



UNIVERSIDAD
DE LA REPUBLICA
URUGUAY

La exposición al plomo en los niños uruguayos y sus efectos en los desempeños educativos

Un estudio en base a los datos de la Unidad Pediátrica
Ambiental

Lucía Suarez Ferrer

Programa de Posgrado Maestría en Economía
Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Universidad de la República

Montevideo – Uruguay
Setiembre de 2021

La exposición al plomo en los niños uruguayos y sus efectos en los desempeños educativos

Un estudio en base a los datos de la Unidad Pediátrica
Ambiental

Lucía Suarez Ferrer

Tesis de Maestría presentada al Programa de Posgrado Maestría en Economía, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración de la Universidad de la República, como parte de los requisitos necesarios para la obtención del título de Magíster en Economía.

Directora:

Prof. Andrea Vigorito

Directora académica:

Prof. Andrea Vigorito

Montevideo – Uruguay

Setiembre de 2021

Suarez Ferrer, Lucía

La exposición al plomo en los niños uruguayos y sus efectos en los desempeños educativos / Lucía Suarez Ferrer. - Montevideo: Universidad de la República, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración, 2021.

VIII, 70 p. 29, 7cm.

Directora:

Andrea Vigorito

Directora académica:

Andrea Vigorito

Tesis de Maestría – Universidad de la República, Programa Maestría en Economía, 2021.

Referencias bibliográficas: p. 51 – 56.

1. exposición a plomo, 2. educación, 3. intervenciones en infancia, 4. Uruguay, 5. plumbemia, 6. JEL: I12, I18, I29, Q53. I. Vigorito, Andrea, . II. Universidad de la República, Programa de Posgrado Maestría en Economía. III. Título.

INTEGRANTES DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Montevideo – Uruguay
Setiembre de 2021

Agradecimientos

Mis primeros agradecimientos son a Andrea Vigorito, tutora de este trabajo y directora académica durante los cursos de la Maestría, por el apoyo y motivación a lo largo del proceso de elaboración de la tesis, su guía y dedicación han sido fundamentales. Al Programa de Maestría en Economía y la Comisión Académica de Posgrados (CAP) por apoyar económicamente el proyecto.

Agradezco ampliamente a Darío Pose por interesarse en este trabajo y apoyar en la coordinación de la fusión de las bases de datos y conectar las instituciones que las proveyeron. En este punto, aprovecho a agradecer a la Unidad Pediátrica Ambiental y su equipo, compuesto por Darío Pose, María José Moll, Adriana Sosa, Sergio Machado, Florencia del Cioppo, Carolina Juarena y Jennifer Aguirre, quienes apoyaron el proceso de digitalización de la información necesaria para llevar adelante el trabajo y a las direcciones del Departamento de Toxicología, Amalia Laborde, y de ASSE-RAP Metropolitana, Daniela Raymundo, quienes avalaron la participación de dicha unidad. Además, agradezco al equipo de la Unidad de Análisis e Intervención de la Administración Nacional de Educación Pública, Carolina Ponazo, Verónica Masa y Darío Pose, por proveer de una de las fuentes de información para llevar adelante el trabajo. Agrego también el agradecimiento a Alejandro Retamoso por asesorarnos a Darío y a mí en la gestión de los datos de ANEP.

Asimismo, agradezco a todas las personas que aceptaron entrevistas y consultas sobre el procesos del trabajo de tesina y los resultados, y brindaron comentarios valiosos para mejorar el trabajo, entre estas personas se encuentra el Equipo de Desigualdad y Pobreza del Instituto de Economía, quienes me brindaron un espacio de intercambio. También agradezco a Ana Balsa, Gabriel Barg, María José Moll, Graciela Sanroman y Patricia Triunfo, que escucharon mis consultas y aportaron comentarios.

Finalmente, agradezco a mi familia, amigas y amigos por su apoyo, especialmente a Adrián Morchio quien me motivó incansablemente.

RESUMEN

En el presente trabajo se estudian los efectos de las intervenciones realizadas por la Unidad Pediátrica Ambiental (UPA) en niños expuestos a contaminación por plomo en Uruguay, sobre sus desempeños educativos, aproximados mediante las calificaciones de rendimiento y conducta, en educación primaria pública entre los años 2013 y 2019. En Uruguay, la UPA atiende a niños y adolescentes del sistema de salud pública, con exposición a contaminantes ambientales, incluyendo el plomo. Por primera vez en Uruguay, en este trabajo se contribuye en analizar una base de datos representativa de esta población, y se evalúa el impacto del conjunto de intervenciones aplicadas por la UPA. Es amplia la literatura internacional (en su mayoría para países desarrollados) que vincula la exposición a plomo con deterioros del coeficiente intelectual y desempeños educativos, tanto cognitivos como comportamentales. En particular, se encuentran efectos positivos de las intervenciones de reducción del plomo ambiental en mejoras de rendimiento académico y de conducta. La información utilizada para este trabajo fusiona datos de historias clínico-ambientales de la UPA (2010 a 2019), e información de las calificaciones de rendimiento y conducta individuales en educación primaria pública en los años 2013 a 2019 (ANEP). Para identificar los efectos de las intervenciones, se utilizó el método de diseño de regresión discontinua difusa, explotando que las intervenciones se aplican cuando el plomo en sangre supera el umbral $5\mu\text{g}/\text{dl}$. Los resultados muestran una mejora de un 5,4% las notas de conducta en el grupo de niños que fue asignado a la intervención, dos años después del inicio de ésta, y que el tratamiento parece tener un efecto mayor en el umbral a partir del cual la conducta es considerada suficiente, dado que la magnitud del efecto aumenta a 10,5%. Se encuentran también resultados significativos, pero de menor precisión y magnitud, en las calificaciones de rendimiento.

Palabras clave:

exposición a plomo, educación, intervenciones en infancia, Uruguay, plumbemia, JEL: I12, I18, I29, Q53.

ABSTRACT

This study assesses the effects of public health interventions carried out by Unidad Pediátrica Ambiental (UPA) on the educational achievements of lead-exposed children that attended public primary schools between 2013 and 2019. In Uruguay, UPA is in charge of detecting and assisting children and adolescents exposed to environmental pollutants, including lead. One of the contributions this study makes is that a representative database of this population is used. There is an extensive international literature showing that lead-exposure is associated with diminished IQ, and worsened cognitive and behavioral outcomes. At the same time, previous studies (mainly assessing developed countries) identify the positive effects of environmental lead reduction interventions on educational improvements (both in academic and behavioral outcomes). This study is based on the clinical histories of the population intervened by UPA in years 2010 to 2019, which, to date, are the most comprehensive data source regarding children exposed to lead in Uruguay. The database used here combines information at the individual level from the clinical-environmental histories of the UPA (digitalized for this research), and information from the educational public system (ANEP) on educational outcomes for 2013-2019. The identification strategy is based on a Fuzzy Regression Discontinuity Design, exploiting the fact that assignment to public health interventions is based on a threshold set in terms of lead in blood levels ($5\mu\text{g}/\text{dl}$ and above). Estimation results indicate that public health interventions improve by 5,4 % the behavior grades in the group of children who had been assigned to the intervention relative to the control group. At the same time, the treatment seems to have a greater effect on the behavior sufficiency threshold, since in this case, the magnitude of the effect increases to 10,5 %. Positive coefficients were also found in regard to academic results (performance grade), but effect sizes are lower and imprecise in some specifications.

Keywords:

lead exposure, education, childhood interventions, Uruguay, blood lead level, JEL: I12, I18, I29, Q53.

Tabla de contenidos

Introducción	1
1 Antecedentes	5
1.1 Los efectos de la exposición al plomo	5
1.2 La contaminación por plomo en Uruguay	14
1.3 La Unidad Pediátrica Ambiental	17
1.4 Canales explicativos e hipótesis	21
2 Estrategia Empírica	24
2.1 Fuentes de información	24
2.2 Estrategia de estimación	29
3 Resultados	37
3.1 Estimaciones del impacto de las intervenciones de la UPA	37
3.2 Efectos heterogéneos	43
3.3 Análisis de robustez	47
4 Comentarios Finales	48
Bibliografía	51
Apéndice A Gráficos y tablas adicionales.	57
Anexo I Protocolo de la UPA e historia clínica	68

Introducción

Existe un fuerte consenso a nivel internacional con respecto a que la exposición a contaminación por plomo tiene efectos adversos en la salud humana (Goodlad et al. 2013; Hubbs-Tait et al. 2005; Marcus et al. 2010; Schwartz, 1994), y genera perjuicios en el desarrollo neurológico infantil (Grandjean y Landrigan, 2006, 2014). En particular, se han encontrado efectos negativos de la exposición temprana a plomo sobre resultados educativos y de comportamiento en niñez y adolescencia (Aizer et al. 2018; Billings y Schnepel, 2018; Ferrie et al. 2014; Rau et al. 2015; Reyes, 2015; Shadbegian et al. 2019; Zhang et al. 2013).

Una de las contribuciones de la disciplina económica a este tema, consiste en que permite considerar los impactos de la contaminación de los niños, al interpretar la exposición a contaminantes dentro de un marco mayor de producción de salud e inversiones en capital humano (Currie et al. 2013). Investigar los factores que influyen el desarrollo y desempeño cognitivos en la vida temprana puede ayudarnos a entender cómo estos, junto a las políticas que intentan generarles un impacto, podrían afectar la acumulación de capital humano y los desempeños futuros en el comportamiento social y el mercado de trabajo (Reyes, 2015). Por ejemplo, algunos trabajos que estudian efectos de la exposición infantil al plomo en el largo plazo, encontraron que ésta tuvo impacto en los ingresos en el mercado laboral en adultez temprana (Grönqvist et al. 2020; Nilsson, 2009; Rau et al. 2015). Cabe destacar que la mayoría de estos trabajos se realizan para poblaciones de países desarrollados.

Adicionalmente, existen trabajos que encuentran que los beneficios económicos de la reducción de la exposición de los niños al plomo en países desarrollados son amplios, teniendo en cuenta la reducción de costos en salud y atención médica, educación especial, crimen, entre otros (Billings y Schnepel, 2018; Gould, 2009; Grosse et al. 2002). Cabe destacar, en particular, el trabajo de Attina y Trasande (2013), quienes cuantifican la carga económica relaciona-

da a pérdidas de productividad a lo largo de la vida, asociada a la exposición a plomo en países de ingresos bajos y medios. Estiman que en el mundo la carga asociada a la exposición infantil a plomo en 2011 era de 1,20 % del PIB mundial, y para la región de América Latina esta cifra ascendía a 2,04 % de su PIB (Attina y Trasande, 2013).

Uruguay no escapa de este problema, pues existen poblaciones infantiles expuestas a plomo. Esta cuestión tomó conocimiento público en el año 2001, cuando en un barrio de Montevideo se descubrieron varios casos de niños con niveles de plomo en sangre altos, y se comenzaron a aplicar diferentes medidas para reducir la contaminación por plomo en el país. En particular, en el año 2010 comenzó a funcionar la Unidad Pediátrica Ambiental (UPA), con el objetivo de atender a los niños con algún tipo de riesgo ambiental (entre ellos la exposición al plomo). La UPA acciona bajo un protocolo que establece que, en la primer consulta, a cada paciente se le realiza una historia clínico-ambiental y un análisis de plumbemia. El resultado de esta última determina las intervenciones a ser aplicadas en cada caso.¹

Esa situación también motivó que se realizaran trabajos en Uruguay analizando poblaciones específicas de niños residentes en algunos barrios de Montevideo, los cuales encontraron que esos niños tenían promedios altos de plomo en sangre (Cousillas et al. 2008; Cousillas et al. 2005; Mañay et al. 2006; Pascale et al. 2016), por encima del umbral actual de $5\mu g/dL$. Se destaca el trabajo de Barg et al. (2018) que sugiere que niveles de plomo mayores se asocian con menor capacidad para inhibir problemas de conducta. Sin embargo, estos trabajos han analizado poblaciones muy específicas. Esta es una de las contribuciones del presente trabajo, ya que la UPA recibe a todos los niños que son atendidos por salud pública que tienen riesgos de exposición ambiental, y la base de datos tiene esa representatividad.

Además, aún no se han realizado trabajos en Uruguay que analicen la efectividad de las políticas de la UPA, y este trabajo contribuye en analizar cómo la reducción de la exposición a plomo puede mejorar desempeños en rendimiento o conducta escolar. El objetivo es, entonces, determinar si el conjunto de intervenciones coordinadas a través de la UPA y aplicadas a los niños con altos niveles de exposición a plomo, tuvieron efectos positivos sobre los desempeños en rendimiento académico, conducta y en la extraedad.

Cabe señalar, en este punto, que no existe un nivel de plomo en el organis-

¹Se adjunta el protocolo de intervención en el Anexo I.

mo que sea inocuo. Es decir que es posible que los niños con niveles supuestamente bajos de plumbemia también hayan sido afectados en cierta magnitud (Lanphear et al. 2005; Paulson y Brown, 2019; Shadbegian et al. 2019).

Las fuentes de información que se utilizan son datos de plumbemias e historias clínicas de la población que consultó en la UPA, derivados en su mayoría por los médicos tratantes por sospechas de contaminación por plomo. Esos datos fueron fusionados con registros administrativos de sus trayectorias por la educación primaria pública proporcionados por la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP).² Para el análisis empírico se utiliza el subconjunto de observaciones que cuentan con información en todas las variables de resultados (conducta, rendimiento, repetición, extraedad) entre 1 y 2 años después de la plumbemia. Al aplicar estos criterios quedan 317 observaciones, que son las que se utilizan en las estimaciones.

El conjunto de intervenciones que la UPA coordina y aplica depende del valor de la primera plumbemia realizada en la primera consulta. Si este valor supera el umbral que establece el protocolo ($5\mu g/dL$), el niño es asignado a algún tipo de intervención. En caso contrario, se le otorga alta toxicológica. Con este tipo de intervenciones, que dependen de un umbral de corte se puede utilizar el método llamado diseño de Regresión Discontinua (Lee y Lemieux, 2010), explotando la discontinuidad en la probabilidad de ser asignado a alguna intervención si se está apenas por debajo o apenas por encima del umbral de elegibilidad de la intervención. Por esta razón, en el presente trabajo se utiliza el método de diseño en regresión discontinua borrosa o *fuzzy*.

En general, se encuentra que las intervenciones de la UPA mejoran en un 5,37% los resultados en las notas de conducta otorgadas por las docentes de los niños que fueron asignados a alguna intervención con respecto al grupo de control, y aumenta un 10,46% la proporción de niños con niveles de conducta considerada suficiente (esto significa que la calificación de conducta supera el umbral de 6 puntos, sobre un máximo de 12). Estos resultados son robustos a diferentes especificaciones y testeos. Los resultados se asemejan a los encontrados por trabajos realizados en otros países, por ejemplo, Billings y Schnepel (2018) concluyen que intervenciones similares aplicadas en el estado de Carolina del Norte, Estados Unidos, generaron un aumento de 0,18 desvíos estándar en el índice de comportamiento usado en la infancia y adolescencia. En el pre-

²Aproximadamente el 98% de los niños se atienden en salud pública, asiste a escuelas públicas (ver apéndice, Tabla A.2)

sente trabajo, la magnitud del efecto expresada en desvíos estándar es mayor para la población UPA que los encontrados por Billings y Schnepel (2018) para la población que ellos estudiaron, aunque cabe aclarar en su trabajo poseen más variables de control.

Por otra parte, los resultados del efecto de las intervenciones sobre las calificaciones de rendimiento son de una menor magnitud, 3,6%, y su significatividad es más sensible a diferentes especificaciones. Aunque el resultado se asemeja a un trabajo de Reyes (2011) donde se encuentra que las reducciones en el plomo ambiental en Massachusetts llevaron a una caída de 1 a 2 puntos porcentuales en la proporción de niños con resultados insatisfactorios en pruebas estandarizadas de matemática. En el caso del presente trabajo, se encuentra que hay resultados en las calificaciones de rendimiento, pero no en el umbral de suficiencia. En términos de desvíos estándar las magnitudes de este trabajo son, nuevamente, mayores a las magnitudes de los resultados encontrados por Billings y Schnepel (2018).

El presente documento se organiza con un capítulo de revisión antecedentes internacionales (sección 1.1) y nacionales, que incluye una descripción de los acontecimientos relacionados al plomo en Uruguay (sección 1.2) y de las acciones que realiza la UPA (sección 1.3). En el capítulo de estrategia empírica, se describen las fuentes de datos utilizadas en el análisis empírico (sección 2.1) y la metodología de estudio (sección 2.2). Más adelante, se exponen los principales resultados del trabajo empírico (capítulo 3). Por último, se presentan las principales conclusiones del trabajo (capítulo 4).

Capítulo 1

Antecedentes

En el presente capítulo se presentan, en primer lugar, antecedentes sobre los efectos de la exposición al plomo en la salud humana, y como ésta se vincula a desempeños académicos y de comportamiento en niños. Luego, se describen los acontecimientos relacionados con la contaminación por plomo en Uruguay, y, a continuación, se detallan las acciones efectuadas por la Unidad Pediátrica Ambiental. Por último, se presentan las hipótesis y los canales a través de los cuales las intervenciones de la UPA pueden haber mejorado los desempeños de los niños afectados.

1.1. Los efectos de la exposición al plomo

El plomo es un metal tóxico, cuyo uso en muchas partes del mundo ha dado lugar a una considerable exposición humana a este metal y ha generado problemas de salud pública (OMS, 2021). Se destacan como principales fuentes de contaminación por plomo la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje, el uso de pinturas y gasolinas con plomo (OMS, 2021). En América Latina y el Caribe se usa el plomo en numerosos tipos de industrias y actividades (baterías, metalurgia, pinturas, etc.), y una parte considerable del plomo se recupera de fuentes secundarias de chatarra.

La exposición al plomo lleva a una absorción del metal en el cuerpo humano. La plumbemia, es decir, la dosificación de plomo en sangre, que es la medida usada en este trabajo (y también la medida más frecuentemente usada actualmente), es una buena medida de exposición reciente. Se mide como concentración de microgramos de plomo por decilitro de sangre ($\mu\text{g}/\text{dL}$).

El plomo causa daños en los adultos, por ejemplo aumentando el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. La exposición a concentraciones elevadas de plomo durante el embarazo puede provocar parto prematuro, bajo peso al nacer, y malformaciones leves en el feto (OMS, 2021). Las personas pueden verse expuestas al plomo en su puesto de trabajo o en su entorno, principalmente a través de la inhalación de partículas del metal (OMS, 2021). Los niños son más susceptibles al plomo que los adultos: mientras que casi todo el plomo que ingresa al cuerpo de un adulto se desecha en unas semanas, en el caso de los niños sólo un tercio del plomo que ingrese será desechado (Aizer et al. 2018).

Los niños absorben el plomo por inhalación o ingestión. Esto último está relacionado a patrones de comportamiento propios de la edad (llevarse objetos a la boca), y es una razón por la cuál los niños están más expuestos. Una vez absorbido, el plomo interfiere con los sistemas que requieren calcio para funcionar de manera efectiva, incluidos los sistemas renal, cardiovascular y nervioso (Aizer et al. 2018; Chandramouli et al. 2009). Enfocándonos en el cerebro, el plomo ingerido en la infancia perjudica su desarrollo y daña los sistemas neurotransmisores de formas que afectan negativamente la cognición, la atención, la memoria a corto plazo y el control de los impulsos (Goodlad et al. 2013).

La vulnerabilidad a la exposición a plomo se ve aumentada cuanto menor es la edad de la exposición. La primera infancia es una etapa particularmente sensible porque es cuando se experimenta un rápido crecimiento y desarrollo del cerebro (Bellinger, 2008). Además, otro aspecto que incrementa la vulnerabilidad a la exposición al plomo es la desnutrición, ya que los organismos de los niños que la sufren y tienen carencias de nutrientes (como el calcio) tienden a absorber mayores cantidades de plomo. Por ende, los niños que corren más riesgos son los más pequeños y los económicamente desfavorecidos (OMS, 2021).

Es importante aclarar la distinción entre exposición al plomo e intoxicación por plomo. Exposición se llama a cualquier nivel de plomo en sangre diferente de cero. En contraste, lo que se llama envenenamiento o intoxicación por plomo trae una serie de síntomas (como anemia, convulsiones, daño cerebral, entre otros) y ocurre a niveles particularmente altos de exposición, generalmente plumbemias mayores a $25 \mu\text{g}/\text{dL}$ (Reyes, 2015). Los niños que sobreviven a una intoxicación grave pueden padecer diversas secuelas irreversibles, incluidos

trastornos del comportamiento (OMS, 2021).

La respuesta a la cuestión sobre cuánto plomo en sangre es mucho, ha cambiado desde mediados del siglo XX. Los primeros estudios surgieron en la década de 1960, ubicando el umbral en $60\mu\text{g}/\text{dL}$. A medida se avanzó en el estudio de los efectos del plomo, se fueron encontrando efectos a niveles cada vez más bajos, llevando a que el umbral fuese disminuyendo. La última actualización del valor fue en el año 2012: desde entonces se ubica en $5\mu\text{g}/\text{dL}$. Este valor es el que define actualmente si el niño debe recibir algún tipo de intervención ambiental o de salud. Cabe señalar que, al igual que la mayoría de la literatura reciente, en este trabajo la preocupación es por los efectos de niveles de plomo considerados de exposición moderada (plombemias entre 5 y $20\mu\text{g}/\text{dL}$) (Reyes, 2015).

Actualmente se considera que no existe un nivel de concentración de plomo en sangre que pueda considerarse exento de riesgo. Incluso una concentración sanguínea de $5\mu\text{g}/\text{dL}$ puede afectar a la inteligencia de los niños y causar problemas de comportamiento y dificultades de aprendizaje. Cuanto mayor es el nivel de exposición, más aumentan la diversidad y la gravedad de los síntomas y efectos asociados (OMS, 2021). No existe un consenso sobre la reversibilidad del deterioro que genera el plomo, pero sí se puede decir que ésta depende del nivel de plumbemia (si es moderada puede haber cierto grado de reversibilidad, pero, en caso de intoxicaciones con niveles muy altos de plomo, no), y depende de qué tan rápida y efectiva sea la eliminación de la fuente. Existe un margen de acción posible para revertir en cierta magnitud los efectos negativos que puede haber tenido el plomo.

