
EDAD	- .0238814	.0788186	-0.30	0.762	-.1785015	.1307387
SEX0	.004808	.1747196	0.03	0.978	-.3379429	.3475589
_cons	5.415194	.3406768	15.90	0.000	4.746882	6.083507
var(e.p9num)	10.16651	.4046411			9.402915	10.99211


```
. logistic p9dic reg1 EDAD SEX0 if inf==1
```

Logistic regression

Number of obs = 1,355

LR chi2(3) = 4.97

Prob > chi2 = 0.1743

Log likelihood = -857.42973

Pseudo R2 = 0.0029

p9dic	Odds ratio	Std. err.	z	P> z	[95% conf. interval]	
reg1	.7409567	.1113778	-1.99	0.046	.5518785	.9948148
EDAD	.9762556	.0509497	-0.46	0.645	.8813335	1.081401
SEX0	1.093391	.1266123	0.77	0.441	.8713813	1.371964
_cons	.4868818	.1098072	-3.19	0.001	.3129326	.7575239

Note: **_cons** estimates baseline odds.

	Comparación de resultados									
	Resultado de la regresión									
	Lineal		Logística		EE Robustos		Tobit		Tobit	
	Transformación logarítmica		>10ug/dL		Natural		Natural censurada		Transformación logarítmica	
	Coef	Valor p	OR	Valor p	Coef	Valor p	Coef	Valor p	Coef	Valor p
PbS										
Otras Regiones										
Región Norte	-0.082	0.002	0.741	0.047	-0.594	0.001	-0.597	0.006	-0.082	0.002
Edad del niño										
1										
2	0.005	0.879	0.976	0.885	-0.041	0.868	-0.005	0.985	0.005	0.879
3	-0.020	0.501	0.874	0.418	-0.172	0.503	-0.154	0.540	-0.0201	0.501
4	0.002	0.945	0.956	0.785	-0.042	0.864	-0.031	0.900	0.002	0.945
Sexo										
Mujer										
Hombre	0.010	0.630	1.090	0.457	-0.001	0.999	0.001	0.995	0.01	0.629
_cons	1.500	0.000	0.484	0.001	5.533	0.000	5.415	0.000	1.588	0.000
R2Adj	0.004		0.003		0.006		0.001		0.008	
Valor p reg	0.052		0.356		0.019		0.158		0.0517	
AIC	1250.221		1726.310		6891.955		6754.23		1252.22	
n=1355										

ALGUNAS REFERENCIAS

Tellez-Rojo MM, Bautista-Arredondo LF, Trejo-Valdivia B, Tamayo-Ortiz M, Estrada-Sánchez D, Kraiem R, Pantic I, Mercado-García A, Romero-Martínez M, Shamah-Levy T, Fuller R, Cantoral A. Análisis de la distribución nacional de intoxicación por plomo en niños de 1 a 4 años. Implicaciones para la política pública en México. *Salud Publica Mex.* 2020;62:627-636. <https://doi.org/10.21149/11550>

Hong SB, Im MH, Kim JW, Park EJ, Shin MS, Kim BN, Yoo HJ, Cho IH, Bhang SY, Hong YC, Cho SC. Environmental lead exposure and attention deficit/hyperactivity disorder symptom domains in a community sample of South Korean school-age children. *Environ Health Perspect.* 2015 Mar;123(3):271-6. doi: 10.1289/ehp.1307420.

Surkan PJ, Zhang A, Trachtenberg F, Daniel DB, McKinlay S, Bellinger DC. 2007. Neuropsychological function in children with blood lead levels < 10 µg/dL. *Neurotoxicology* 28(6):1170-1177. [Crossref](#), [Medline](#), [Google Scholar](#)

Terrazas-Meraz MA, Hernández-Cadena L, Rueda-Hernández GE, Romano-Riquer SP, Shamah-Levy T, Villalpando-Hernández S, Téllez-Rojo Solís MM, Hernández-Ávila M. Uso de cerámica vidriada como fuente de exposición a plomo en niños indígenas de zonas marginadas de Oaxaca, México. *Salud Publica Mex* 2015;57:260-264.

INFORMACIÓN DE CONTACTO

María Alejandra Terrazas Meraz

maria.alejandra@uaem.mx