Desde la OMS (2021) se plantea que la intervención más efectiva contra la intoxicación por plomo en la niñez es la eliminación de la fuente de exposición, sea esta cualquiera de las fuentes posibles. Muchas de estas medidas se han ido tomando en la mayoría de los países, llevando a que se reduzcan significativamente los niveles de plomo en la sangre de las personas (OMS, 2021). También recomienda evitar la exposición al plomo de desechos eléctricos y electrónicos, y asegurarse de que el reciclaje de residuos que contienen plomo se realice solo en presencia de medidas de higiene industrial adecuadas.

Exposición al plomo y desempeño cognitivo

En este apartado se presentan antecedentes que vinculan la exposición al plomo con los desempeños cognitivos. En primer lugar, se expone literatura proveniente de la disciplina médica, que, en general, se basa en información de sección cruzada que asocia plomo en sangre con desempeños cognitivos en la educación. Más abajo, se sintetizan resultados de trabajos basados en datos longitudinales que estudian el efecto causal del plomo en los resultados cognitivos. Por último, se presentan los trabajos que determinan el impacto sobre los desempeños académicos de políticas de reducción de la exposición al plomo aplicadas en países desarrollados.

En primer lugar, entonces, se encuentran trabajos que estudian las asociaciones de la exposición a plomo en infancia temprana con reducciones de puntos de coeficiente intelectual (Bellinger, 2008; Bellinger et al. 1987; Canfield et al. 2003; Harvey et al. 1988; Lanphear et al. 2005; Pocock et al. 1994; Schwartz, 1994). En general, en estos trabajos se utilizan datos de sección cruzada y modelos de regresión lineales multivariados, que permiten encontrar asociaciones o correlaciones, no efectos causales. Específicamente, Bellinger (2008) reporta que los niveles de plomo bajo $10 \mu g/dL$ están asociados con reducido coeficiente intelectual, déficits académicos, desórdenes neuropsicológicos, concluyendo que no existe un nivel de exposición que parezca ser seguro.

Asimismo, el interés por los efectos de la exposición al plomo se fue expandiendo dentro de la literatura médica, a observar los efectos sobre los desempeños cognitivos en la escuela. En general, estos antecedentes operacionalizan esos desempeños observando los resultados de pruebas estandarizadas en educación primaria (niños entre 8 y 9 años, aproximadamente). Estos trabajos utilizan información de muestras de plomo en sangre y resultados académicos en el mismo momento (datos de sección cruzada), para determinar relaciones entre las pruebas estandarizadas y los niveles de plomo en sangre que resultan significativas (agregan controles con factores confundentes), estableciendo una asociación entre mayores niveles de plomo y peores logros académicos. Estos trabajos encuentran resultados similares para diferentes contextos internacionales: Estados Unidos (Bellinger, 2008; Evens et al. 2015; Ferrie et al. 2014; Needleman et al. 1990), Reino Unido (Chandramouli et al. 2009; Fulton et al. 1987), Arabia Saudita (Al-Saleh et al. 2001), México (Kordas et al. 2006), Pakistán (Rahman et al. 2002), Taiwán (Wang et al. 2002).

Por otra parte, el trabajo de Zhang et al. (2013), que se basa en información longitudinal, analiza un panel de niños nacidos entre 1990 y 2008 en Detroit, Michigan, con información de las plombemias realizadas antes de los 6 años y de pruebas estandarizadas en escuelas públicas de nivel primario y secundario. Sus resultados, estimados mediante regresión logística multivariada, muestran una asociación negativa entre la exposición temprana al plomo y los logros académicos. El trabajo de Magzamen et al. (2015) realiza regresiones cuantílicas, comparando los deciles de los resultados de las pruebas estandarizadas de cuarto grado en matemática y lectura (niños de 9 años aproximadamente) en Wisconsin, para examinar la heterogeneidad de la influencia de la exposición al plomo. Esta se asoció a 18 puntos de reducción en el decil 1 de los puntajes de lectura (quienes tenían peores resultados), mientras que en el decil 10 (quienes tenían mejores resultados) se asoció a 7,5 puntos de caída en el puntaje (Magzamen et al. 2015).

Más recientemente, la disciplina económica ha realizado aportes a esta literatura centrándose en la causalidad del impacto de la exposición a plomo en los desempeños educativos. Por ejemplo, Shadbegian et al. (2019) estudian un panel de niños de Carolina del Norte, Estados Unidos. Cuentan con información de las plombemias¹ hasta los 5 años del niño y los resultados de las pruebas de matemática y lectura. En este trabajo se considera dentro del grupo de control a los niños que tienen una plombemia *indetectable* (menor a $1 \mu\text{g}/\text{dL}$) y grupo de *tratamiento* son los niños cuya plombemia era entre 2 y $10 \mu\text{g}/\text{dL}$.² Los resultados muestran que aún a bajas plombemias (entre 2 y $10 \mu\text{g}/\text{dL}$) hay un efecto del plomo las pruebas de matemática y lectura, y este persiste a través de los grados, llevando a pensar que la maduración física y mayor escolarización no es suficiente para eliminar el daño causado por la exposición en edad temprana. Además, la magnitud del efecto crece a medida que la plombemia es mayor.

En el caso del estado de Rhode Island, mediante una estrategia de variables instrumentales³, Aizer et al. (2018) analizan un panel de niños nacidos

¹Shadbegian et al. (2019) estiman que el testeo de plombemias en Carolina del Norte, entre 1990 y 2004, alcanzó el 20-30% de los niños entre 1 y 2 años. Se requería realización de plombemias a todos los niños del sistema Medicaid y otros considerados “de riesgo”.

²Excluyendo de su análisis al grupo que tenía plombemias superiores a $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ suprimen el problema de la intervención recibida por estos, que ocupan menos del 10% de su base de datos.

³El instrumento era un certificado de seguridad de plomo de la residencia donde vive el niño al momento del nacimiento, que señalaba que las pinturas de la casa no tenían plomo

entre 1997 y 2005 con al menos una plombemia antes de los 6 años que estaban matriculados en escuelas públicas⁴, encontrando que un incremento de las plombemias infantiles reducía los resultados de las pruebas estandarizadas de matemática y lectura.

Otro aporte, desde la economía para establecer la relación causal de la exposición al plomo sobre los desempeños académicos es el trabajo de Rau et al. (2015), quienes explotan un experimento natural en Chile: el arribo de un desecho tóxico para la región de Arica. Los autores analizan datos a nivel de escuela y comparan las distancias al sitio donde se depositaron los desechos.⁵ Encuentran que después de que se depositó el material tóxico, los desempeños de los niños que asistían a las escuelas más cercanas a la zona empezaron a empeorar drásticamente, apenas un incremento de $1 \mu g/dL$ de plombemia redujo los puntajes de matemática y lectura en 0,15 y 0,21 desvíos estándar, respectivamente.

En los párrafos siguientes, se presentan los trabajos que analizan el impacto de las políticas ambientales de reducción de plomo sobre los desempeños académicos. Esta es la problemática de interés de este estudio, ya que, en este trabajo se realiza una evaluación de los impactos educativos de las intervenciones realizadas a niños expuestos a plomo en Uruguay.

En primer lugar, cabe destacar los trabajos de Nilsson (2009) y Grönqvist et al. (2020) realizados para Suecia, donde la reducción del plomo en combustibles a nivel de sus estados, generó una variación geográfica exógena de la contaminación del plomo en el aire. Realizan análisis de datos de panel de largo plazo, aplicando un modelo lineal con efectos fijos para considerar diferencias inobservables en municipalidades y cohortes. Los resultados de Grönqvist et al. (2020) sugieren que la reducción de 10 a $5 \mu g/dL$ implica un incremento del 10 % en la probabilidad de completar la educación secundaria, y un 2,9 % de caída en la probabilidad de ser convicto por crímenes a la propiedad (entre los varones).

El trabajo de Gazze (2016) sigue una estrategia similar para Estados Unidos, explotando los llamados mandatos de reducción del plomo en el ambiente (Aizer et al. 2018).

⁴El estado de Rhode Island tenía un programa particularmente agresivo de testeo del plomo: 80 % de los niños de 3 años en ese estado tenían al menos una medida de plombemia. Aizer et al. (2018) compararon estadísticas vitales de ese 80 % con el 20 % que no tenían plombemias, observando que los últimos se encontraban ventajados en diferentes características.

⁵Usan la distancia al sitio como variable instrumental de la exposición al plomo.

a nivel estatal de ese país, que fueron aplicados en diferentes momentos según el estado (entre 1971 y 2005). Utiliza el método de diferencias en diferencias y compara las plomemias en los estados que implementan con los que no implementan los mandatos, antes y después de la introducción de éstos. Dentro de los resultados que se observan, encuentra que estas políticas redujeron la matriculación a educación especial en 8,1 %.

Para el estado de Massachusetts, Reyes (2011) analiza un panel a nivel de cohorte-escuela, combinando las fuentes de exposición a plomo con logros académicos (pruebas estandarizadas de niños entre 8 y 9 años, aproximadamente), sumado a otros datos de municipalidades y de las escuelas. Utiliza un análisis de diferencias en diferencias para comparar cómo los desempeños en las pruebas cambiaron de forma diferencial a través del tiempo en escuelas que experimentaron mayores reducciones en los niveles de plomo, en comparación con escuelas que tuvieron variaciones menores. La autora encuentra que las reducciones en el plomo ambiental de Massachusetts llevaron a una caída de 1 a 2 puntos porcentuales en la proporción de niños que tenían resultados insatisfactorios en matemática.

Un trabajo a señalar especialmente, es el de Billings y Schnepel (2018), porque las intervenciones que allí se estudian (aplicadas en un condado de Carolina del Norte, Estados Unidos) tienen muchas similitudes con las aplicadas por la UPA en Uruguay. Billings y Schnepel (2018) analizan una base de datos de panel de 301 observaciones, que combina registros individuales de escuelas públicas y arrestos criminales. Los autores basan su estrategia de identificación en el hecho de que tanto el grupo de control como el de tratamiento se les realiza una primera plombemia y recomendaciones de salud pública de hacerse una segunda plombemia. De esta manera se superan la mayoría de las cuestiones de selección y diferencias parentales o ambientales que podrían afectar la disposición a realizarse una segunda plombemia (entre todos los individuos que están por encima del umbral de $5 \mu\text{g}/\text{dL}$). Sus resultados muestran que las mejoras de salud pública en relación al plomo llevaron a mejoras en el desempeño educativo en el corto y mediano plazo (infancia y adolescencia). Encuentran que el aumento asociado con la intervención realizada es significativo y tiene una magnitud de 0,12 desviaciones estándar en el índice de desempeños educativos. El índice combina información de desempeños en lectura, matemática y repetición en los grados escolares (en particular, para las pruebas tienen información de los grados tercero a octavo, y para la repetición, de primero a

noveno grado). La magnitud del efecto de la intervención en las pruebas de lectura y matemática aumenta a medida que aumenta el grado, por lo que parece que el efecto podría ser más visible a mayor plazo posterior a la intervención. Por otra parte, para el caso de la repetición, entre primer y quinto grado, tiene signo positivo (contrario al que se espera) y de una magnitud de 3 puntos porcentuales, sin embargo, el signo se revierte en la repetición de sexto a noveno grado, por lo que los resultados en repetición se observan a un mayor plazo.

En suma, parece haber consistencia en los resultados de diferentes países con respecto a que la exposición a plomo lleva a peores desempeños académicos. En particular, interesa destacar que cuando se implementan intervenciones de reducción de los niveles de plumbemia, los desempeños cognitivos mejoran, en particular, las calificaciones de rendimiento académico (Aizer et al. 2018; Billings y Schnepel, 2018; Grönqvist et al. 2020; Nilsson, 2009). Sin embargo, aún no se han realizado evaluaciones de reducciones de exposición al plomo para países de América Latina, únicamente, se encuentra un trabajo que evalúa los efectos del plomo sobre desempeños educativos (Rau et al. 2015), pero no se evalúa una intervención. En este trabajo, se analizará si las mejoras de desempeños cognitivos se comprueban también en Uruguay.

Exposición a plomo y aspectos de comportamiento

En el presente apartado se sintetizan los trabajos que abordan la relación entre la exposición al plomo y los problemas de comportamiento. Al igual que con los desempeños académicos, en primer lugar se encuentran trabajos con datos de sección cruzada (o algunos longitudinales), que encuentran relaciones de asociación entre niveles altos de plumbemia y variables relacionadas al comportamiento, tales como problemas de conducta escolar, pero no determinan relación de causalidad.

Por ejemplo, Al-Saleh et al. (2001) y Marcus et al. (2010) encuentran asociación entre niveles de plumbemia y mayores problemas de comportamiento. El estudio de Marcus et al. (2010) es un meta-análisis y encuentra consistencia en los resultados entre los diferentes estudios, a pesar de la heterogeneidad metodológica de los trabajos que sintetiza. Además, el trabajo de (Braun et al. 2008) y el meta-análisis de Goodlad et al. (2013) encuentran que la carga corporal de plomo se vincula de forma significativa con síntomas de trastor-

nos de déficit atencional e hiperactividad en la infancia. Por otra parte, un trabajo para Mongolia de Erdenebayar et al. (2019), realiza un análisis estadístico para el cuestionario de capacidades y dificultades (SDQ⁶) en niños de 4 a 7 años, reportado por los padres, y encuentran que la plumbemia se asoció negativamente con los puntajes en hiperactividad, desorden en conducta y comportamiento prosocial. Otros trabajos asocian la exposición a plomo infantil con peor comportamiento en clase (Chandramouli et al. 2009; Rahman et al. 2002).

Interesa subrayar en este apartado, que también en los aspectos de comportamiento la literatura económica ha realizado sus contribuciones para establecer vínculos causales de la exposición al plomo sobre los desempeños comportamentales. Por ejemplo, Aizer y Currie (2019) vinculan plumbemias en preescolares con registros escolares posteriores de disciplina y datos de detención en Rhode Island, Estados Unidos. Utilizan variables instrumentales explotando el descenso en el plomo del suelo⁷ en lugares próximos a carreteras transitadas. Sus resultados muestran que un incremento en el plomo (en 1 unidad de $\mu g/dL$) incrementaba la probabilidad de ser suspendido en la escuela entre 6 y 9 puntos porcentuales.

Es importante destacar, especialmente, los trabajos que estudian los impactos de las intervenciones realizadas para mitigar los efectos de la contaminación por plomo. Cabe aclarar que no hay trabajos que tengan diagnósticos de trastornos mentales en los cuales se haya realizado una evaluación de impacto de las intervenciones.

El trabajo de Reyes (2015) utiliza un panel de dos cohortes de individuos nacidos durante el proceso de reducción del plomo en la gasolina en Estados Unidos y el comportamiento durante la niñez (índices de comportamiento), comportamiento en adolescencia riesgoso (embarazo adolescente, abuso de sustancias), comportamiento criminal y agresivo. El método de identificación utilizado es la propensión (PSM⁸) de tener un determinado comportamiento como función de la plumbemia, y sus resultados expresan que mayor exposición

⁶Strengths and Difficulties Questionnaire. Esta es una medición para las capacidades con grandes ventajas, pero tiene la limitación de que es subjetiva y realizada por los padres del niño.

⁷Los instrumentos que utilizan para el análisis empírico son las interacciones entre los cuartiles de volumen del tráfico y una tendencia en el tiempo. Previo a la eliminación del plomo en la gasolina, los hogares cercanos a rutas transitadas, estaban expuestos a niveles muy altos de plomo.

⁸Propensity Score Matching.

a plomo está asociada a sustanciales consecuencias adversas en comportamiento desde la niñez a la adolescencia. La disminución de 50 % de plomo en sangre que se produjo en el período de tiempo estudiado, se asocia a una disminución de un 5 % en los problemas de conducta.

Por último, ya fue presentado en la sección anterior, el trabajo de Billings y Schnepel (2018), el cual, dentro de las variables de resultados de interés, incluye un índice de resultados de comportamiento⁹ en niñez y adolescencia, y se destaca que las mejoras de salud pública en relación a contaminación por plomo en Carolina del Norte llevaron a una gran y significativa caída de los comportamientos anti-sociales. En relación con el grupo de control, estiman una disminución de 0,18 desvíos estándar en el índice resumen de comportamiento antisocial asociado con la intervención, que representa una caída del índice promedio de 0,10 para el grupo de control. En particular, se reduce la cantidad de días suspendido en aproximadamente 6 días y la cantidad de días de ausentismo en aproximadamente 10 días (para los grados 6° a 10°, correspondientes a edades entre los 11 y 15 años). Interesa subrayar que la magnitud de los resultados observados al tratarse de la conducta es mayor al caso de los desempeños académicos en el trabajo de Billings y Schnepel (2018), ya que, es algo que se examina más adelante en este trabajo.

Por lo tanto, todos los antecedentes van en la misma línea, llevando a entender que las reducciones de exposición a plomo pueden tener, además de mejoras a nivel académico, mejoras en aspectos comportamentales. Los antecedentes muestran mejoras en el comportamiento para países desarrollados (Aizer y Currie, 2019; Billings y Schnepel, 2018), sin embargo, se desconoce el potencial de mejoras en el comportamiento infantil y adolescente en países subdesarrollados, a partir de las reducciones de niveles de plomo en los niños e intervenciones sobre niños expuestos.

1.2. La contaminación por plomo en Uruguay

En Uruguay, como en muchos países no desarrollados, la exposición al plomo y otros metales tóxicos en los niños continúa siendo un problema. Aunque Uruguay no es un productor de plomo, éste se importa para uso industrial, y hasta el 2004 se utilizaba en la gasolina (Queirolo et al. 2010). La mayoría

⁹El índice de comportamiento combina diferentes variables (ausentismo, suspensiones, crímenes escolares, arrestos).

de las industrias de procesamiento de plomo (metalúrgica, fundiciones, fabricantes y recicladores de baterías) se fueron estableciendo en Montevideo en la década de 1980, contribuyendo así a la contaminación de algunos barrios de la ciudad (Mañay et al. 2006; Mañay et al. 2008).

Esto llevó a que en 2001, la exposición al plomo se convirtiera en una cuestión de interés público en el país, cuando se descubrieron varios casos de niños con niveles de plumbemia altos. Los niños afectados eran residentes del barrio La Teja (Montevideo), y, dentro de quienes se realizaron plumbemias, se encontró que más de un 60 % era superior a $10 \mu\text{g}/\text{dL}$ (Burger y Pose Román, 2010; Mañay et al. 2008). Este caso se considera único en Uruguay, por ser una emergencia ambiental, sanitaria y social (Mañay et al. 2008).

Para atender la situación, se creó un grupo llamado “Comisión Interinstitucional del Plomo”, integrado por distintas instituciones estatales.¹⁰ Este grupo diseñó los protocolos y criterios de intervención, que consistían en realizar una consulta con pediatra donde se creaba la historia clínico-ambiental y se extraía sangre para plumbemia. A los padres se les indicaba medidas preventivas en todos los casos, y luego del resultado de la plumbemia y de los datos ambientales recabados en la historia clínico-ambiental, se coordinaban las visitas domiciliarias y estudios ambientales necesarios para la decisión de intervención¹¹ (que se evaluaban caso a caso). Posteriormente a la aplicación de las intervenciones ante la emergencia, se fue creando un marco normativo para reducir la contaminación ambiental por plomo, ubicando el foco en la prohibición o disminución del uso del metal.¹²

Luego de los acontecimientos de La Teja, se realizaron análisis de diferentes aspectos sobre la contaminación por plomo en Uruguay. En general los trabajos

¹⁰La Comisión Interinstitucional del Plomo estaba integrada por las siguientes instituciones: Ministerio de Salud Pública; Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente; Intendencia de Montevideo; Ministerio de Industria, Energía y Minería; Obras Sanitarias del Estado; Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland; UdelaR (Facultad de Medicina y Facultad de Química); Ministerio de Trabajo y Seguridad Social; Banco de Previsión Social; Banco de Seguros del Estado; Instituto Nacional del Menor; Instituto Nacional de Alimentación.

¹¹Las intervenciones que fueron aplicadas para reducir la exposición al plomo implicaron diversas acciones, por ejemplo: intervenciones médicas, remediaciones ambientales para eliminar la fuente de plomo, construcción de nuevas viviendas y traslados de asentamientos (Burger y Pose Román, 2010).

¹²Se dispuso la obligatoriedad del uso de tuberías sin plomo cualquier sistema de distribución de agua potable, en el año 2004 se completó el proceso de eliminación del plomo en la gasolina, y se establecieron normas para la prevención y control de la exposición ocupacional al plomo.

se enfocaron en determinar los niveles de plomo en diferentes poblaciones y los factores predictores de un nivel de plumbemia alto, encontrando que la población de muestras de niños residentes de algunos barrios montevideanos ha tenido promedios altos de plomo en sangre (Cousillas et al. 2008; Cousillas et al. 2005; Mañay et al. 2006; Pascale et al. 2016).

Existen algunos trabajos que vinculan variables de comportamiento y desarrollo cognitivo, como los de Barg et al. (2018) y Frndak et al. (2019), donde se encuentran asociaciones entre exposición a plomo y problemas de comportamiento infantil o desarrollo cognitivo. En particular Barg et al. (2018) analizaron una población infantil (6 a 8 años) que asistía a escuelas primarias privadas de diferentes barrios de Montevideo¹³, que fueron considerados con riesgo de exposición al metal basado en estudios epidemiológicos previos (los citados más arriba). Las variables que se registraron fueron medidas antropométricas (peso, talla e índice de masa corporal), plumbemia, análisis de ferritina, cuestionarios a los padres sobre características sociodemográficas de la familia, inventario “HOME” para aproximar la calidad del entorno del hogar, relevado por un trabajador social que visitaba la familia; indicador de coeficiente intelectual; y escalas de comportamiento estandarizadas relevadas por maestras. El comportamiento es aproximado con las escalas llamadas *Conners Rating Scale (CRS)* y el *Behavior Rating Inventory of Executive Functions (BRIEF)*, reportados por las maestras. Encuentran que aunque la plumbemia promedio ($4,2\mu\text{g}/\text{dL}$) se encontraba por debajo de los niveles de intervención actuales ($5\mu\text{g}/\text{dL}$), ésta se asoció con una menor capacidad para inhibir problemas de comportamiento, un componente clave de la autorregulación (Barg et al. 2018).

En suma, se sabe que existen poblaciones infantiles con niveles altos de plomo en el país, pero los estudios que existen hasta el momento son en poblaciones específicas y no es posible extender esos resultados a grupos poblacionales más amplios. En este trabajo, se aporta en este sentido, ya que se estudia una población representativa de niños que son atendidos por salud pública cuyo médico tratante sospecha sobre la posibilidad de exposición al plomo. Adicionalmente, trabajos como el de Barg et al. (2018) sugiere asociaciones entre la exposición al plomo y problemas en la conducta. Este aspecto se relaciona ampliamente con lo que se estudia en este trabajo, donde, por primera vez en

¹³El reclutamiento implicó contactar a directores de las escuelas localizadas en los barrios de interés para invitar a los padres a participar del estudio. La base final tiene 206 niños con información de todas las variables de interés del trabajo.

Uruguay, se analiza el impacto de las intervenciones de mitigación del plomo, sobre desempeños en calificaciones en conducta escolar.

1.3. La Unidad Pediátrica Ambiental

La UPA¹⁴ comenzó a funcionar en el año 2010, convirtiéndose en el centro nacional de referencia para la atención de niños y adolescentes con exposición a contaminantes ambientales, incluyendo el plomo. La consulta es realizada por un equipo interdisciplinario (médicos pediatras y toxicólogos), y se dedica a brindar respuesta asistencial y prevenir riesgos ambientales.

Las acciones que se toman en la UPA siguen un protocolo¹⁵ que establece que debe indicarse una intervención cuando la plumbemia es a partir de 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$. De acuerdo con el protocolo, en la primera consulta a cada paciente se le realiza una historia clínico-ambiental, una primera plumbemia, y una intervención educativo-preventiva. Los resultados de la plumbemia determinarán la intervención posterior a ser aplicada en cada caso. En la figura 1.1, se presenta un esquema que detalla las acciones e intervenciones.

Como se indica en la columna 1 del esquema, las derivaciones a la UPA se pueden realizar desde la Red de Atención Primaria (RAP-ASSE) y policlínicas de la Intendencia de Montevideo o del Centro Hospitalario Pereira Rossell (CHPR), es decir, el niño puede ser derivado por su médico pediatra tratante u otro especialista, cuando éste sospecha que el niño tiene riesgos ambientales en el hogar (celda 1.1). También hay casos de niños derivados desde IAMC.¹⁶ Por otra parte, como se describe en la celda (1.2), la detección de niños con posibilidad de riesgos de plomo también puede surgir desde la UPA, durante visitas territoriales realizadas en determinados barrios o asentamientos donde se conocía el riesgo de plomo previamente (en el suelo principalmente).

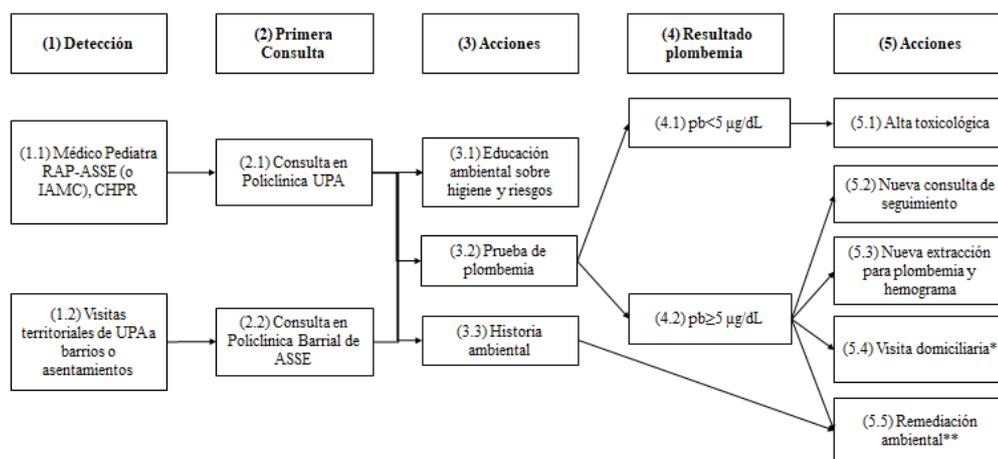
En todos los casos, sea en la consulta en UPA (celda 2.1) o en la policlínica barrial (celda 2.2), la primera acción (columna 3 del esquema) consiste en

¹⁴Esta unidad depende del Departamento de Toxicología de la Facultad de Medicina (UdelaR), y se ubica en el Primer Nivel de Atención dentro de la RAP ASSE (Red de Atención Primaria de la Administración de los Servicios de Salud del Estado).

¹⁵“Pautas de Manejo y seguimiento de población pediátrica según valores de plumbemia” (Ordenanza 123/2009 del MSP), adjunto en anexo I.

¹⁶La derivación desde las Instituciones de Asistencia Médica Colectiva apenas ocupa el 2,74% de los pacientes de la UPA (cálculo con base UPA-ANEP).

Figura 1.1: Esquema de acciones realizadas por UPA



Fuente: elaboración propia en base a Protocolo de la UPA. *Se asigna a visita domiciliaria cuando $pb \geq 10\mu g/dL$. **Se asigna a remediación ambiental cuando $pb \geq 10\mu g/dL$, y además depende de las fuentes identificadas en la historia ambiental.

realizar una historia ambiental¹⁷, una extracción de sangre para plombemia¹⁸, y educar al grupo familiar sobre los riesgos ambientales posibles en el hogar y cómo reducirlos. Este momento es lo que es considerado como línea de base en este trabajo. Como esta es una intervención que afecta a todos, no es considerada como “tratamiento”.

El resultado de la primera plombemia es la variable que define la elegibilidad (columna 4) para otras intervenciones (columna 5). Cuando la plombemia es baja (menor a $5\mu g/dL$, celda 4.1), se otorga el alta toxicológica (celda 5.1), por lo que a este individuo no es elegible para la intervención. Por otra parte, cuando el resultado de la plombemia es mayor (o igual) a $5\mu g/dL$ (celda 4.2), se lo vuelve a citar a una nueva consulta en la UPA (celda 5.2), para hacer un seguimiento del niño e insistir sobre los riesgos que existen, este grupo es elegible para la intervención.

¹⁷Se presenta una copia de formulario de historia ambiental que se completa en la consulta en la policlínica de UPA en el anexo I. En la visita territorial (celda 1.2) se completa una historia ambiental corta, con menos detalles en la información, aunque si asisten a una segunda consulta en UPA, se les completa el formulario expuesto en el anexo I también.

¹⁸En la consulta en UPA, además de extraer sangre para plombemia, se realiza hemograma y análisis de déficit de hierro.

Por lo tanto, el resultado de la primera plombemia determina la elegibilidad. Cabe recordar en este punto, que tener una plombemia menor a $5\mu\text{g}/\text{dL}$ no implica estar exento de riesgo. Como ya se indicó anteriormente, estudios recientes encuentran deterioros vinculados al plomo a menores niveles (Bellinger, 2008; Shadbegian et al. 2019).

En este punto, caben dos aclaraciones. En primer lugar, en este trabajo se considera que un niño fue asignado a la intervención cuando se contactó desde la UPA al hogar para coordinar la segunda consulta. Esto ocurrió en el 92% de los casos elegibles, como se verá más adelante. En segundo lugar, la adhesión a la intervención no fue completa, esto es, cuando la segunda consulta era coordinada pero el niño no asistía en la fecha coordinada (ver figura A.3). Sin embargo, la inasistencia a la segunda consulta no implica que dentro del hogar no se hayan realizado acciones de algún tipo para reducir la exposición al plomo, es decir, es posible que al tener conocimiento del problema, la familia realice acciones para alejar al niño de la fuente de plomo. Por lo tanto, estos niños pueden haber reducido su exposición, aunque no hayan asistido a su segunda consulta en UPA.

Por otra parte, quienes presentan resultados de plombemias superiores a $10\mu\text{g}/\text{dL}$, reciben intervenciones adicionales: se coordina una visita domiciliaria al hogar del niño expuesto (celda 5.4) y se sugiere una remediación ambiental (celda 5.5). La visita es realizada por el equipo de la UPA, y es una instancia donde se verifican las fuentes de exposición y pueden sugerir acciones de mitigación y remediación específicas al hogar.^{19 20} Este grupo puede recibir la visita o la remediación como intervenciones adicionales a la segunda consulta en UPA. En este trabajo no se abordan por separado las intervenciones visita y remediación, porque hay muy pocas observaciones para realizar este análisis, pero sí se observan efectos heterogéneos (3.2) comparando quienes recibieron sólo segunda consulta con quienes recibieron alguna intervención adicional.

Otro aspecto a aclarar es que la visita domiciliaria o remediación ambiental, son intervenciones a nivel de hogar, y quien motiva la intervención es un niño con plombemia mayor a $10\mu\text{g}/\text{dL}$. Sin embargo, puede haber niños pertene-

¹⁹Algunos ejemplos de remediaciones ambientales pueden ser: remediar el suelo, cimentar, cambiar pinturas viejas, reducir las quemaduras de cables cercanas al hogar, cambiar de vivienda, alejar al niño de los lugares de acopio de metales o quemaduras de cables, limpiar terrenos cercanos al hogar donde haya metales depositados, aumentar la carga horaria escolar (para reducir las horas de exposición en el hogar), cambiar las cañerías de plomo.

²⁰En algunos casos, la UPA sugiere la remediación y la familia se encarga de realizarla, y en otros casos, es el equipo de la UPA quien coordina y lleva a cabo la remediación.

cientes al mismo hogar con plombemias menores a ese umbral que igualmente reciban la intervención, como una externalidad. Este grupo ocupa un 15,5 % de los niños no elegibles a visita o remediación (con plombemias menores a 10 $\mu\text{g}/\text{dL}$) de la muestra de observaciones usadas en el análisis econométrico (317 en total).

Además, existe otro tipo de externalidad, ya que, la UPA, en determinados barrios o asentamientos, coordinó acciones ambientales a nivel de toda la zona.²¹ Esto lleva a que niños cuyo valor de plombemia es menor a 5 también recibieran una remediación ambiental, porque el suelo de su barrio fuera remediado. Se intenta aproximar los efectos de las intervenciones barriales más adelante, como un efecto heterogéneo (sección 3.2).

Por último, la UPA realiza acciones adicionales cuyos efectos no se estudian en este trabajo: realiza consultas y visitas adicionales (además de la segunda consulta, que sí es considerada en el análisis) si el nivel de plombemia sigue alto y no disminuye; y, analiza la hemoglobina e indica tratamiento de hierro si el niño tiene anemia o déficit de hierro. Este último tratamiento, llamado *intervención médica*, se excluye del análisis porque la cantidad de observaciones que tienen esta información es limitada.²²

A continuación, se presenta en la tabla 1.1 los tipos de intervención que recibieron los pacientes atendidos por la UPA en edad escolar, y lo mismo para la muestra de 317 observaciones que se usa en las regresiones (en la sección 2.2 se explica cómo se alcanza esta muestra). Como fue mencionado anteriormente, la UPA brinda diferentes tipos de intervención. En este trabajo, se analizan los efectos de las intervenciones cuya elegibilidad se ve afectada por el resultado de la variable plombemia, estos son: la citación a una segunda consulta en UPA, la visita domiciliaria y la remediación ambiental en el hogar. Las columnas de la tabla son excluyentes, es decir, cada individuo está ubicado en uno de los grupos.

Se observa que un 44,35 % (o 44,16 %, si se observa la muestra) de los pacientes de la UPA fueron dados de alta al presentar un valor menor a 5 $\mu\text{g}/\text{dL}$ de la primera plombemia. Este grupo conforma el grupo de no asignados, junto a quienes recibieron únicamente remediación en su barrio (21,47 % y 23,66 %) y únicamente intervención médica (4,96 % y 3,47 %). En total el grupo de control

²¹Las zonas que fueron remediadas son: Cuenca del Pantanoso, Asentamiento Yucatán, Asentamiento Lavalleja y Asentamiento Leopoldo Alas. Un 28,58 % de los pacientes de la Base UPA provenía de esas zonas (ver tabla 1.1).

²²Un 55 % de la muestra usada en las regresiones.

Tabla 1.1: Tipos de intervenciones aplicadas por UPA en niños en edad escolar

	Base UPA		Muestra utilizada*	
	Frecuencia	%	Frecuencia	%
Alta toxicológica	349	44,35	140	44,16
Remediación Barrial (únicamente)	169	21,47	75	23,66
Intervención Médica (únicamente)	39	4,96	11	3,47
Segunda consulta (unicamente)	101	12,83	50	15,77
Segunda consulta + visita y/o remediacion	61	7,76	20	6,31
Segunda consulta + barrial y/o médica	56	7,11	20	6,31
Visita y/o remediación, sin segunda consulta	12	1,53	1	0,32
Total	787	100	317	100

Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. *En sección 2.1 se explica cómo se llega a esta muestra.

ocupa un 71,29 % de la muestra usada en las regresiones. Por su parte, quienes fueron contactados para agendar una segunda consulta únicamente (7,76 % y 6,31 %), o una segunda consulta sumado a otros tratamientos (7,11 % y 6,31 %) u otros tratamientos sin segunda consulta (1,53 % y 0,32 %), conforman lo que llamamos grupo de asignados a tratamiento. Más adelante, cuando se realiza el trabajo empírico, dado que la cantidad de observaciones no permite separar los tratamientos uno a uno (quedarían muy pocas observaciones en el análisis), construyo la variable dicotómica “Algún tratamiento”, que señala quienes recibieron algún tipo de intervención, este grupo ocupa un 28,71 % de la muestra usada en las regresiones.

1.4. Canales explicativos e hipótesis

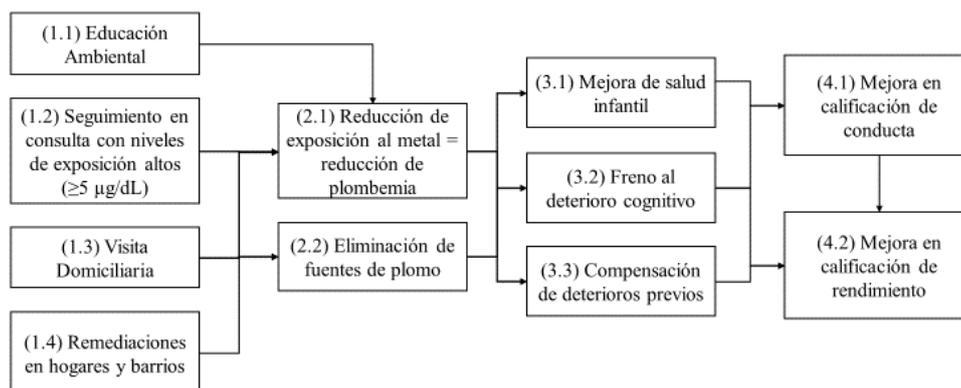
En este apartado, se discuten los canales a través de los cuales las acciones tomadas por la UPA podrían llevar a los resultados esperados. Para finalizar el capítulo, se presenta la hipótesis del trabajo.

El esquema presentado a continuación (figura 1.2) se basa en las herramientas de teoría del cambio desarrolladas para la evaluación de intervenciones (Cassetti y Paredes-Carbonell, 2020). Estas herramientas son una forma de ordenar las ideas y entender cómo las acciones llevan a los resultados.

Las acciones llevadas a cabo fueron ya presentadas en la sección anterior (figura 1.1), y en la figura 1.2 están ubicadas en la primer columna de celdas (1.1 a 1.4) del esquema. Los resultados inmediatos de estas acciones son la reducción de la exposición al metal observada a través de la plumbemia (celda 2.1) y la eliminación de las fuentes de plomo (celda 2.2). Estos resultados in-

mediatos son los canales a través de los cuáles pueden alcanzarse los resultados intermedios y finales.

Figura 1.2: Esquema teoría del cambio y canales explicativos de las intervenciones de la UPA en los desempeños educativos



Fuente: elaboración propia, basado en Casseti y Paredes-Carbonell (2020)

En Billings y Schnepel (2018) se plantea que las mejoras asociadas a las intervenciones aplicadas en los niños con niveles de plomo elevado probablemente representan una combinación de efectos directos e indirectos, tanto de la aplicación de la intervención, como de la respuesta de los padres al informarse sobre la exposición al plomo. Surgen, entonces, dos canales principales a través de los cuales la intervención afecta los resultados cognitivos y el comportamiento. En primer lugar, la intervención puede reducir la exposición continua al metal (celda 2.1) como resultado inmediato. En segundo lugar, los beneficios pueden ocurrir a través de mejoras en la salud de la vida temprana no relacionadas con cambios en la exposición al plomo²³ (celda 3.1). Además, se puede considerar como un resultado intermedio el freno del deterioro cognitivo (celda 3.2) y la compensación de estos deterioros que logran las acciones realizadas (celda 3.3). En el trabajo de Billings y Schnepel (2018) tampoco es posible analizar estos aspectos, y en este trabajo tampoco se estudian estos canales intermedios, sino que se evalúan directamente los efectos de las acciones tomadas por la UPA

²³La información de UPA tiene mediciones de salud infantil de las siguientes variables: medidas antropométricas, hemoglobina, ferritina, etc. Sin embargo, estas variables tienen una proporción importante de datos faltantes (45%), y por esta razón no se analizan en este trabajo.

en los logros educativos en primaria, medidos a través de la nota de conducta y rendimiento.

La evidencia presentada por Billings y Schnepel (2018) muestra que las intervenciones, similares a las de la UPA, compensaron y posiblemente revirtieron los resultados negativos del plomo. Cabe recordar que la reversibilidad es posible y depende de qué tan rápida y efectiva sea la eliminación de la fuente de exposición.

En este trabajo se busca estudiar, entonces, la posible mejora de las calificaciones de conducta y rendimiento (resultados finales, celdas 4.1 y 4.2) generada por las acciones tomadas. Cabe aclarar que la mejora en la conducta también puede colaborar en la mejora en el rendimiento.

En suma, la hipótesis del presente trabajo radica en que las intervenciones aplicadas por la UPA, de seguimiento de la población pediátrica expuesta a plomo y eliminación de las fuentes a las que estos niños estaban expuestos, pudieron frenar el deterioro en sus desempeños comportamentales y cognitivos y compensarlos, llevando a una mejora de sus calificaciones de conducta y rendimiento en educación primaria pública, con respecto a quienes no las recibieron.

Capítulo 2

Estrategia Empírica

2.1. Fuentes de información

La base de datos utilizada en la parte empírica de este trabajo combina dos fuentes de información.

La primera fuente de datos es una base inédita de historias clínicas de la UPA, creada para esta investigación. Fue digitalizada durante el año 2020 por integrantes de la UPA y quien escribe este trabajo.¹² Este proceso implicó revisar las historias clínico ambientales de cada paciente pediátrico desde la apertura de la UPA (noviembre de 2010) hasta el año 2019.

De cada historia clínica se registró la siguiente información: datos de identificación; fecha de nacimiento; sexo; zona de residencia; resultados de las plomobemias realizadas y sus respectivas fechas; resultados de hemogramas realizados y sus fechas; peso y talla en primera consulta; presencia de hábito de pica³; fuentes de exposición al plomo; intervenciones recomendadas e intervenciones efectivamente aplicadas; forma de derivación del paciente a UPA.

Se registraron 985 historias ambientales, dentro de las cuales, unas 813 personas tenían entre 6 y 12 años entre 2013 y 2019 (estaban en edad escolar). Estas son las observaciones que se esperaba fueran combinadas con la base de ANEP (ver Tabla 2.1). La base UPA es representativa de todos los niños que

¹El trabajo se enmarca en un proyecto entre la Unidad Pediátrica Ambiental (Departamento de Toxicología, Facultad de Medicina) y la Unidad de Análisis e Intervención (UNAI-ANEP).

²Los digitalizadores fueron: Florencia Del Cioppo, Carolina Juanena, Sergio Machado, María José Moll, Adriana Sosa, Lucía Suárez.

³Hábito de pica es el hábito de una persona de ingerir regularmente cosas que no son alimentos, por ejemplo: tierra, pintura de paredes o puertas, juguetes.

tienen cobertura de salud pública cuyo médico pediatra tratante sospecha que están expuestos a contaminación por plomo y son derivados a la UPA. Cabe recordar que, adicionalmente existe la detección por el barrio.

La segunda fuente de datos proviene de la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). El organismo proveyó una base de datos que incluye información a nivel individual de la trayectoria educativa por Educación Inicial y Primaria pública, de los pacientes atendidos en la UPA. Los años registrados datan desde 2013 a 2019, la información corresponde a las calificaciones de fin de curso (promoción, nota de rendimiento y nota de conducta). Además, la base posee información de sexo y fecha de nacimiento, y otras variables como códigos de escuela y grupo.

Ambas fuentes de información fueron combinadas a nivel individual⁴, creándose un panel de datos que contiene para cada individuo información de plombemias e intervenciones recibidas, y la trayectoria educativa con los desempeños año a año.

La fusión de ambas bases de datos tiene información de 929 pacientes, dentro de éstos, 782 estaban en edad escolar.⁵ Como se observa en la Tabla 2.1, en ambas etapas del pegado de bases de datos, los valores promedio de plombemia, edad y la proporción de niños y niñas, es similar. Por lo tanto, parecería que dentro de la base UPA, no hay selección entre quienes sí se fusionaron con la base de ANEP, y quienes quedaron por fuera del pegado.⁶

La tabla A.3, en el apéndice, describe las variables que se utilizan en el análisis y cómo éstas fueron construidas. En particular, interesa discutir brevemente las variables utilizadas para indicar los desempeños, y más abajo, la variable que indica el tratamiento.

En el plano de los desempeños cognitivos, la base de datos para este trabajo tiene las calificaciones de rendimiento de cada alumno evaluadas por la docente al finalizar el año lectivo (es una variable continua, cuyo recorrido va del 1 al 12, siendo el 12 el máximo y 6 la suficiencia). La base de datos también contiene información sobre repetición (variable dicotómica, que toma el valor 1 cuando el alumno no alcanzó los niveles de suficiencia y repite el año, y 0 en otro caso).

⁴La fusión de fuentes de datos fue realizada dentro de las instituciones colaboradoras del proyecto entre UPA y UNAI-ANEP, y luego la base fue anonimizada para la realización de este trabajo.

⁵La mayoría de quienes se excluyen en el grupo este son preescolares, los cuales no se incluyen en este trabajo por no tener información de resultados educativos cuantitativa.

⁶Se puede observar en la figura A.1 que la probabilidad de combinación de cada observación no presenta discontinuidades según el valor de la plombemia.

Tabla 2.1: Estadísticas de las diferentes etapas del pegado de bases

	Observaciones	Media	Desvío estándar
Total historias clínicas ingresadas			
Plombemia	985	4,97	5,18
Edad	866	6,91	4,08
Sexo (varón=1)	975	0,54	0,50
Pacientes UPA en edad escolar			
Plombemia	811	5,04	5,54
Edad	813	7,18	3,95
Sexo (varón=1)	805	0,54	0,50
Pacientes UPA en edad escolar que se pegaron con base ANEP			
Plombemia	780	5,10	5,61
Edad	782	7,16	3,95
Sexo (varón=1)	774	0,54	0,50

Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP.

En la mayoría de los trabajos, que fueron presentados en los antecedentes, la información proviene de pruebas estandarizadas (también de fin de cursos). Estas tienen ventajas por sobre las notas del docente, porque no están sujetas a la variabilidad de los últimos y es más fácil la comparabilidad. Además, en muchos casos se dividen por áreas de conocimiento (matemática y lectura).

Por otra parte, para los desempeños de comportamiento, se utiliza nuevamente calificaciones de fin de cursos evaluadas por la docente, pero en este caso la calificación en conducta se analiza en dos formatos (como variable continua, entre 1 y 12, siendo 12 la máxima calificación, y 6 la suficiencia; y como dicotómica, siendo 1 la conducta suficiente y 0 en otro caso). En los antecedentes sobre efectos de exposiciones a plomo en comportamiento, hay mayor heterogeneidad sobre las variables de resultados estudiadas, que en el caso de los desempeños cognitivos. Algunos trabajos utilizan índices de comportamiento relacionados a ausentismo y suspensiones escolares basados en registros escolares (Aizer y Currie, 2019; Billings y Schnepel, 2018), y por ejemplo, el caso de Reyes (2015) utiliza una medida similar pero con información recabada en una encuesta en adultos jóvenes sobre su niñez, esto puede tener sesgos por la autopercepción o subjetividad de las personas al responder la encuesta.

Por último, se agrega una variable de desempeño siguiendo la definición de ANEP (2021) “extraedad”, que indica quiénes, en un determinado período curricular al 30 de abril de ese curso, exceden en al menos un año la edad teórica correspondiente al grado. Esta variable, nuevamente, se analiza de forma continua (en años) y dicotómica (igual a 1 si tiene extraedad, y 0 en otro

caso).

En cuanto a las variables de intervención de la UPA, el tratamiento se definió como “alguna intervención”, que vale 1 cuando el niño fue contactado por la UPA para una segunda consulta, y 0 cuando no fue contactado (no fue asignado). No se analizan separadamente las intervenciones porque la cantidad de observaciones no permite separar las intervenciones aplicadas por la UPA para analizarlas una a una (quedarían muy pocas observaciones en los grupos).

En el análisis cuantitativo se analiza una muestra de todas las observaciones de la base UPA-ANEP. Para esta muestra se balancearon las observaciones en los resultados, es decir, se consideran las observaciones que tienen información de todas las variables de resultados. Adicionalmente, se excluyen del análisis quienes superen los 11 años en quinto grado y los 12 años en sexto grado (últimos grados de Educación Primaria).⁷ Esto provoca que de la cantidad de observaciones totales de la base, las observaciones que analizo en las estimaciones se reduzcan a 317.

Aunque la cantidad de observaciones de la muestra es limitada, y efectos pequeños podrían no ser detectables, existen antecedentes que trabajan con números similares. Por ejemplo, en Billings y Schnepel (2018) tienen una muestra de 301 observaciones, y encontraron efectos de gran magnitud, como ya se mencionó en el capítulo anterior.

En la tabla 2.2 se presentan los estadísticos descriptivos para esas observaciones. La información está separada para el grupo de no elegibles (quienes tienen plombemias menores a $5 \mu\text{g}/\text{dL}$) y elegibles para la intervención (plombemias mayores a $5 \mu\text{g}/\text{dL}$). Se presenta la información de las características individuales en línea de base (primera plombemia, edad y sexo), es decir, el mismo año en que se realiza la primera plombemia (panel inferior).

Las variables de desempeño (panel inferior) se toman entre 1 y 2 años posteriores a la plombemia para ver un efecto de corto plazo desde que la intervención se comienza a aplicar (se supone que la intervención comienza con posterioridad a la fecha de la primera plombemia), y por eso las estadísticas son para ese período. Para esto se construyó una variable que es igual a 1 cuando el desempeño es 2 años después de la plombemia, y, en los casos que

⁷Se excluyen estas observaciones de la muestra analizada porque son potencialmente sesgadas a peores resultados educativos, pues quienes egresaron de Primaria no están registrados en la base de ANEP que se dispuso (la base no tiene información de Educación Secundaria), y quienes se mantienen en la base son un subgrupo que tiene peores resultados en comparación con quienes sí egresaron de Educación Primaria y asisten a Secundaria.

no hubiera información 2 años después, la variable es 1 para quienes tienen desempeños 1 año después de la plumbemia (la variable es 0 en los años anteriores a la plumbemia, el mismo año de la plumbemia, y los años posteriores al segundo año). Un 92 % de la muestra tiene información de los desempeños 2 años después de la plumbemia, y el restante 8 % tiene información 1 año después de la plumbemia, estas proporciones no difieren entre los grupos de elegibilidad.⁸

Tabla 2.2: Estadísticos descriptivos

	No elegibles ($pb < 5\mu g/dL$)		Elegibles ($pb \geq 5\mu g/dL$)	
	Media	Desvío estándar	Media	Desvío estándar
Características individuales: línea de base				
Plumbemia	2,82	1,21	9,45	5,74
Sexo (=1 si es varón)	0,58	0,49	0,62	0,49
Edad	7,14	1,96	6,71	1,70
Variables de resultado: años 1 y 2 posteriores a plumbemia				
Conducta	7,16	1,76	6,87	1,73
Conducta dicotómica*	0,89	0,31	0,87	0,34
Rendimiento	6,75	1,51	6,50	1,54
Repetición	0,13	0,34	0,18	0,40
Extraedad en años	1,02	0,71	0,98	0,65
Extraedad dicotómica**	0,44	0,50	0,45	0,50
Obs.	224		93	

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. *La variable conducta dicotómica vale 1 cuando la conducta es suficiente (≥ 6), y 0 en otro caso. **La variable extraedad dicotómica valr 1 cuando el niño tiene extraedad, y 0 en otro caso.

Los estadísticos indican que la muestra tiene un porcentaje mayor de niños que de niñas en general, que alcanza el 58 % en el grupo de no elegibles, y el 62 % en el grupo de elegibles.⁹ Es decir, los varones están mayormente representados en el grupo de plumbemias altas.

Los niños de la muestra al momento de la primera plumbemia tienen en promedio 7 años. Como se dijo anteriormente, la UPA atiende a niños y adolescentes de todas las edades. Pero al fusionar la base de datos con información de educación primaria, quedan seleccionados niños en edad escolar y preescolar.

⁸No se presenta las estadísticas de las variables de desempeños en la línea de base porque un grupo de observaciones significativo no tiene información cuantitativa de desempeños en línea de base por su edad (son niños que en la línea de base estaban en educación preescolar), esto genera que haya selectividad en el grupo de elegibles (se pierden más observaciones en los elegibles que no elegibles).

⁹Según las ECH 2010 a 2018, en la edad escolar la composición por sexo es de aproximadamente 52 % de niños, y 46 % de niñas (ECH 2010-2018).

El promedio de la plombemia es $9,45 \mu\text{g}/\text{dL}$ para el grupo de elegibles. Cabe destacar que, la mediana para ese grupo es $7,3 \mu\text{g}/\text{dL}$, debido a que un pequeño grupo de observaciones con plombemias muy altas que incrementan la media. Al observar los valores de la segunda plombemia para este mismo grupo, pasa algo similar: el promedio de plombemias cae a $7,5 \mu\text{g}/\text{dL}$ y la mediana cae a $4,65 \mu\text{g}/\text{dL}$.¹⁰ Cabe señalar que, para la mitad de los niños que eran elegibles a la segunda consulta en UPA, su plombemia desciende por debajo del umbral de elegibilidad ya en esa segunda consulta. El tiempo promedio entre la primera y segunda consulta es de 250 días aproximadamente.¹¹, es decir, el desempeño se observa después del descenso en la plombemia (hasta 2 años posteriores).

Los estadísticos de las variables de resultado muestran que en general, en los años posteriores a la plombemia, el grupo no elegible presentaba mejores desempeños. Si se comparan ambos grupos en los dos años posteriores a la plombemia (recordemos que es el período que se considera en las estimaciones de impacto), nuevamente, se observan valores muy similares entre ambos grupos. En la conducta dicotómica, repetición, extraedad y extraedad dicotómica, las diferencias no son significativas. Por su parte, la media de la conducta en niños con plombemias menores a $5\mu\text{g}/\text{dL}$ es 7,16, mientras que la de los que superan el umbral es 6,87 (esta diferencia es significativa al 10%), y las notas de rendimiento, por su parte, son menores en el grupo de plombemias altas en 0,15 puntos (diferencia también significativa al 10%).

2.2. Estrategia de estimación

Como ya se señaló, la asignación a las intervenciones de la UPA dependen de que el valor de la plombemia supere o no el umbral de $5\mu\text{g}/\text{dL}$. Quienes superan ese umbral son elegibles para la intervención, mientras que, quienes no lo superan, no son elegibles. Esta forma de definir la elegibilidad genera una discontinuidad en la asignación a la intervención, que puede ser explotada para estimar el efecto de la asignación a la intervención sobre los resultados de interés, aplicando la técnica de regresión discontinua (Bernal y Peña, 2011; Cattaneo et al. 2020).

Teóricamente, siguiendo la notación de Bernal y Peña (2011), se tiene un

¹⁰Cálculos realizados con base UPA-ANEP.

¹¹Cálculos realizados con base UPA-ANEP

indicador de tratamiento D (igual a 1 si es asignado a tratamiento, y 0 en otro caso), la variable de resultado Y (en el momento $t=1$), y una variable de asignación Z que determina la elegibilidad para la intervención (momento $t=0$), dependiendo de si su valor es mayor o menor que un determinado umbral, \bar{z} . La expectativa condicional de la variable de resultado Y está dada por la ecuación 2.1.

$$E[Y_{t=1}|Z_{t=0} = \bar{z}] = E[Y_{t=1}|D = 0, Z]Pr(D = 0|Z_{t=0} = \bar{z}) + E[Y_{t=1}|D = 1, Z]Pr(D = 1|Z_{t=0} = \bar{z}) \quad (2.1)$$

La expectativa condicional de la variable de resultado observada no es continua, sino que presenta un salto en \bar{z} . Como a la derecha del umbral, solamente hay observaciones elegibles, no existen observaciones con las mismas características (mismo valor de Z) no elegibles, por lo tanto, debe encontrarse un contrafactual. Intuitivamente, el estimador de RD se basa en la observación de que los individuos apenas a la izquierda del umbral serían muy parecidos a los individuos apenas a la derecha del umbral, excepto que los primeros no son elegibles para la intervención, pero los segundos sí. Por tal motivo, los primeros podrían ser un contrafactual válido de los últimos (Bernal y Peña, 2011; Cattaneo et al. 2020).

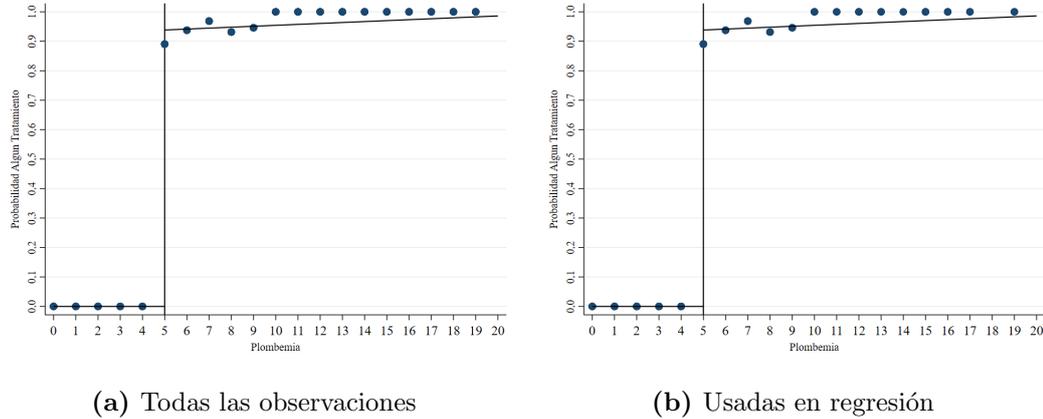
Para aplicar un Diseño RD, se deben cumplir determinados supuestos. Estos consisten, en primer lugar, en que los individuos no puedan manipular de forma precisa su valor de la variable de asignación. Si este supuesto se cumple, entonces la variación en el tratamiento cerca del umbral se asemeja a un experimento aleatorio (Lee y Lemieux, 2010). En segundo lugar, se supone que, de no existir el tratamiento, la relación entre los desempeños individuales y la plombemia no presentaría discontinuidades. Se puede asumir, entonces, que las discontinuidades que presenten los desempeños cerca del umbral, son efecto del tratamiento. Una ventaja del diseño RD es que los requerimientos se pueden testear empíricamente.

La Figura 2.1, muestra la proporción de niños asignados a alguna intervención¹² de la UPA (eje vertical), para los distintos valores de la plombemia (eje horizontal). El gráfico (a) muestra la discontinuidad para todas las observaciones de la base UPA-ANEP, y el gráfico (b) presenta lo mismo para la muestra

¹²En el apéndice, figura A.2 se presentan los gráficos para las variables de intervención por separado.

de observaciones usada en las regresiones.

Figura 2.1: Probabilidad de ser asignado a alguna intervención en UPA condicional al valor de la plombemia



Fuente: elaboración propia en base UPA-ANEP. Nota: La discontinuidad fue estimada con polinomio de grado 1, y ancho de banda que abarca todas las observaciones. Es significativa al 1% en ambos casos, la magnitud es de 0,92 para todas las observaciones (a), y 0,96 para las observaciones usadas en las regresiones (b). Para mejor visualización, se truncó la plombemia en 20 $\mu\text{g}/\text{dL}$, además muy pocas observaciones superan ese valor.

Se observa una discontinuidad en el punto de corte, cuya magnitud es 0,92 para todas las observaciones y 0,96 para la muestra (ambas significativas al 1%). El cumplimiento de la regla de elegibilidad es, por lo tanto, muy alto. Se acerca a un diseño RD nítido o *sharp*. Sin embargo, en este trabajo se utiliza un diseño RD difuso o *Fuzzy*, pues la probabilidad de asignación a tratamiento no es una función estrictamente determinística del valor de la plombemia.

Un diseño RD *Fuzzy* explota la discontinuidad en la probabilidad del valor esperado de la asignación a la intervención (Angrist y Pischke, 2008). El resultado es un diseño donde la variable de elegibilidad se vuelve una variable instrumental para el estado de tratamiento, en lugar de cambiar de forma determinística la condición de asignación al tratamiento.

La ecuación 2.2 muestra formalmente cómo queda el estimador de un diseño RD *Fuzzy* o difuso (τ_{RDF}), que, como se puede observar es un cociente entre el salto en la variable de resultado Y en el umbral \bar{z} dividido por el salto en la probabilidad de participación en el umbral (Bernal y Peña, 2011).

$$\tau_{RDF} = \frac{\lim_{Z \rightarrow \bar{z}^+} E[Y_i | Z_i = z] - \lim_{Z \rightarrow \bar{z}^-} E[Y_i | Z_i = z]}{\lim_{Z \rightarrow \bar{z}^+} Pr(D = 1 | Z = z) - \lim_{Z \rightarrow \bar{z}^-} Pr(D = 1 | Z = z)} \quad (2.2)$$

Como el diseño es difuso, se requieren dos condiciones adicionales (asociadas al método de variables instrumentales). En primer lugar se debe cumplir la relación de primera etapa, que implica que la plombemia (el instrumento) afecta la probabilidad de tratamiento.¹³ En segundo lugar, se debe cumplir la restricción de exclusión, que significa que la plombemia afecta el resultado sólo a través del cambio de estatus de tratamiento.

Las estimaciones de los efectos a cada lado del umbral se puede estimar de forma paramétrica mediante polinomios de distinto orden. Por lo tanto, interesa discutir brevemente la elección del orden del polinomio. En Cattaneo et al. (2020) se plantea que, en general, incrementar el grado del polinomio mejora la precisión de la aproximación de la función de regresión de los datos, pero también incrementa la variabilidad del estimador del efecto del tratamiento. Además, polinomios de orden superior tienden a producir un ajuste excesivo de los datos y conducen a resultados poco confiables cerca de los puntos límite (Cattaneo et al. 2020). Por estas razones, en la mayoría de las aplicaciones se prefieren estimaciones con polinomios lineales (de primer grado), ya que este parece ofrecer un buen equilibrio entre simplicidad, precisión y estabilidad en contextos de diseño RD (Cattaneo et al. 2020).

Analíticamente, la estimación del efecto del tratamiento en un diseño RD *fuzzy* o difuso, es frecuentemente llevada a cabo por el método de mínimos cuadrados en dos etapas (Jacob et al. 2012). La ecuación de primera etapa 2.3, muestra cómo se instrumenta la variable D_i en función de la variable Z_i , que indica la elegibilidad a la intervención. Cabe recordar que la elegibilidad se obtiene ($Z_i = 1$) cuando $pb_i \geq 5\mu g/dL$.

$$D_i = \alpha_0 + \alpha_1 Z_i + \epsilon_i \quad (2.3)$$

Luego de obtener una estimación para la variable de asignación a tratamiento D_i , se sustituye ésta en la ecuación de segunda etapa 2.4. Donde Y_i es la variable de resultado (conducta, conducta dicotómica, rendimiento, repetición, extraedad, extraedad dicotómica¹⁴); pb_i es el valor de la plombemia; \hat{D}_i es la estimación de la asignación al tratamiento obtenida en la ecuación 2.3; X_i es un vector de covariables exógenas (edad y sexo); t_{ANEP} es un vector de variables dicotómicas por año que controlan tendencias temporales según el año

¹³En la Tabla A.4, ubicada en el apéndice, se presentan los coeficientes de primera etapa, donde se observa que el instrumento es significativo al 1% en todas las especificaciones.

¹⁴Recordar que la descripción de estas variables se encuentra en la tabla A.3.

del desempeño de ANEP; y t_{PB} un grupo de variables dicotómicas de año, pero en este caso controlan tendencias temporales del año en que se realizó la plom-bemia. Como se explicó más arriba, el polinomio de la ecuación, representado por la variable pb_i , es de primer grado.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 pb_i + \beta_2 \hat{D}_i + \beta_3 pb_i \hat{D}_i + \beta_4 X_i + \sum_{j=2013}^{2019} \gamma_j t_{ANEP} + \sum_{k=2010}^{2019} \delta_k t_{PB} + \xi_i \quad (2.4)$$

En ese caso, el coeficiente de interés es β_2 , que se interpreta como efecto de la asignación a la intervención a ser estimado en el capítulo 3. El estimador de diseño RD difuso es un efecto promedio *local* del tratamiento (LATE¹⁵). Cabe señalar que una limitación del método es que los efectos del tratamiento RD tienden a tener limitada validez externa, pues no necesariamente las ob-servaciones más lejanas del umbral serían afectadas de la misma manera que las observaciones cercanas.

Un aspecto a analizar radica en que puede haber casos que no adhieren a la intervención, en este caso implica que, aunque se lograra contactar a la familia para una nueva consulta (asignar a la intervención), el paciente no asistió (no adhirió a la intervención). Se observa que el grupo de *compliers*, es decir, quie-nes fueron asignados a tratamiento y lo recibieron efectivamente, tienen niveles de plom-bemia promedio mayores a quienes fueron asignados a tratamiento pe-ro no lo recibieron efectivamente (ver figura A.3). Además, parece presentarse una discontinuidad cuando la plom-bemia supera el umbral de $10\mu g/dL$, que como se comentó anteriormente, el umbral implica aplicación de más medi-das por parte de la UPA (visita domiciliaria y remediación ambiental), estas medidas adicionales parecen tener, entonces, mayor cumplimiento.

Por lo tanto, el salto en la variable de desempeño alrededor del umbral, no estima el impacto de la adhesión a la intervención, sino el impacto de la asignación a esta, esto es lo que se denomina intención del tratamiento (ITT) (Bernal y Peña, 2011). En este caso, las estimaciones realizadas por método RD difuso, serán un límite inferior (o *lower bound*) del efecto del tratamiento.¹⁶ Esto es por la forma en que en este trabajo se implementa el método RD.

¹⁵Local Average Treatment Effect

¹⁶En la tabla A.8 se presentan efectos heterogéneos entre quienes recibieron el tratamiento efectivamente en comparación con quienes no adhirieron a este, dentro del grupo de asignados a tratamiento. Lo que se observa es que los efectos sobre quienes adhirieron al tratamiento son de mayor magnitud, en el caso de la conducta, conducta dicotómica y rendimiento.

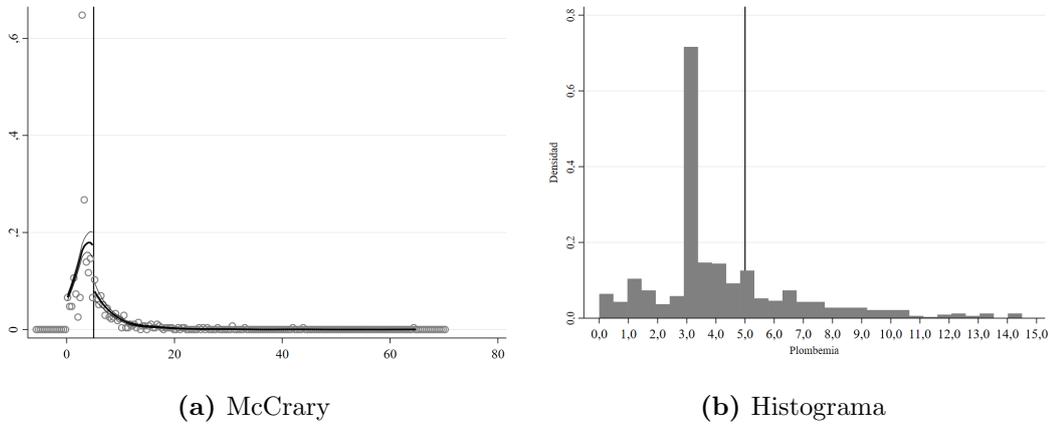
Recordar que, quienes no adhirieron a la intervención, sí fueron informados del valor de la plumbemia y recibieron educación ambiental, por lo que pueden haber aplicado intervenciones en el hogar que redujeran la exposición a plomo de los niños, aunque no hayan asistido a la segunda consulta.

Otro aspecto a tener en consideración cuando se aplica un diseño RD es el ancho de banda. La elección del ancho de banda en los diseños RD es fundamental para su análisis e interpretación, ya que controla la amplitud del entorno alrededor del punto de corte, es decir, la cantidad de observaciones, que son usadas para ajustar la regresión (Cattaneo et al. 2020). La elección del ancho de banda enfrenta una tensión entre sesgo y varianza, ya que al elegir un ancho de banda pequeño se reduce el error de especificación pero se aumenta la varianza (esto implica que las estimaciones tengan menor precisión), y viceversa cuando se elige un ancho de banda grande. En este trabajo, se utiliza un enfoque, frecuentemente usado en la práctica, que busca minimizar el Error Cuadrático Medio (MSE) del estimador puntual del polinomio local RD (Cattaneo et al. 2020). En el capítulo siguiente, se presentarán las estimaciones con el ancho de banda óptimo MSE, permitiendo diferenciar los anchos de banda de cada lado del umbral, ya que, de cada lado del umbral, hay una cantidad de observaciones muy diferente. Dado que el número de observaciones con el ancho de banda óptimo es bajo, se expondrán otras especificaciones en las cuales se lo duplica y cuadruplica, para ver robustez. Además, se presentan las estimaciones con todas las observaciones de la base, también por su limitada cantidad. En resumen, se presentan las estimaciones para 4 anchos de banda diferentes.

A continuación, presento las pruebas de validación del método RD, que testean los supuestos presentados más arriba, para fundamentar la aplicación de este método en este contexto.

En primer lugar, se debe chequear que no exista manipulación del valor de la variable de elegibilidad. McCrary (2008) presentó un test para la hipótesis nula de que la densidad de la variable de elegibilidad no presenta discontinuidad en el punto de corte. Si se presentara algún salto en la densidad de la plumbemia ubicado cerca del punto de corte, habría evidencia de manipulación en el valor de la plumbemia para quedar de un lado u otro del umbral. En la Figura 2.2 se observa que la densidad de la variable plumbemia no presenta discontinuidades en el punto de corte. Además, el p-valor del test McCrary (2008) es 0,28; es decir, que no se rechaza la hipótesis nula.

Figura 2.2: Test McCrary (2008) e histograma de variable de asignación Plombemia



Fuente: elaboración propia en base UPA-ANEP.

Por otra parte, también se puede testear el supuesto de que, en un entorno cercano al punto de corte, los grupos de asignados y no asignados a intervención no presenten discontinuidades en las covariables. Este supuesto se puede revisar teniendo en cuenta las características de los individuos en la línea de base, es decir, antes de recibir el tratamiento. Si los dos grupos no presentan diferencias significativas antes de recibir el tratamiento, puede interpretarse que las diferencias que se observen después de que el tratamiento se efectúa, son causadas por éste. En la tabla 2.3, se presentan regresiones para las covariables en la línea de base con diferentes anchos de banda. Para la variable sexo, ninguna de las especificaciones tiene coeficiente significativo, en cambio, para la edad, aparece en las especificaciones con ancho de banda más amplio una pequeña diferencia de la edad en años, significativa al 10 %.

Se presentarán, además, en el próximo capítulo, estimaciones de efectos heterogéneos según diferentes variables. En primer lugar, se observa si los efectos difieren según las diferentes intervenciones recibidas. En segundo lugar, se observará si los efectos estimados difieren según características de los individuos (por ejemplo, según el sexo del niño o la edad). Se estiman los efectos heterogéneos incorporando a las regresiones interacciones de las variables de tratamiento (asignado a alguna intervención en UPA) con las variables de interés (sexo, edad, otros tratamientos).

Tabla 2.3: Estimaciones para covariables (edad y sexo) en línea de base

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Edad				
Coef. RD	-0,72 (0.48)	-0,06 (0.23)	0,14* (0.09)	0,13* (0.07)
Observaciones	102	242	312	317
Ancho de banda	(3,64-8,39)	(2,28-11,78)	(0-18,55)	(0-64)
Variable dependiente: Sexo				
Coef. RD	0,25 (0.16)	0,02 (0.05)	-0,02 (0.02)	-0,01 (0.02)
Observaciones	117	248	314	317
Ancho de banda	(3,48-8,78)	(1,96-12,55)	(0-20,11)	(0-64)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$.. Regresiones con covariables y diferentes anchos de banda.

Capítulo 3

Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de las estimaciones de los efectos de las intervenciones de UPA por el método de Regresión Discontinua difusa, para los diferentes desempeños educativos. Además, se muestran resultados de estimaciones de efectos heterogéneos. Por último, se realizan ejercicios de robustez de los resultados.

3.1. Estimaciones del impacto de las intervenciones de la UPA

En esta sección se presentan las estimaciones por el método RD difuso del efecto de las intervenciones de la UPA sobre cada una de las variables de desempeño (Tablas 3.1, 3.2 y 3.3). Se muestran los resultados para las estimaciones que incluyen polinomios de primer grado¹ en la plombemia. Cabe recordar que se analizan los desempeños en 1 o 2 años posteriores al año de la plombemia.

Cada columna en las tablas mencionadas presenta el coeficiente que capta el efecto de la intervención UPA para especificaciones diferentes. La primer columna muestra la estimación con el ancho de banda óptimo por método MSE, diferenciado a cada lado del umbral. Como se puede ver, para el mismo ancho de banda se muestra el coeficiente de la estimación RD sin covariables y con las covariables detalladas en la sección 2.2. La columna 2 muestra la estimación para un ancho de banda óptimo duplicado, la columna 3 para un

¹En el apéndice, en las tablas A.5, A.6 y A.7, se muestran los resultados de las mismas especificaciones pero con polinomios de segundo grado. Los resultados son similares.

ancho de banda óptimo cuadruplicado, y por último, la columna 4 muestra la estimación para todas las observaciones.

En primer lugar, se presentan las estimaciones para la calificación en conducta (tabla 3.1). Se presenta la variable en dos modalidades: continua (panel superior) y dicotómica (panel inferior). Al observar la variable de calificación en conducta continua, cuyo recorrido va del 1 al 12, se encuentran resultados significativos para la mayoría de las especificaciones. El coeficiente tiene signo positivo (sólo en la especificación con ancho de banda óptimo MSE y sin covariables tiene signo negativo, pero esto se corrige al agregar covariables), e implica que la intervención mejora en 0,16 a 0,38 puntos las calificaciones de conducta del grupo de tratamiento, con respecto al grupo de control. En comparación con el promedio del grupo de control, implica una mejora del 5,37%² en la nota de conducta.

Al observar la misma variable, pero dicotómica (panel inferior), con el valor 1 para niños cuya conducta se considera suficiente (y 0 en otro caso), se observan resultados similares y de mayor magnitud. Aproximadamente, aumenta entre 6 y 9 puntos porcentuales la proporción de niños que tenían una conducta suficiente, dentro de quienes recibieron la intervención de la UPA, con respecto al grupo de control. Esto significa que, aumenta en 10,46%³ la proporción de niños que tienen una conducta suficiente. Parecería que el tratamiento tiene un efecto mayor en el umbral de suficiencia en la conducta que en el resto de la distribución. Se observa que la magnitud del efecto cae cuanto mayor es el ancho de banda, por lo que el efecto parece estar localizado en las observaciones cercanas al umbral de intervención.

La figura 3.1 muestra el gráfico de la conducta y conducta dicotómica para los diferentes valores de plumbemia.⁴ La visualización gráfica es una herramienta importante al utilizar con estimaciones mediante RD, ya que resume los efectos de la intervención. El gráfico presentado se corresponde con la especificación de la segunda columna de la tabla 3.1, y, como se puede observar, en la conducta dicotómica se visualiza una discontinuidad en el punto de corte de intervención. Además, se observa que tiene tendencia decreciente con la plumbemia en todos los valores, y que, de no haber existido intervención, la

²Valor correspondiente al coeficiente de la columna (2) de la Tabla 3.1.

³Valor correspondiente al coeficiente de la columna (2) de la Tabla 3.1.

⁴En las figuras A.4, A.5, A.6 y A.7 se presentan los gráficos para el desempeño conducta en los otros anchos de banda, y para las otras variables de desempeño (rendimiento, repetición, extraedad y extraedad dicotómica).

Tabla 3.1: Estimaciones RD del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en la conducta

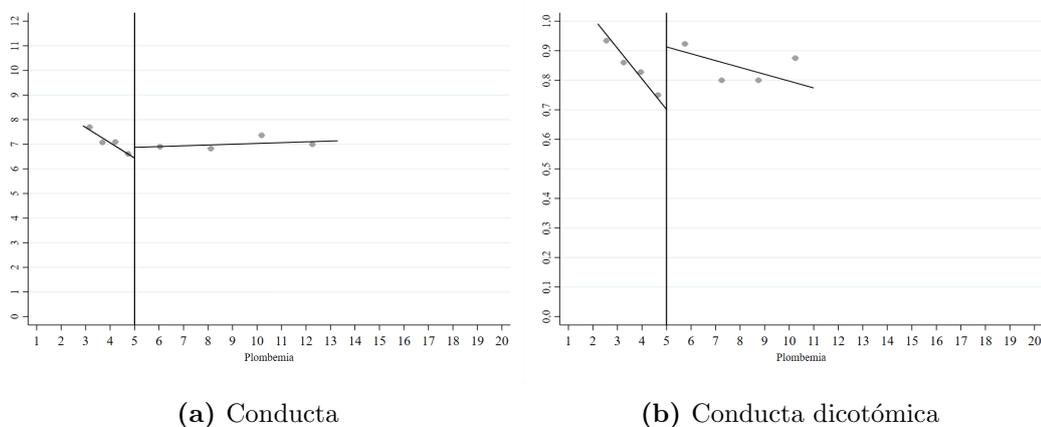
	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Conducta (continua)				
Sin covariables	-0,92 (0,61)	0,38** (0,18)	0,29*** (0,10)	0,16** (0,07)
Con covariables	0,32 (0,65)	0,31** (0,15)	0,32*** (0,07)	0,21*** (0,06)
Observaciones	90	231	296	317
Media var. dep.	7,07	7,07	7,07	7,07
Ancho de banda	(3,92-8,17)	(2,83-11,35)	(0,66-17,69)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Conducta (dicotómica)				
Sin covariables	-0,13 (0,14)	0,09* (0,05)	0,06** (0,03)	0,05** (0,02)
Con covariables	-0,13 (0,16)	0,08* (0,04)	0,07*** (0,02)	0,06*** (0,02)
Observaciones	99	239	312	317
Media var. dep.	0,86	0,86	0,86	0,86
Ancho de banda	(3,72-8,13)	(2,43-11,27)	(0-17,54)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Covariables: sexo, edad, dummies año UPA, dummies año ANEP.

proporción de niños con conducta suficiente sería cercana a 0,7 para el grupo de elegibles en el entorno cercano al punto de corte.

Los resultados se asocian fuertemente con los encontrados por los antecedentes. Por ejemplo, en Reyes (2015) se encontró que la disminución del 50 % del plomo en la sangre que se produjo en el período estudiado, se asociaba a una disminución del 5 % en los problemas de conducta. El caso de Billings y Schnepel (2018) encontraba que las intervenciones aplicadas en el estado de Carolina del Norte, Estados Unidos, que eran similares a las aplicadas por la UPA, generaron un aumento de 0,18 desvíos estándar en el índice de comportamiento usado por ese trabajo en la infancia y adolescencia. La magnitud de los efectos en términos de desvíos estándar encontrados en el presente trabajo es mayor (0,48 a 0,71 desvíos estándar en la conducta continua), aunque en este trabajo se usan menos variables de control que en el trabajo de Billings y Schnepel (2018). Estos resultados encontrados por varios antecedentes, aunque utilicen indicadores diferentes de la conducta (como se presentó anteriormente) o, en algunos casos, períodos de tiempo diferentes (en general, tienen mediciones de plumbemia antes de los 5 años, y resultados desde los 8 años en

Figura 3.1: Gráfico RD para la variable de resultados conducta



Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. Nota: Los gráficos corresponden a la estimación con ancho de banda MSE duplicado y sin covariables. El eje vertical del gráfico (a) corresponde a la nota de conducta, cuyo recorrido es del 1 al 12, y el eje vertical del gráfico (b) corresponde a la probabilidad de tener conducta suficiente.

adelante), encuentran resultados de similar magnitud a los que se presentan en este trabajo, brindando mayor credibilidad a los resultados.

En la tabla 3.2 se presentan los resultados en las calificaciones de rendimiento y repetición. Recordemos que la primera, corresponde a la calificación de rendimiento académico al final del curso, y la segunda, es una variable dicotómica que indica si el niño no promovió en ese año (la variable vale 1 si el niño repitió, y 0 si el niño promovió de grado).

El panel superior de la tabla 3.2, donde se exponen los resultados sobre la variable nota de rendimiento, muestra nuevamente varias especificaciones con efecto significativo de la intervención aplicada por la UPA en los tratados. El efecto tiene signo positivo, y oscila entre 0,24 a 1,26 puntos de mejora en la nota de rendimiento. Este parámetro tiene más variabilidad en magnitud que los coeficientes estimados para la conducta. En comparación con el grupo de control, la nota de rendimiento se incrementa aproximadamente un 3,6%. Es decir, las intervenciones de mitigación del plomo aplicadas, mejoraron las notas de rendimiento de los niños que recibieron esas intervenciones. Nuevamente, a medida que el ancho de banda se incrementa, el efecto disminuye, y pierde precisión.

Por su parte, cuando se observa la variable repetición (panel inferior), no se encuentran resultados significativos en ninguna de las especificaciones. En el caso de los efectos de las intervenciones de plomo sobre los desempeños cogniti-

Tabla 3.2: Estimaciones RD del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en el rendimiento y repetición

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Rendimiento (continua)				
Sin covariables	0,56* (0,32)	0,24** (0,09)	0,12 (0,08)	0,08 (0,07)
Con covariables	1,26*** (0,44)	0,25* (0,13)	0,12 (0,08)	0,09 (0,06)
Observaciones	104	235	303	317
Media var. dep.	6,68	6,68	6,68	6,68
Ancho de banda	(3,79-8,56)	(2,58-12,12)	(0,15-19,24)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Repetición (dicotómica)				
Sin covariables	0,05 (0,09)	-0,01 (0,03)	-0,01 (0,01)	-0,01 (0,01)
Con covariables	-0,05 (0,10)	-0,00 (0,03)	-0,01 (0,02)	-0,01 (0,02)
Observaciones	102	239	305	317
Media var. dep.	0,16	0,16	0,16	0,16
Ancho de banda	(3,83-9,08)	(2,65-13,17)	(0,3-21,34)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Covariables: sexo, edad, dummies año UPA, dummies año ANEP.

vos que se pueden observar en este trabajo (notas de repetición y rendimiento) se observa que el efecto no se ubica sobre el umbral de suficiencia; mientras que, como se vio más arriba, sobre los desempeños comportamentales (notas de conducta) el efecto sí se ubicaba del umbral de mal y buen comportamiento.

Recordemos que, en el trabajo de Reyes (2011), la autora encontraba que las reducciones en el plomo ambiental en el estado de Massachusetts llevaron a una caída de 1 a 2 puntos porcentuales en la proporción de niños que tenían resultados insatisfactorios en matemática. Esto se puede asimilar con los resultados encontrados en este trabajo para los desempeños en rendimiento, que, aunque no hay efectos sobre la suficiencia (efectos no significativos en la repetición), la magnitud es similar en la variable de rendimiento al trabajo de Reyes (2011). Por otra parte, en Billings y Schnepel (2018) para el caso de la repetición, entre primer y quinto grado, el coeficiente estimado tiene signo positivo (contrario al que se espera) y de una magnitud de 3 puntos porcentuales, sin embargo, el signo se revierte en la repetición de sexto a noveno grado, por lo que los resultados esperados en la repetición se observan, en ese contexto, a un mayor plazo.

Para finalizar, se observan los resultados para la variable extraedad, nuevamente, en dos formatos de la variable de desempeño: extraedad continua (panel superior) y dicotómica (panel inferior). Los coeficientes para la variable continua (medida en años) no aparecen significativos en ninguna de las especificaciones, y en el caso de la variable dicotómica, aparecen algunas especificaciones significativas al 10 %. El signo del coeficiente, en este caso, implicaría que las intervenciones aumentarían la proporción de niños con extraedad. La magnitud de los coeficientes varía entre 5 y 32 puntos porcentuales de aumento de la proporción de niños con extraedad. Sin embargo, al examinar las representaciones gráficas (Figuras A.4, A.5, A.6 y A.7), no se observa ninguna discontinuidad, esto podría estar relacionado a una no linealidad de las observaciones.

Tabla 3.3: Estimaciones RD del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en extraedad

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Extraedad (continua)				
Sin covariables	0,16 (0,12)	0,16*** (0,05)	0,08 (0,05)	0,09* (0,05)
Con covariables	0,20 (0,15)	0,15*** (0,05)	0,07** (0,03)	0,07** (0,03)
Observaciones	124	250	308	311
Media var. dep.	1,07	1,07	1,07	1,07
Ancho de banda	(3,38-9,01)	(1,76-13,02)	(0-21,04)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Extraedad (dicotómica)				
Sin covariables	0,32* (0,16)	0,08* (0,04)	0,05* (0,03)	0,03 (0,03)
Con covariables	0,28* (0,15)	0,07 (0,05)	0,05* (0,03)	0,02 (0,02)
Observaciones	107	238	300	311
Media var. dep.	0,46	0,46	0,46	0,46
Ancho de banda	(3,77-9,15)	(2,53-13,3)	(0,07-21,61)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.. Covariables: sexo, edad, dummies año UPA, dummies año ANEP.

Estos resultados parecen mostrar que no hay efecto de las intervenciones aplicadas por la UPA en la extraedad escolar. Además, cabe discutir si hay espacio desde la intervención que realiza la UPA, de efectivamente disminuir la extraedad, ya que, la población antes de que la intervención se realiza tiene extraedad, y esto no puede revertirse, sólo evitar que haya mayor extraedad. Por lo tanto, parece más adecuado mirar el resultado en repetición.

En suma, los resultados encontrados hasta este momento, confirman la hipótesis del trabajo, ya que las intervenciones aplicadas por la UPA, mejoraron las calificaciones de conducta y rendimiento del grupo de niños intervenidos. Parece que las intervenciones pudieron compensar en una magnitud moderada estos deterioros, llevando a una mejoría en sus desempeños con respecto al grupo de control. Por otra parte, en algunos antecedentes (Billings y Schnepel, 2018; Shadbegian et al. 2019) los resultados son de mayor magnitud en la educación media en comparación con la primaria. Por lo tanto, se puede pensar que, si a corto plazo ya hay mejoras medibles en los resultados en la conducta de los niños por fuertes reducciones de la exposición al plomo, es posible que estos resultados se mantengan hasta la adolescencia, porque se revirtieron los efectos negativos que habría tenido el plomo (a menos que vuelvan a exponerse a contaminación por plomo).

3.2. Efectos heterogéneos

En esta sección se analiza si existen efectos diferentes según el tipo de intervención aplicada, o según determinadas características de los individuos⁵ (edad al momento de la detección, sexo). En cada caso, se presentan las tablas (3.4, 3.5, 3.6 y 3.7) mostrando una columna por variable de desempeño, y dejando fija la especificación que equivale a la regresión sin covariables y ancho de banda óptimo duplicado de las estimaciones principales (columna 2 de las tablas 3.1, 3.2 y 3.3).

En primer lugar, se comparan los diferentes tratamientos aplicados. En las regresiones principales, se estimó el efecto de haber recibido algún tratamiento de los descritos en el esquema 1.1. Sin embargo, en este caso, interesa comparar si se presentan diferencias entre quienes solamente recibieron como tratamiento la segunda consulta realizada en la UPA y quienes recibieron intervenciones adicionales como la visita domiciliaria y/o la remediación ambiental. Cabe destacar que todo el grupo asignado a alguna intervención fue citado a la segunda consulta, por lo que si se encuentra un efecto diferencial puede interpretarse como de una mayor intensidad de tratamiento, ya que se compara entre quienes recibieron un tratamiento solo (segunda consulta) y quienes recibieron intervenciones adicionales. Otros aspectos a tener en consideración para este

⁵La limitada cantidad de observaciones permite realizar pocas aperturas.

análisis consisten en que quienes recibieron otros tratamientos tenían plom-bemias más altas (se les recomendó la visita o remediación con plom-bemias mayores a $10 \mu\text{g}/dL$) y que la cantidad de observaciones que recibieron otros tratamientos es pequeña (Tabla 1.1).

En la tabla 3.4 se observa que el efecto sobre la conducta en su formato continuo es de mayor magnitud en quienes recibieron intervenciones adicionales, en comparación con quienes sólo fueron asignados a la segunda consulta. El efecto mantiene su magnitud en el caso de la conducta dicotómica. Si se realiza un test conjunto de significatividad estadística, la asignación a alguna intervención es significativa para ambas variables. Sin embargo, para las otras variables de resultado (rendimiento, repetición, extraedad en sus dos formatos) el test indica que el coeficiente es no significativo.

Tabla 3.4: Estimaciones de efectos heterogéneos de diferentes tipos de tratamientos

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Segunda consulta únicamente	0,07 (0,13)	0,03 (0,04)	-0,01 (0,17)	-0,01 (0,02)	0,12* (0,07)	0,09** (0,04)
Intervención adicional	2,01** (0,91)	0,40*** (0,13)	0,98 (0,84)	0,20 (0,15)	-0,19 (0,29)	-0,27 (0,23)
Observaciones	231	239	235	239	231	241
Media var. dep.	7,08	0,81	6,61	0,18	1,98	0,42
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Nota: regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

Estos resultados sugieren la presencia de efectos mayores a mayor intensidad de la intervención, pero se basan en un número bajo de observaciones. El efecto de recibir una intervención adicional sobre la conducta parece ser bastante alto, y además, la magnitud para quienes reciben únicamente la segunda consulta es bastante menor. Nuevamente, existe un antecedente que explora si las intervenciones de mayor intensidad se asocian con mayores beneficios (Billings y Schnepel, 2018), cuyos resultados sugieren mayores beneficios de intervenciones más intensivas, pero también se basan en un pequeño número de observaciones.

Por otra parte, interesa revisar qué sucede con quienes recibieron una remediación de suelo en su barrio. Recordar que hubo remediaciones a nivel de barrios, y hubo niños que recibieron intervención ambiental, como una externalidad por residir en esa zona, independientemente del valor de plom-bemia individual. Para aproximar los efectos de esta externalidad se realiza la misma regresión agregando la variable dicotómica que distingue si la persona vive

en un barrio que recibió remediación, y una interacción entre la variable de asignación a alguna intervención con remediación barrial.

La Tabla 3.5 muestra que los efectos de las intervenciones no se ven afectados de forma diferencial por la remediación barrial. Aunque los coeficientes son imprecisos, en algunos casos los valores de los coeficientes son de magnitud alta. El efecto de la intervención UPA sobre la conducta continua y dicotómica (evaluado a través del test conjunto entre la variable Intervención UPA y la Interacción con la intervención barrial) sigue siendo significativo. Por su parte, para las variables extraedad continua y dicotómica, el signo es significativo, y nuevamente, de signo positivo (signo no esperado).

Tabla 3.5: Estimaciones de efectos heterogéneos si recibió remediación territorial en barrio

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Intervención UPA	0,30* (0,16)	0,07 (0,04)	0,25** (0,12)	-0,00 (0,03)	0,15*** (0,05)	0,08* (0,04)
Interacción (inter. UPA * barrio)	0,21 (0,47)	0,09 (0,12)	-0,01 (0,41)	0,04 (0,08)	-0,06 (0,24)	-0,11 (0,19)
Barrio (=1 si fue remediado)	-0,21 (0,45)	-0,10 (0,07)	0,24 (0,37)	0,04 (0,08)	-0,09 (0,12)	0,08 (0,08)
Observaciones	231	239	239	235	231	241
Media var. dep.	7,08	0,81	6,61	0,18	1,98	0,42
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Notas: regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

A continuación, se analizan los efectos heterogéneos según ciertas características de los individuos. Por separado, se expone la heterogeneidad en sexo (tabla 3.6) y luego en edad (tabla 3.7).

En primer lugar, se observan los efectos heterogéneos por sexo. En este caso se agregó a la regresión principal una variable dicotómica que es igual a 1 cuando es un niño, e igual a 0 cuando es una niña, y se agregó una interacción entre el efecto del tratamiento y el sexo. Los resultados muestran que no hay efectos diferenciales del tratamiento por sexo (coeficientes interacción no tienen significación estadística), y el test conjunto muestra que la significación del coeficiente base se mantiene. Al revisar los coeficientes de la tercer fila de la tabla 3.6, se observa que, en promedio, los niños tienen peores resultados tanto en conducta como en rendimiento y repetición, que las niñas.

Estos resultados son consistentes con un antecedente en la literatura. Nils-son (2009) presenta estimaciones del impacto de políticas de reducción del plomo, y realiza estimaciones diferenciadas para niñas y niños, encontrando que las estimaciones puntuales son similares para ambos sexos, por lo que en su trabajo tampoco se encuentran efectos diferentes según el sexo.

Tabla 3.6: Estimaciones de efectos heterogéneos por sexo

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Intervención UPA	0,31** (0,15)	0,08* (0,04)	0,25* (0,13)	-0,00 (0,03)	0,15*** (0,05)	0,07 (0,05)
Interacción (inter. UPA * sexo)	-0,19 (0,38)	-0,04 (0,10)	-0,33 (0,34)	-0,04 (0,10)	0,21 (0,13)	-0,08 (0,11)
Sexo (=1 si es varón)	-1,05*** (0,27)	-0,09 (0,07)	-0,52** (0,25)	0,10** (0,04)	-0,04 (0,10)	0,13 (0,08)
Observaciones	231	239	235	239	231	241
Media var. dep.	7,08	0,81	6,61	0,18	1,98	0,42
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Nota: regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

En segundo lugar, se presentan las estimaciones de efectos heterogéneos por edad al momento de la captación (el momento de la primera plombemia), agregando a la estimación principal una variable dicotómica que es igual a 1 cuando el niño fue captado antes de cumplir 6 años, y 0 cuando el niño tiene al menos 6 años al momento de realizarse la primera plombemia. Nuevamente, no se observan efectos diferenciales si los niños son captados por la UPA antes o después de los 6 años. Cabe recordar, que en esta regresión se hay niños mayores de 4 años, que son quienes tienen observaciones de los desempeños (porque se tienen en cuenta 1 y 2 años posteriores a la plombemia). Es de interés indagar qué sucede con niños captados antes de los 4 años (primera infancia temprana).

Se destaca que los niños captados más tempranamente tienen mejores desempeños en conducta y rendimiento en promedio, en comparación con sus pares que fueron captados con más edad. Sólo en la repetición, se tiene que en promedio los niños captados más tempranamente tienen mayor repetición. Sin embargo, los efectos del tratamiento no son diferentes según la edad de realización de la plombemia, pues no es significativo ningún coeficiente de la variable interacción.

Tabla 3.7: Estimaciones de efectos heterogéneos por categoría de edad (Menores y mayores de 6 años)

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Intervención UPA	0,33** (0,15)	0,07* (0,04)	0,25* (0,14)	-0,01 (0,03)	0,15*** (0,05)	0,06 (0,05)
Interacción (inter. UPA * edad)	-0,54 (0,44)	0,10 (0,08)	0,01 (0,49)	0,16 (0,11)	0,22 (0,15)	0,14 (0,10)
Edad (=1 si menor de 6)	0,59** (0,27)	-0,03 (0,06)	-0,27 (0,19)	0,19*** (0,07)	-0,67*** (0,08)	-0,46*** (0,07)
Observaciones	231	239	235	239	231	241
Media var. dep.	7,08	0,81	6,61	0,18	1,98	0,42
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Nota: regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

Nuevamente, Nilsson (2009) encuentra que para todos los resultados, el impacto estimado de la exposición más adelante en la niñez es menor que la exposición de 0 a 2 años, y no es estadísticamente significativo. Cabe destacar que en su estudio compara los resultados en niños de 0 a 2 años contra resultados en niños de 5 a 7 años.

3.3. Análisis de robustez

Una forma de analizar si se ha producido manipulación del valor de la variable de elegibilidad, adicional al test McCrary (2008), es analizar cuán sensibles son los resultados a las observaciones que están localizadas muy cerca del punto de corte (Cattaneo et al. 2020). Los autores plantean que si se produjera manipulación, las unidades más cercanas al umbral serían las que con más posibilidad hayan participado en la manipulación. La idea detrás de este enfoque es excluir estas unidades y luego repetir la estimación y análisis usando la muestra que queda. Este test se denomina *donut hole approach*. En la Tabla A.9 se muestran estimaciones con este enfoque. Se observa que se mantiene estable la significación y la magnitud de los resultados de las regresiones principales. Los resultados son robustos a excluir observaciones muy cercanas al punto de corte.

Otro chequeo posible es estimar si podría existir una distorsión en los efectos del tratamiento por escuela. Es decir, si al momento del niño ser captado por la UPA y haberse realizado una plombemia, en la institución donde se asignan las calificaciones de rendimiento y conducta, se considerase especialmente la exposición del niño y haya un incremento en las calificaciones causado por esa consideración subjetiva y no por una mejora efectiva del desempeño del niño. Para ver si hay un efecto de este tipo, se prueba realizar las estimaciones con errores estándar clusterizados por identificador de escuela, es decir, que todos los niños que asisten a la misma escuela, estarán dentro del mismo cluster (ver Tabla A.11). Los resultados se muestran en la Tabla A.10, e indican que los efectos se mantienen para las variables de conducta, tanto en significatividad estadística como en magnitud del coeficiente. En el caso de la calificación de rendimiento, la estimación es imprecisa, se pierde significatividad estadística, pero sí mantiene la magnitud del efecto encontrado en las regresiones principales.

Capítulo 4

Comentarios Finales

En este trabajo, se realizó un análisis empírico para observar si las intervenciones aplicadas por la Unidad Pediátrica Ambiental en una población de niños expuesta a plomo tuvo efectos positivos en sus trayectorias educativas al reducir esa exposición, mejorando las calificaciones de conducta y rendimiento.

Los resultados de las estimaciones permiten no rechazar la hipótesis del trabajo, mostrando que la reducción de niveles de plomo en la población infantil y las intervenciones que intentan mitigar los efectos del plomo, tienen potencial de mejorar los desempeños académicos de los niños, en aspectos tanto cognitivos como comportamentales. Los resultados de este trabajo presentan mayor consistencia y magnitud para las calificaciones de conducta, mientras que en los aspectos de rendimiento académico son más sensibles a diferentes especificaciones. También es interesante destacar que a mayor intensidad de las intervenciones, la magnitud de los efectos se incrementa.

Cabe destacar que estos resultados, aunque sean pocas observaciones y tengan gran variabilidad, tienen similitudes con los encontrados por antecedentes para otros países, en su mayoría desarrollados. En el caso de la conducta, Reyes (2015) encontró que la disminución del 50 % del plomo en la sangre que se produjo en Estados Unidos entre los años 1970-1985 aproximadamente, se asociaba a una disminución del 5 % en los problemas de conducta. Por su parte, Billings y Schnepel (2018) encontraron que intervenciones aplicadas en Carolina del Norte, Estados Unidos, similares a las aplicadas por la UPA en Uruguay, generaron un aumento de 0,18 desvíos estándar en el índice de comportamiento usado en la infancia y adolescencia. En el presente trabajo, en términos de desvíos estándar la magnitud del efecto es mayor para la población UPA

que los encontrados por Billings y Schnepel (2018) para la población que ellos estudiaron, aunque cabe su trabajo poseen más variables de control.

Para las calificaciones de rendimiento, la magnitud es menor (3,6%) y su significatividad es más sensible a las diferentes especificaciones. Esto también se encuentra en antecedentes para otros contextos, por ejemplo, Billings y Schnepel (2018) también tenían resultados de mayor magnitud en los desempeños de conducta que en los desempeños cognitivos (0,18 desvíos estándar contra 0,12 desvíos). En este trabajo, los resultados para la población UPA son de mayor magnitud, pero debe aclararse que se controla por menos variables.

Otro aspecto a considerar es que las mejoras en los desempeños estudiados se observan desde el corto plazo, 1 a 2 años posteriores al comienzo de la captación e intervención. Esto es importante, pues antecedentes plantean que es de esperar que los resultados de las intervenciones de reducción del plomo infantil perduren en el tiempo y se vean incluso incrementados en magnitud en la niñez más tardía y adolescencia. Por ejemplo, los resultados de Billings y Schnepel (2018) mostraban que las intervenciones para reducir la exposición infantil a plomo tuvieron efectos de mayor magnitud en la adolescencia, especialmente en los aspectos comportamentales. El caso de Shadbegian et al. (2019), que estudiaron los efectos del plomo (no efectos de intervenciones) persistían a través de los grados, concluyendo que la maduración física y mayor escolarización no es suficiente para eliminar el daño causado por la exposición en edad temprana, se deben aplicar intervenciones específicas en los niños expuestos a plomo para mejorar su desempeño escolar. Estos antecedentes y los resultados encontrados en el presente trabajo justifican estudiar qué sucede con la población UPA en las trayectorias en enseñanza media.

Estos antecedentes que estudian los efectos de las intervenciones sobre niños expuestos a plomo, podrían englobarse junto con otros trabajos que sugieren que los efectos de diferentes intervenciones sobre niños pequeños, no desaparecen en el tiempo (Heckman et al. 2013). Por lo tanto, sería de particular interés analizar qué impacto tienen las intervenciones de la UPA a mayor plazo. Esto implica combinar la base de datos de este trabajo con otros registros educativos, por ejemplo, de educación media. De esta manera, podría observarse para Uruguay cómo se vincula el plomo con los desempeños en la adolescencia.

Por otra parte, en este trabajo no se profundizó sobre los canales intermedios entre la exposición a plomo y la educación. El hecho de que las plombemias pueden disminuir con rapidez (recordar que un la mitad de quienes se hicie-

ron segunda plombemia bajaron a niveles menores al umbral en un período de tiempo promedio menor a un año), puede ser un aspecto a explorar con mayor profundidad.

Para finalizar, sería de utilidad ampliar este trabajo realizando un análisis de costo-eficiencia de las medidas aplicadas por la UPA de reducción de la exposición al plomo. En particular, existe un antecedente que realiza un análisis de costos de la exposición al plomo en términos de producto del país, relacionados con la pérdida de puntos de coeficiente intelectual. Attina y Trasande (2013) calculan que en Uruguay hay una pérdida de 2,62 puntos de PIB atribuibles a la pérdida de coeficiente intelectual relacionada con la contaminación por plomo. Cabe señalar que este trabajo se basa en algunos antecedentes de Uruguay (Cousillas et al. 2005; Kordas et al. 2010; Queirolo et al. 2010), que como se vio en la sección 1.2, estudian poblaciones específicas por lo que es difícil extrapolar estos resultados a todo el país, además son datos entre 2004 y 2010, por lo que no están actualizados. Sería de mucho interés actualizar estos cálculos con la base de datos de la UPA y los cálculos que realizados en este trabajo, ya que, los resultados sugieren que las intervenciones de la UPA son costo-efectivas. El antecedente Billings y Schnepel (2018) discute el costo-beneficio de la intervención que ellos estudian, que tiene similitudes a la aplicada por UPA, y encuentran que cada 1 dólar invertido en niños con niveles de plomo altos, lleva a un retorno de 1,4 dólares (basado en estimaciones conservadoras).

Bibliografía

- Aizer, A. y Currie, J. (2019). Lead and juvenile delinquency: new evidence from linked birth, school, and juvenile detention records. *Review of Economics and Statistics*, 101(4), 575-587.
- Aizer, A., Currie, J., Simon, P. y Vivier, P. (2018). Do low levels of blood lead reduce children's future test scores? *American Economic Journal: Applied Economics*, 10(1), 307-41.
- Al-Saleh, I., Nester, M., DeVol, E., Shinwari, N., Munchari, L. y Al-Shahria, S. (2001). Relationships between blood lead concentrations, intelligence, and academic achievement of Saudi Arabian schoolgirls. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 204(2-3), 165-174.
- ANEP. (2021). *Definiciones*. Consultado el 18 de abril de 2021, desde <https://www.anep.edu.uy/monitor/servlet/definiciones>
- Angrist, J. D. y Pischke, J.-S. (2008). *Mostly harmless econometrics: An empiricist's companion*. Princeton University Press.
- Attina, T. M. y Trasande, L. (2013). Economic costs of childhood lead exposure in low-and middle-income countries. *Environmental Health Perspectives*, 121(9), 1097-1102.
- Barg, G., Daleiro, M., Queirolo, E. I., Ravenscroft, J., Mañay, N., Peregalli, F. y Kordas, K. (2018). Association of low lead levels with behavioral problems and executive function deficits in schoolers from Montevideo, Uruguay. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(12), 2735.
- Bellinger, D. (2008). Neurological and behavioral consequences of childhood lead exposure. *PLoS Med*, 5(5), e115.
- Bellinger, D., Leviton, A., Wateraux, C., Needleman, H. y Rabinowitz, M. (1987). Longitudinal analyses of prenatal and postnatal lead exposure and early cognitive development. *New England Journal of Medicine*, 316(17), 1037-1043.

- Bernal, R. y Peña, X. (2011). *Guía práctica para la evaluación de impacto*. Ediciones Uniandes-Universidad de los Andes.
- Billings, S. B. y Schnepel, K. T. (2018). Life after lead: Effects of early interventions for children exposed to lead. *American Economic Journal: Applied Economics*, 10(3), 315-44.
- Braun, J. M., Froehlich, T. E., Daniels, J. L., Dietrich, K. N., Hornung, R., Auinger, P. y Lanphear, B. P. (2008). Association of environmental toxicants and conduct disorder in US children: NHANES 2001–2004. *Environmental Health Perspectives*, 116(7), 956-962.
- Burger, M. y Pose Román, D. (2010). *Plomo, salud y ambiente. Experiencia en Uruguay*. Universidad de la República.
- Canfield, R. L., Henderson Jr, C. R., Cory-Slechta, D. A., Cox, C., Jusko, T. A. y Lanphear, B. P. (2003). Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 μg per deciliter. *New England Journal of Medicine*, 348(16), 1517-1526.
- Cassetti, V. y Paredes-Carbonell, J. J. (2020). La teoría del cambio: una herramienta para la planificación y la evaluación participativa en salud comunitaria. *Gaceta Sanitaria*, 34, 305-307.
- Cattaneo, M. D., Idrobo, N. y Titiunik, R. (2020). *A Practical Introduction to Regression Discontinuity Designs: Foundations*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108684606>
- Chandramouli, K., Steer, C. D., Ellis, M. y Emond, A. M. (2009). Effects of early childhood lead exposure on academic performance and behaviour of school age children. *Archives of Disease in Childhood*, 94(11), 844-848.
- Cousillas, A., Pereira, L., Alvarez, C., Heller, T., De Mattos, B., Piastra, C., Viapiana, P., Rampoldi, O. y Mañay, N. (2008). Comparative study of blood lead levels in Uruguayan children (1994–2004). *Biological Trace Element Research*, 122(1), 19-25.
- Cousillas, A., Mañay, N., Pereira, L., Alvarez, C. y Coppes, Z. (2005). Evaluation of lead exposure in Uruguayan children. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 75(4), 629-636.
- Currie, J., Zivin, J. S. G., Mullins, J. y Neidell, M. J. (2013). *What Do We Know About Short and Long Term Effects of Early Life Exposure to Pollution?* (Working Paper N.º 19571). National Bureau of Economic Research. <https://doi.org/10.3386/w19571>

- Erdenebayar, E., Dos Santos, K., Edwards, A., Dugersuren, N.-O., Ochir, C. y Nriagu, J. (2019). Environmental injustice and childhood lead exposure in peri-urban (ger) areas of Darkhan and Erdenet, Mongolia. *BMC Public Health*, *19*(1), 1-11.
- Evens, A., Hryhorczuk, D., Lanphear, B. P., Rankin, K. M., Lewis, D. A., Forst, L. y Rosenberg, D. (2015). The impact of low-level lead toxicity on school performance among children in the Chicago Public Schools: a population-based retrospective cohort study. *Environmental Health*, *14*(1), 1-9.
- Ferrie, J. P., Rolf, K. y Troesken, W. (2014). Lead exposure and the perpetuation of low socioeconomic status.
- Frndak, S., Barg, G., Canfield, R. L., Quierolo, E. I., Mañay, N. y Kordas, K. (2019). Latent subgroups of cognitive performance in lead-and manganese-exposed Uruguayan children: examining behavioral signatures. *Neurotoxicology*, *73*, 188-198.
- Fulton, M., Thomson, G., Hunter, R., Raab, G., Laxen, D. y Hepburn, W. (1987). Influence of blood lead on the ability and attainment of children in Edinburgh. *The Lancet*, *329*(8544), 1221-1226.
- Gazze, L. (2016). Lead Policies , Lead Poisoning , and Government Spending.
- Goodlad, J. K., Marcus, D. K. y Fulton, J. J. (2013). Lead and attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD) symptoms: A meta-analysis. *Clinical Psychology Review*, *33*(3), 417-425.
- Gould, E. (2009). Childhood lead poisoning: conservative estimates of the social and economic benefits of lead hazard control. *Environmental Health Perspectives*, *117*(7), 1162-1167.
- Grandjean, P. y Landrigan, P. J. (2006). Developmental neurotoxicity of industrial chemicals. *The Lancet*, *368*(9553), 2167-2178.
- Grandjean, P. y Landrigan, P. J. (2014). Neurobehavioural effects of developmental toxicity. *The Lancet Neurology*, *13*(3), 330-338.
- Grönqvist, H., Nilsson, J. P. y Robling, P.-O. (2020). Understanding How Low Levels of Early Lead Exposure Affect Children's Life Trajectories. *Journal of Political Economy*, *128*(9), 3376-3433.
- Grosse, S. D., Matte, T. D., Schwartz, J. y Jackson, R. J. (2002). Economic gains resulting from the reduction in children's exposure to lead in the United States. *Environmental Health Perspectives*, *110*(6), 563-569.

- Harvey, P., Hamlin, M., Kumar, R., Morgan, G., Spurgeon, A. y Delves, H. (1988). Relationships between blood lead, behaviour, psychometric and neuropsychological test performance in young children. *British Journal of Developmental Psychology*, 6(2), 145-156.
- Heckman, J., Pinto, R. y Savelyev, P. (2013). Understanding the mechanisms through which an influential early childhood program boosted adult outcomes. *American Economic Review*, 103(6), 2052-86.
- Hubbs-Tait, L., Nation, J. R., Krebs, N. F. y Bellinger, D. C. (2005). Neurotoxicants, micronutrients, and social environments: Individual and combined effects on childrens development. *Psychological Science in the Public Interest*, 6(3), 57-121.
- Jacob, R., Zhu, P., Somers, M.-A. y Bloom, H. (2012). A practical guide to regression discontinuity. *MDRC*.
- Kordas, K., Canfield, R. L., López, P., Rosado, J. L., Vargas, G. G., Cebrián, M. E., Rico, J. A., Ronquillo, D. y Stoltzfus, R. J. (2006). Deficits in cognitive function and achievement in Mexican first-graders with low blood lead concentrations. *Environmental Research*, 100(3), 371-386.
- Kordas, K., Queirolo, E. I., Ettinger, A. S., Wright, R. O. y Stoltzfus, R. J. (2010). Prevalence and predictors of exposure to multiple metals in preschool children from Montevideo, Uruguay. *Science of the Total Environment*, 408(20), 4488-4494.
- Lanphear, B. P., Hornung, R., Khoury, J., Yolton, K., Baghurst, P., Bellinger, D. C., Canfield, R. L., Dietrich, K. N., Bornschein, R., Greene, T. et al. (2005). Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environmental Health Perspectives*, 113(7), 894-899.
- Lee, D. S. y Lemieux, T. (2010). Regression discontinuity designs in economics. *Journal of Economic Literature*, 48(2), 281-355.
- Magzamen, S., Amato, M. S., Imm, P., Havlena, J. A., Coons, M. J., Anderson, H. A., Kanarek, M. S. y Moore, C. F. (2015). Quantile regression in environmental health: Early life lead exposure and end-of-grade exams. *Environmental Research*, 137, 108-119.
- Mañay, N., Alvarez, C., Cousillas, A., Pereira, L., Baranano, R. y Heller, T. (2006). Changes in blood lead levels in Uruguayan populations. *Metal Ions in Biology and Medicine - International Symposium*, 9, 530-534.

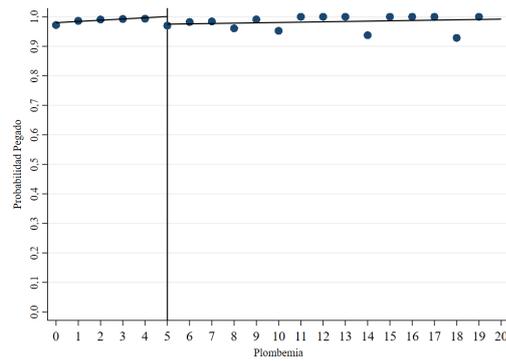
- Mañay, N., Cousillas, A. Z., Alvarez, C. y Heller, T. (2008). Lead contamination in Uruguay: the “La Teja” neighborhood case. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 93-115.
- Marcus, D. K., Fulton, J. J. y Clarke, E. J. (2010). Lead and conduct problems: a meta-analysis. *Journal of Clinical Child & Adolescent Psychology*, 39(2), 234-241.
- McCrary, J. (2008). Manipulation of the running variable in the regression discontinuity design: A density test. *Journal of Econometrics*, 142(2), 698-714.
- Needleman, H. L., Schell, A., Bellinger, D., Leviton, A. y Allred, E. N. (1990). The long-term effects of exposure to low doses of lead in childhood: an 11-year follow-up report. *New England Journal of Medicine*, 322(2), 83-88.
- Nilsson, J. P. (2009). *The long-term effects of early childhood lead exposure: Evidence from the phase-out of leaded gasoline* (Tesis doctoral).
- OMS. (2021). *Intoxicación por plomo y salud*. Consultado el 18 de abril de 2021, desde <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- Pascale, A., Sosa, A., Bares, C., Battocletti, A., Moll, M. J., Pose, D., Laborde, A., González, H. y Feola, G. (2016). E-waste informal recycling: an emerging source of lead exposure in South America. *Annals of Global Health*, 82(1), 197-201.
- Paulson, J. A. y Brown, M. J. (2019). The CDC blood lead reference value for children: time for a change. *Environmental Health*, 18(1), 1-3.
- Pocock, S. J., Smith, M. y Baghurst, P. (1994). Environmental lead and children’s intelligence: a systematic review of the epidemiological evidence. *British Medical Journal (Clinical research ed.)*, 309(6963), 1189-1197.
- Queirolo, E. I., Ettinger, A. S., Stoltzfus, R. J. y Kordas, K. (2010). Association of anemia, child and family characteristics with elevated blood lead concentrations in preschool children from Montevideo, Uruguay. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 65(2), 94-100.
- Rahman, A., Maqbool, E. y Zuberi, H. S. (2002). Lead-associated deficits in stature, mental ability and behaviour in children in Karachi. *Annals of Tropical Paediatrics*, 22(4), 301-311.
- Rau, T., Reyes, L. y Urzúa, S. (2015). Early Exposure to Hazardous Waste and Academic Achievement: Evidence from a Case of Environmental

- Negligence. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 2(4), 527-563.
- Reyes, J. W. (2011). *Childhood lead and academic performance in Massachusetts* (New England Public Policy Center Working Paper N.º 11-3). Federal Reserve Bank of Boston. <https://ideas.repec.org/p/fip/fedbcw/11-3.html>
- Reyes, J. W. (2015). Lead exposure and behavior: effects on antisocial and risky behavior among children and adolescents. *Economic Inquiry*, 53(3), 1580-1605.
- Schwartz, J. (1994). Low-level lead exposure and childrens IQ: a metaanalysis and search for a threshold. *Environmental Research*, 65(1), 42-55.
- Shadbegian, R., Guignet, D., Klemick, H. y Bui, L. (2019). Early childhood lead exposure and the persistence of educational consequences into adolescence. *Environmental Research*, 178, 108643.
- Wang, C.-L., Chuang, H.-Y., Ho, C.-K., Yang, C.-Y., Tsai, J.-L., Wu, T.-S. y Wu, T.-N. (2002). Relationship between blood lead concentrations and learning achievement among primary school children in Taiwan. *Environmental Research*, 89(1), 12-18.
- Zhang, N., Baker, H. W., Tufts, M., Raymond, R. E., Salihu, H. y Elliott, M. R. (2013). Early childhood lead exposure and academic achievement: evidence from Detroit public schools, 2008–2010. *American Journal of Public Health*, 103(3), e72-e77.

Apéndice A

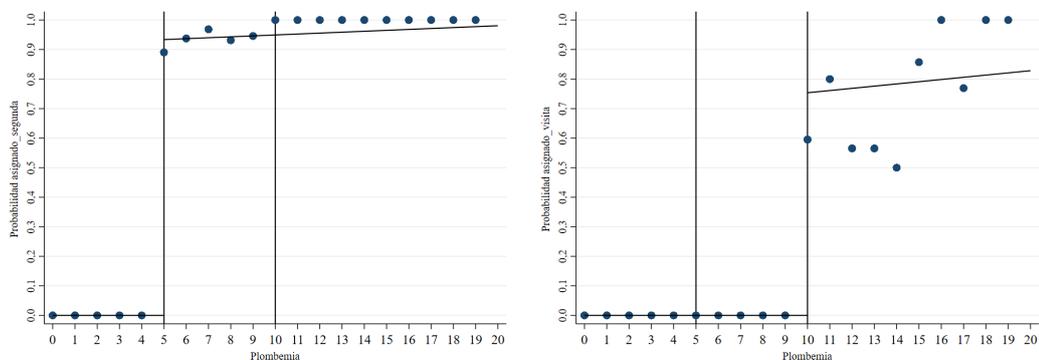
Gráficos y tablas adicionales

Figura A.1: Probabilidad de unión para cada observación respecto al valor de la primera plombemia



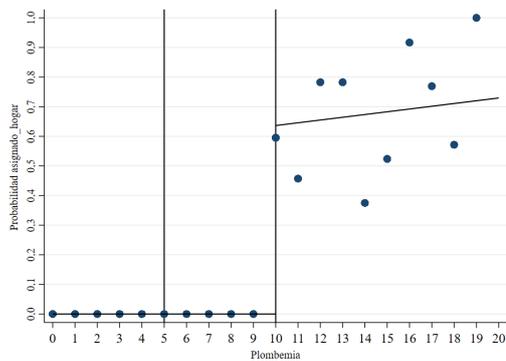
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP.

Figura A.2: Gráficos de discontinuidad en la probabilidad de asignación a los diferentes tratamientos, según valor de la plombemia



(a) Segunda consulta en UPA

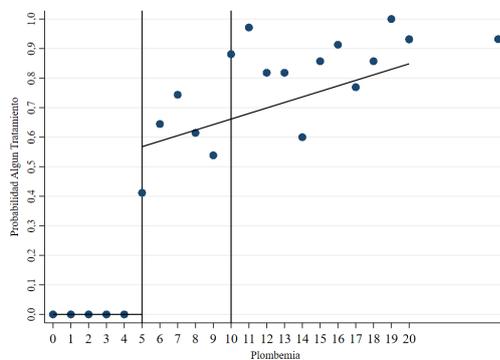
(b) Visita domiciliaria



(c) Remediación ambiental en hogar

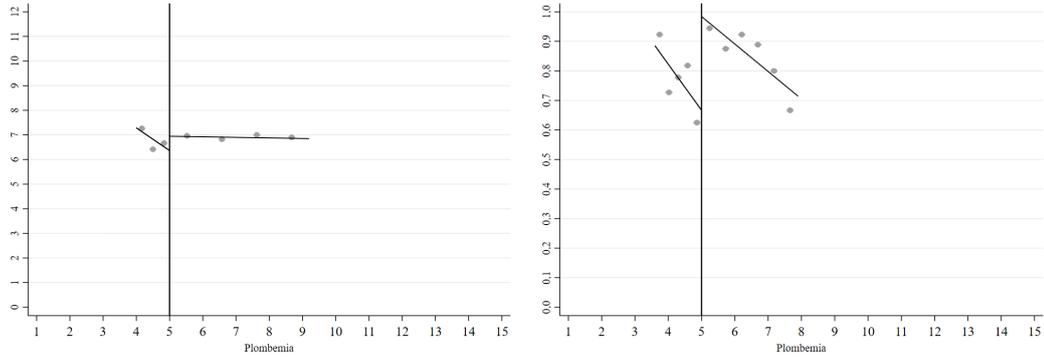
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP.

Figura A.3: Probabilidad de adherencia al tratamiento según valor de la plombemia



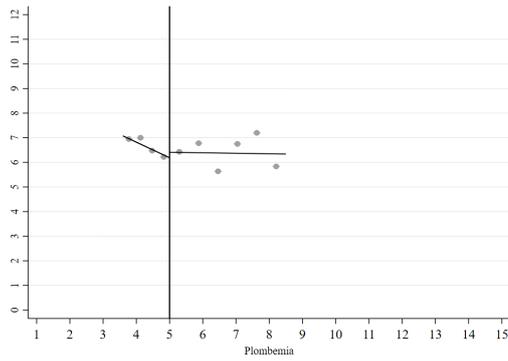
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP.

Figura A.4: Gráficos de las regresiones RD dos años después de la plombemia para las variables de conducta, conducta dicotómica, rendimiento, repetición, extraedad y extraedad dicotómica con ancho de banda óptimo MSE

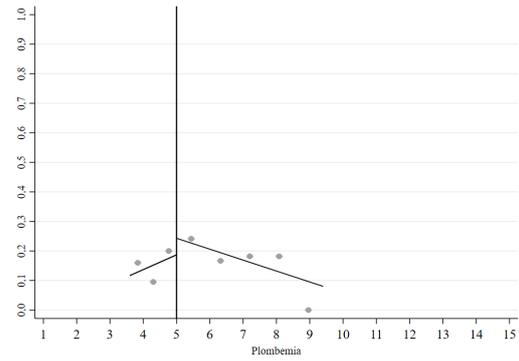


(a) Conducta

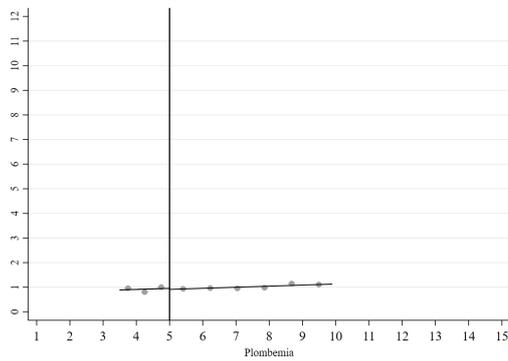
(b) Conducta dicotómica



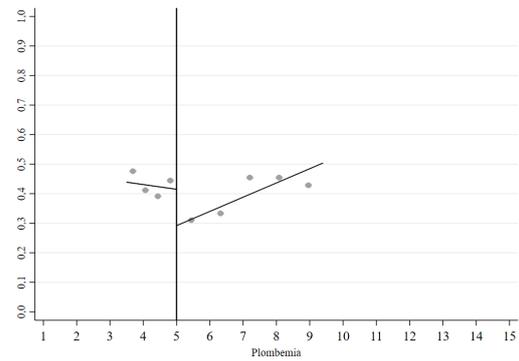
(c) Rendimiento



(d) Repetición



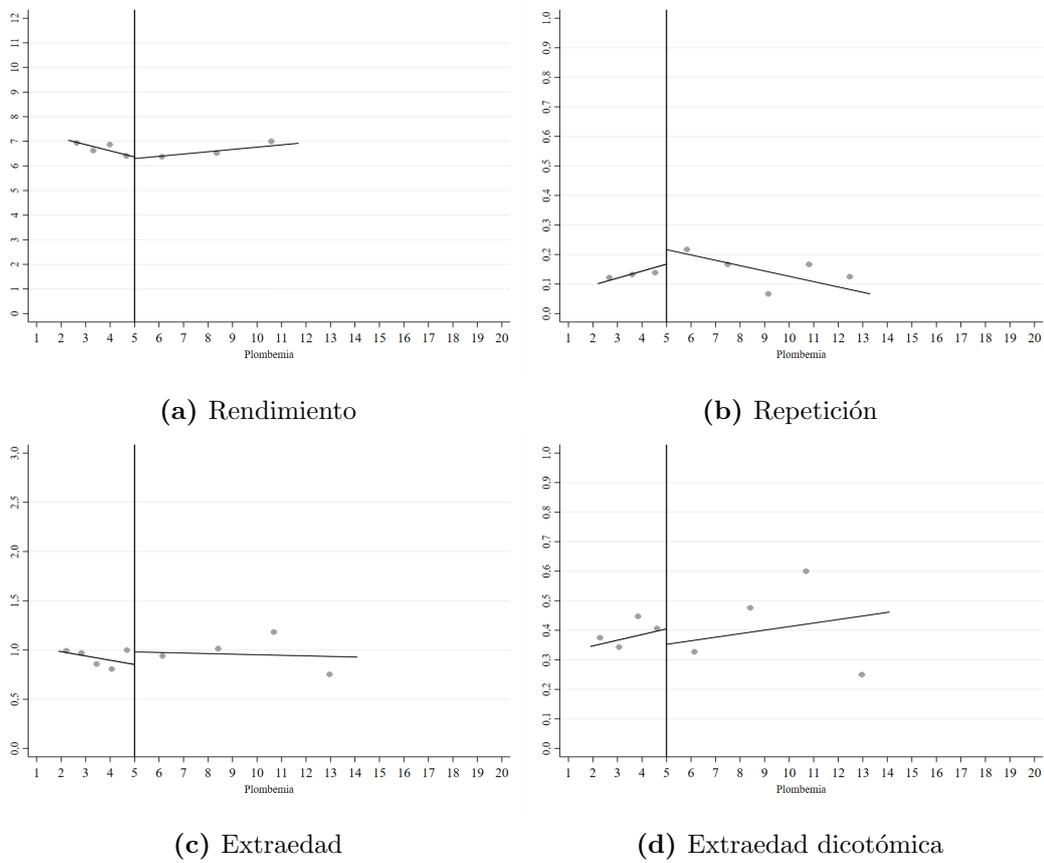
(e) Extraedad



(f) Extraedad dicotómica

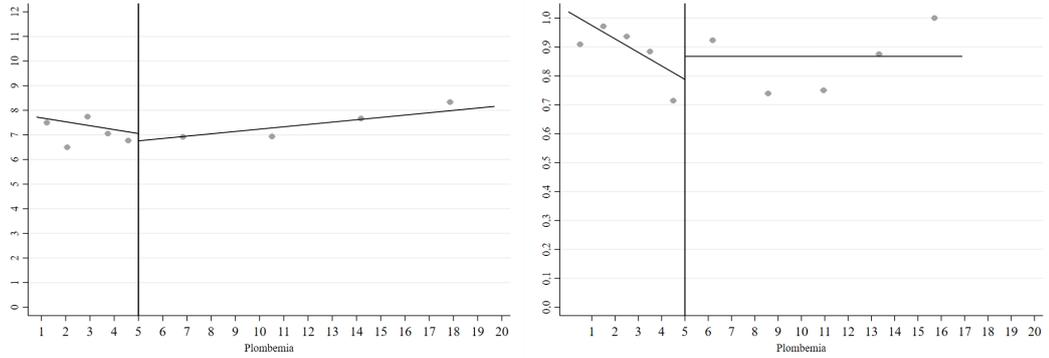
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. Nota: Los gráficos corresponden a la estimación con ancho de banda MSE y sin covariables. Equivalen a la columna (1) de las tablas 3.1, 3.2 y 3.3.

Figura A.5: Gráficos de las regresiones RD dos años después de la plombemia para las variables de rendimiento, repetición, extraedad y extraedad dicotómica con ancho de banda óptimo MSE duplicado



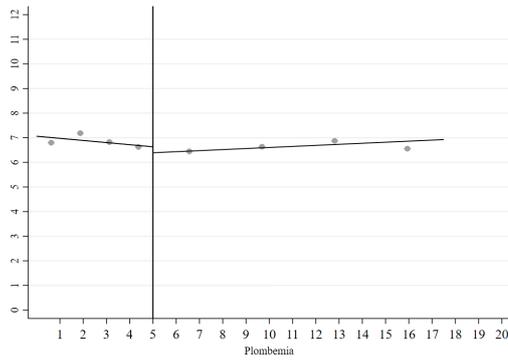
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. Nota: Los gráficos corresponden a la estimación con ancho de banda MSE duplicado y sin covariables. Equivalen a la columna (2) de las tablas 3.2 y 3.3.

Figura A.6: Gráficos de las regresiones RD dos años después de la plombemia para las variables de conducta, conducta dicotómica, rendimiento, repetición, extraedad y extraedad dicotómica con ancho de banda óptimo MSE cuadruplicado

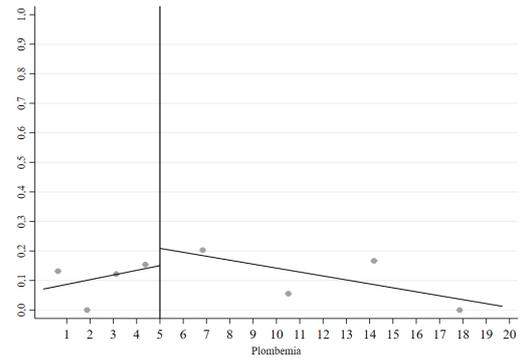


(a) Conducta

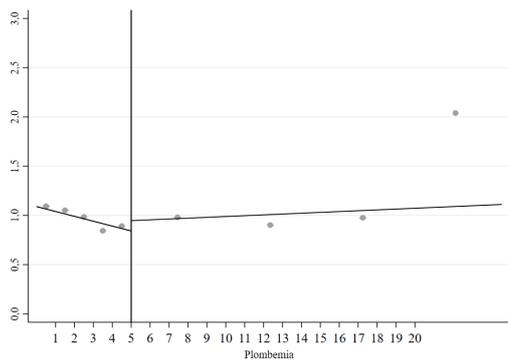
(b) Conducta dicotómica



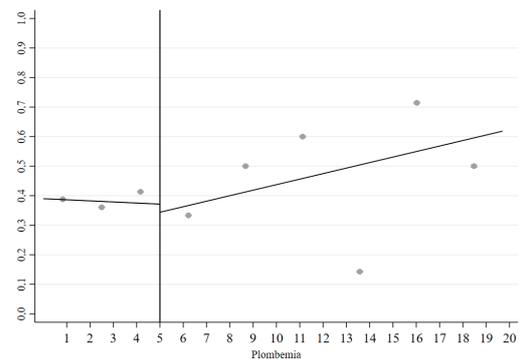
(c) Rendimiento



(d) Repetición



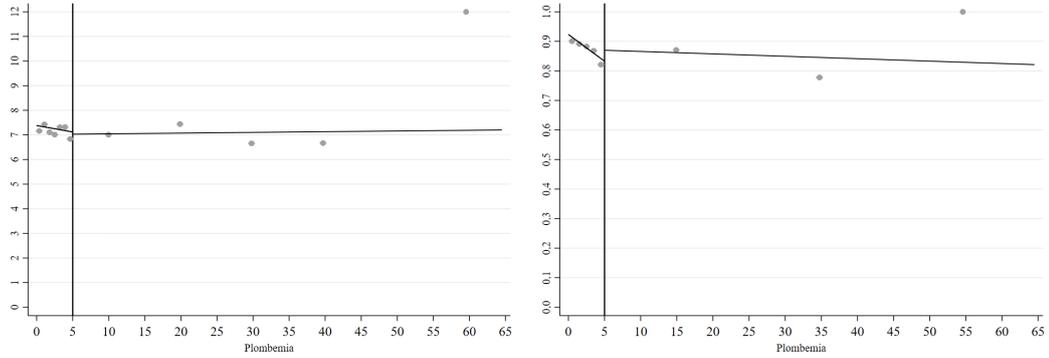
(e) Extraedad



(f) Extraedad dicotómica

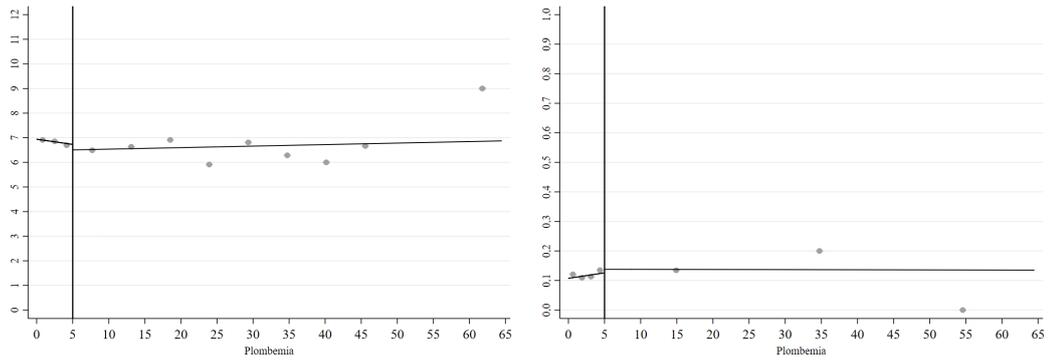
Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. Nota: Los gráficos corresponden a la estimación con ancho de banda MSE y sin covariables. Equivalen a la columna (3) de las tablas 3.1, 3.2 y 3.3.

Figura A.7: Gráficos de las regresiones RD dos años después de la plombemia para las variables de conducta, conducta dicotómica, rendimiento, repetición, extraedad y extraedad dicotómica con ancho de banda con todas las observaciones



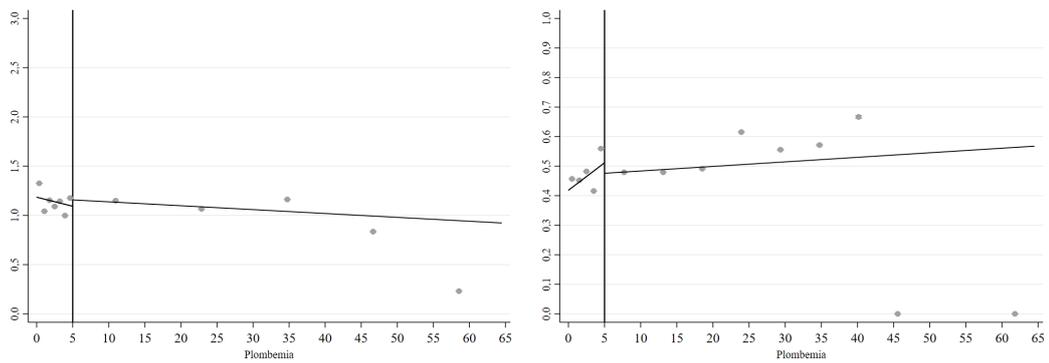
(a) Conducta

(b) Conducta dicotómica



(c) Rendimiento

(d) Repetición



(e) Extraedad

(f) Extraedad dicotómica

Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP. Nota: Los gráficos corresponden a la estimación con ancho de banda MSE y sin covariables. Equivalen a la columna (4) de las tablas 3.1, 3.2 y 3.3.

Tablas adicionales

Tabla A.1: Fuentes de plomo según historia ambiental de la población UPA

Fuente	Base UPA		Muestra utilizada	
	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
Ninguna fuente encontrada	173	19,29	60	18,93
Terreno contaminado	207	23,08	71	22,4
Pinturas	17	1,9	10	3,15
Acopio de metales	53	5,91	27	8,52
Reciclado de metales, baterías o residuos	36	4,01	8	2,52
Fundición de metales, quemados o residuos	30	3,34	11	3,47
Quemados de cables en barrio	98	10,93	37	11,67
Más de una	250	27,87	78	24,61
No registrada	33	3,68	15	4,73
Total	897	100	317	100

Fuente: elaboración propia con base UPA-ANEP.

Tabla A.2: Asistencia a educación pública o privada de niños que tienen prestador de Salud Pública, año 2018

Edad	Escuela Privada	Escuela Pública
0 a 5 años	2,99	97,01
6 a 11 años	2,18	97,62
Total	2,42	97,58

Fuente: elaboración propia con base ECH 2018.

Tabla A.3: Descripción de variables de interés

Variable	Recorrido	Descripción
Plombemia	Continua: 0 a 64,5 $\mu g/dL$	Dosificación de plomo en sangre al momento de la primera consulta en UPA
Sexo	Dicotómica: = 1 si es niño, = 0 si es niña	Indica sexo del niño
Edad	Continua	Edad al momento de la primera plombemia, fecha de plombemia menos fecha de nacimiento
Repetición	Dicotómica, = 1 si no promovió el curso, 0 en otro caso	Indica si el niño repitió el curso
Rendimiento	Continua: 0 a 12	Calificación de promoción de fin de curso
Conducta	Continua: 0 a 12	Calificación de conducta de fin de curso
Conducta dicotómica	Dicotómica, = 1 si conducta ≥ 6 , 0 en otro caso	Indica si la calificación de conducta es suficiente
Extraedad dicotómica	Dicotómica, =1 si tiene extraedad, 0 en otro caso	Indica si el niño en determinado año, al 30 de abril de ese año, excede la edad teórica correspondiente al grado. Alcanza, por tanto, a aquellos alumnos que esa fecha superan: los 6, 7, 8, 9, 10 y 11 años cumplidos en 1°, 2°, 3°, 4°, 5° y 6°, 0 en otro caso respectivamente (ANEP, 2021)
Extraedad continua	Continua	Años por encima de la edad teórica correspondiente al grado
Algún tratamiento	Dicotómica, = 1 si es asignado a alguna intervención, 0 en otro caso	Indica si el niño fue asignado a alguna de las intervenciones relacionadas con la plombemia: segunda consulta, remediación ambiental y/o visita domiciliaria
Tratamiento barrial	Dicotómica, = 1 si el niño vive en una zona remediada, 0 en otro caso	Indica si el niño reside en una zona que fue remediada

Fuente: elaboración propia.

Tabla A.4: Regresiones de primera etapa: coeficiente de instrumento

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
PB (=1 si $pb > 5$)	0,65*** (0,08)	0,62*** (0,09)	0,55*** (0,09)	0,56*** (0,08)	0,51*** (0,08)	0,59*** (0,06)
Observaciones	264	284	267	312	307	496

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$. Nota: regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado

Tabla A.5: Estimaciones del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en la conducta dos años después de la plombemia, con polinomio de segundo grado para diferentes anchos de banda

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Conducta (continua)				
Sin covariables	-2,85*** (0,94)	0,02 (0,32)	0,14 (0,25)	0,26** (0,11)
Con covariables	-0,40 (1,24)	0,03 (0,18)	0,09 (0,18)	0,28*** (0,10)
Observaciones	90	231	296	317
Media variable dependiente	7,07	7,07	7,07	7,07
Ancho de banda	(3,92-8,17)	(2,83-11,35)	(0,66-17,69)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Conducta (dicotómica)				
Sin covariables	-0,46** (0,21)	0,08 (0,08)	0,07 (0,08)	0,05 (0,03)
Con covariables	-0,57** (0,24)	0,07 (0,08)	0,05 (0,08)	0,06** (0,03)
Observaciones	99	239	312	317
Media variable dependiente	0,86	0,86	0,86	0,86
Ancho de banda	(3,72-8,13)	(2,43-11,27)	(0-17,54)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Tabla A.6: Estimaciones del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en el rendimiento y repetición dos años después de la plombemia, con polinomio de segundo grado para diferentes anchos de banda

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Rendimiento (continua)				
Sin covariables	0,51 (0,62)	0,21 (0,18)	0,29** (0,13)	0,14* (0,07)
Con covariables	1,25* (0,70)	0,07 (0,26)	0,2 (0,19)	0,17** (0,08)
Observaciones	104	235	303	317
Media variable dependiente	6,68	6,68	6,68	6,68
Ancho de banda	(3,79-8,56)	(2,58-12,12)	(0,15-19,24)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Repetición (dicotómica)				
Sin covariables	0,13 (0,16)	-0,01 (0,04)	-0,01 (0,03)	-0,02 (0,02)
Con covariables	-0,02 (0,16)	0,02 (0,04)	0,02 (0,03)	-0,02 (0,02)
Observaciones	102	239	305	317
Media variable dependiente	0,16	0,16	0,16	0,16
Ancho de banda	(3,83-9,08)	(2,65-13,17)	(0,3-21,34)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Tabla A.7: Estimaciones del efecto de las intervenciones aplicadas por UPA en extraedad dos años después de la plombemia, con polinomio de segundo grado para diferentes anchos de banda

	(1)	(2)	(3)	(4)
Variable dependiente: Extraedad (continua)				
Sin covariables	0,45 (0,35)	0,22*** (0,08)	0,17*** (0,06)	0,10** (0,05)
Con covariables	0,57* (0,31)	0,18** (0,08)	0,14** (0,06)	0,09** (0,04)
Observaciones	124	250	308	311
Media variable dependiente	1,07	1,07	1,07	1,07
Ancho de banda	(3,38-9,01)	(1,76-13,02)	(0-21,04)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales
Variable dependiente: Extraedad (dicotómica)				
Sin covariables	0,51* (0,29)	0,25*** (0,07)	0,16*** (0,05)	0,08** (0,03)
Con covariables	0,46* (0,25)	0,21*** (0,08)	0,15*** (0,05)	0,07** (0,03)
Observaciones	107	238	300	311
Media variable dependiente	0,46	0,46	0,46	0,46
Ancho de banda	(3,77-9,15)	(2,53-13,3)	(0,07-21,61)	(0-64,5)
	MSE	MSE*2	MSE*4	Obs. totales

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$.

Tabla A.8: Estimaciones RD para grupo que recibió efectivamente la intervención

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Coef. RD para quienes adhirieron a la intervención	0,60*** (0,17)	0,09** (0,04)	0,34*** (0,11)	-0,03 (0,03)	0,08 (0,06)	0,03 (0,04)
Observaciones	264	284	267	312	317	317
Media var. dep.	7,07	0,86	6,68	0,16	2,06	0,45
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

Tabla A.9: Análisis de sensibilidad de observaciones muy cercanas al punto de corte

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Rango obs. eliminadas: $4,9 \leq pb \leq 5,1$						
Coef. RD	0,37* (0,19)	0,09* (0,05)	0,21** (0,10)	0,00 (0,03)	0,05 (0,13)	0,07 (0,04)
Observaciones	221	229	225	229	221	231
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)
Rango obs. eliminadas: $4,8 \leq pb \leq 5,2$						
Coef. RD	0,37* (0,20)	0,09* (0,05)	0,21* (0,11)	-0,00 (0,03)	0,07 (0,11)	0,07 (0,04)
Observaciones	215	223	219	223	215	225
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)
Rango obs. eliminadas: $4,7 \leq pb \leq 5,3$						
Coef. RD	0,47** (0,21)	0,10* (0,06)	0,31*** (0,11)	-0,01 (0,03)	0,08 (0,12)	0,08* (0,05)
Observaciones	210	218	214	218	210	220
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por barrio/localidad. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado. En el panel de arriba elimino las observaciones cuya plombemia era entre 4,9 y 5,1; en el segundo panel elimino a quienes tenían plombemia entre 4,8 y 5,2; y por último, en el tercer panel se eliminan las observaciones cuya plombemia era entre 4,7 y 5,3

Tabla A.10: Estimaciones Principales con Clusters por Grupos escolares

	Conducta	Cond. dicotómica	Rendimiento	Repetición	Extraedad	Ext. dicotómica
Coef. RD	0,38** (0,17)	0,09** (0,04)	0,24 (0,14)	-0,01 (0,03)	0,05 (0,10)	0,07 (0,05)
Obs.	231	239	235	239	231	241
Media var. dep.	7,08	0,81	6,61	0,18	1,98	0,42
Ancho de banda	(2,83-11,35)	(2,43-11,27)	(2,58-12,12)	(2,65-13,17)	(2,72-11,53)	(2,55-13,3)

Fuente: estimaciones propias con base UPA-ANEP. Nota: errores estándar clusterizados por identificador de escuela. En total quedan 51 observaciones únicas, y 67 clusters con 2 a 17 niños en la misma escuela. *** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$. Regresión sin covariables y con ancho de banda óptimo duplicado.

Tabla A.11: Cantidad de clusters por escuela y cantidad de observaciones en cada cluster

Cantidad de niños por escuela	Cantidad de clusters	Observaciones
1	51	51
2	23	46
3	16	48
4	12	48
5	4	20
6	3	18
7	2	14
8	3	24
9	2	18
13	1	13
17	1	17
Total	118	317

Fuente: base UPA-ANEP.

Tabla A.12: Cantidad de clusters por localidad y barrio y cantidad de observaciones en cada cluster

Cantidad de niños por barrio/localidad	Cantidad de clusters	Observaciones
1	42	42
2	14	28
3	6	18
4	3	12
5	3	15
6	1	6
7	2	14
8	2	16
9	2	18
14	1	14
16	2	32
Se desconoce barrio/localidad	102	102
Total	180	317

Fuente: base UPA-ANEP.

Anexo I

Protocolo de la UPA e historia clínica

Figura I.1: Protocolo UPA: Ordenanza MSP N°123/2009

<p>Pautas de manejo y seguimiento de población pediátrica según valores de plomo en sangre</p> <p><i>Guía de preguntas que evalúan el riesgo frecuente de exposición del niño y la niña:</i> Ante una o más respuestas positivas, se considera en riesgo de exposición, por lo que debe practicarse dosificación de plomo en sangre.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Existe exposición a plomo en el hogar? (considerar antigüedad de la vivienda, cañerías intra-domiciliarias con conexiones de plomo, pinturas que contengan plomo, reformas recientes de viejas estructuras edilicias, tiempo de residencia, utilización de vajilla de cerámica vidriada para la cocción de los alimentos, hobbies que utilicen plomo como por ejemplo fundición de plomadas u otros objetos). 2. ¿Existe exposición a plomo en el peri domicilio? (viviendas edificadas sobre suelo contaminado con metales, sitios contaminados por pasivos industriales, chatarra o desechos industriales enterrados, actividades de reciclado o acopio de baterías, quema de cables y basura). 3. ¿Existe exposición a plomo en la cercanía del domicilio? (áreas industriales, metalúrgicas, chatarrerías, curtiembre). 4. ¿El niño o niña pase buena parte de su tiempo, en lugares en los que se sospeche exposición a plomo? (centros educativos, de esparcimiento o recreación, hogar de familiares o cuidadores). 5. ¿Alguno de los integrantes de la vivienda trabaja expuesto al plomo? (metalúrgicas, fábricas de batería, recuperadores o recicladores de baterías, reparadores de automóviles, soldadores, recicladores de desechos, fundidores, fabricas de pigmentos de pintura, curtiembre). 6. ¿Algún integrante del hogar o de la familia tiene historia de intoxicación por plomo? 7. ¿El niño o niña cuenta con dosificaciones previas de plomo en sangre? 8. ¿El niño o niña demuestra hábito de pica? 9. ¿Los hábitos de higiene personal y del hogar no se adecúan a las recomendaciones sanitarias? (considerar aspectos culturales, inadecuado acceso al agua y saneamiento). 10. ¿El niño o niña presenta alteraciones del desarrollo, del crecimiento o del carácter, anemia, dolores abdominales u otros síntomas o signos que representen sospecha de exposición y/o contaminación a plomo? (en general los signos y síntomas son tardíos y de etiología multifactorial). 	<p>Pautas de educación, promoción de salud y prevención de riesgos</p> <p>Recomendaciones para el personal de salud</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ante la contaminación instalada, las medidas preventivas constituyen a la vez medidas terapéuticas que deben ser asumidas con atención por parte de la familia y el técnico actuante. • Proporcione a los padres todos los lineamientos y herramientas para la prevención de la exposición y contaminación por plomo, en especial si viven o trabajan con elementos que contengan plomo. • Ayude a los padres y cuidadores de los niños a evitar y/o minimizar la exposición de los niños al plomo. Esta es la mejor manera de prevenir y tratar la contaminación con plomo. • Oriente y eduque a los padres, acerca de la importancia de la higiene y alimentación. • Pregunte acerca de posibles fuentes de exposición a plomo en el hogar o lugares en donde cuidan y educan a los niños. Si se sospecha contacto debe instrumentarse una visita domiciliaria. • La historia clínica debe incluir un enfoque ambiental, vinculado a la contaminación con plomo. • La observación del ambiente y las recomendaciones realizadas, deberán quedar claramente señaladas en la Historia Clínica de modo que el médico que realiza el seguimiento tenga elementos de apoyo en ulteriores controles del niño y su familia. <div data-bbox="678 1377 997 1534">  <p>MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA REPUBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY</p> <p>Ministerio de Salud Pública Dirección General de Salud División Salud Ambiental y Ocupacional</p> <p>18 de Julio 1892. Oficina 418 Tel. Fax: 5060 71469-0302 www.msp.gub.uy Ambiental@msp.gub.uy Montevideo-Uruguay</p> </div>	<p>Protocolo de manejo y seguimiento de población pediátrica según valores de Plombemia</p> <p>Ordenanza Ministerial N° 123/2009</p> <p>Ministerio de Salud Pública Dirección General de Salud División Salud Ambiental y Ocupacional</p> <p>Comisión Nacional de Vigilancia y Prevención de los Efectos Adversos sobre la Salud Humana de los Contaminantes Químicos Ambientales</p>
--	--	---

Figura I.2: Formulario Historia Clínico-ambiental

		HISTORIA CLINICA AMBIENTAL	
Nombre _____		Ci: _____	F Nac. / / Fecha Consulta: / /
1. Ubicación de la Vivienda Rural <input type="checkbox"/> Suburbano <input type="checkbox"/> Urbano <input type="checkbox"/>		2. Tiempo de residencia en Domicilio Actual <1 año <input type="checkbox"/> 1 a 5 años <input type="checkbox"/> > 5 años <input type="checkbox"/>	
3. Tipo de vivienda: Casa/apto. <input type="checkbox"/> Pensión o simil. <input type="checkbox"/> Asentamiento <input type="checkbox"/>		4. Nº Habitaciones (sin contar baño y cocina): Habit. Única <input type="checkbox"/> Nº _____	
6. Piso: Tierra/portland <input type="checkbox"/> Revestimiento lavable <input type="checkbox"/> Alfombra <input type="checkbox"/>		5. Nº habitantes _____	
8. Humedad SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		7. Paredes: Manposteria <input type="checkbox"/> Madera <input type="checkbox"/> Chapa <input type="checkbox"/> Cañón <input type="checkbox"/> Pintura SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
10. Suministro eléctrico: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		9. Cocina o Calefacción: brasero <input type="checkbox"/> leña <input type="checkbox"/> eléctrica <input type="checkbox"/> queresén <input type="checkbox"/> gas natural <input type="checkbox"/> supergas <input type="checkbox"/>	
12. Agua: Potable de red <input type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/>		11. Conservación de alimentos: Heladera SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
14. Excretas: Red de saneamiento <input type="checkbox"/> Pozo <input type="checkbox"/>		13. Baño: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> uso exclusivo <input type="checkbox"/> uso compartido <input type="checkbox"/> dentro de la vivienda <input type="checkbox"/> fuera de la vivienda <input type="checkbox"/>	
16. Acoplo en domicilio: Metales <input type="checkbox"/> Cartones <input type="checkbox"/> Plásticos <input type="checkbox"/> Productos químicos peligrosos <input type="checkbox"/>		15. Residuos: Intendencia <input type="checkbox"/> pozo <input type="checkbox"/> quema <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>	
18. Animales: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Especificar: perro <input type="checkbox"/> gato <input type="checkbox"/> gallinas <input type="checkbox"/> caballo <input type="checkbox"/> cerdos <input type="checkbox"/> otros <input type="checkbox"/>		17. Fuman dentro del Hogar: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
20. Plaguicidas Aplicados Intradomiciliarios <input type="checkbox"/> En animal <input type="checkbox"/> Cultivo propio <input type="checkbox"/> Cultivo vecino <input type="checkbox"/> Especificar cual _____		19. Vectores de enfermedades: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> insectos <input type="checkbox"/> ratas <input type="checkbox"/>	
22. Productos Químicos del trabajo al Hogar: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Especificar _____		21. Alguno de los padres/ cohabitante trabaja en: Clasificación/Reciclaje _____ Industrial _____ Agrícola/Ganadero _____ Otro _____ Especificar _____	
24. Trabajo/ Taller dentro del domicilio: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Especificar _____		23. Ropa de trabajo al hogar: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
26. Percibe en el entorno: Emisiones gases/ olores/ humos <input type="checkbox"/> Efluentes líquidos <input type="checkbox"/> Polvo <input type="checkbox"/> Plagas <input type="checkbox"/> Ruidos <input type="checkbox"/> De dónde procede: _____		25. Fabricas / Talleres o Industrias cercanas: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Rama: _____	
28. Antecedentes de Problemas ambientales Basurales peri domiciliarios <input type="checkbox"/> Emisiones/Efluentes Industriales <input type="checkbox"/> Zona inundable <input type="checkbox"/> suelo contaminado <input type="checkbox"/> otro _____		27. Próximo a la vivienda: Antenas <input type="checkbox"/> Basurales <input type="checkbox"/> Transformadores <input type="checkbox"/> Tránsito intenso <input type="checkbox"/> Plaguicidas <input type="checkbox"/> Quemaduras <input type="checkbox"/>	
29. Escuela o Centro Educativo. _____		30. En la familia hubo Familiar contaminado <input type="checkbox"/> Intoxicaciones en el Hogar <input type="checkbox"/>	
32. Niños/adolescentes que trabajan: SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> Actividad: _____		31. ¿Cuántas Horas pasa en Escuela, Guardería o Centro Educativo? _____ hs	
34. Hábito de pica: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		33. Alimentación: PD SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Lava fruta/verdura SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Pela fruta/verdura SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	
36. Exposición solar en horas pico: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Protección: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Gorro/sombrero SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>		35. El paciente ha tenido parásitos: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Tipo: _____	
38. Plombemia anterior: SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Valor anterior: _____ Último valor: _____		37. Fue el paciente víctima de algún accidente: SI <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/> tránsito <input type="checkbox"/> Quemaduras <input type="checkbox"/> Intoxicaciones <input type="checkbox"/> Otras <input type="checkbox"/>	
40. Riesgo Ambiental Suspechado /s Metales <input type="checkbox"/> Plaguicidas <input type="checkbox"/> Humo de tabaco <input type="checkbox"/> Gases y vapores <input type="checkbox"/> Otro químico peligroso <input type="checkbox"/> Radiación <input type="checkbox"/> Ruido <input type="checkbox"/> Material particulado <input type="checkbox"/> Micotoxinas <input type="checkbox"/> Contaminante biológico <input type="checkbox"/> Temperaturas extremas <input type="checkbox"/> Especificar _____ Otros <input type="checkbox"/>		39. Otro Biomarcador SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Especificar _____	
41. Observaciones: 			