

# Níveis de chumbo em dentes de habitantes próximos a um rio contaminado por metais pesados: estudo piloto

Tania Carola Padilla-Cáceres<sup>1,2</sup>  Luz Caballero-Apaza<sup>2,3</sup>  Manuela Daishy Casa-Coila<sup>2,4</sup>   
Vilma Mamani-Cori<sup>1,2</sup>  Heber Isac Arbildo-Vega<sup>5,6</sup> 

<sup>1</sup>Escuela Profesional de Odontología, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Nacional del Altiplano – UNAP. Puno, Peru.

<sup>2</sup>Grupo de Investigación en Salud Pública en Altura, Universidad Nacional del Altiplano Puno – INSPA/ UNAP. Puno, Peru.

<sup>3</sup>Facultad de Enfermería, Universidad Nacional del Altiplano – UNAP. Puno, Peru.

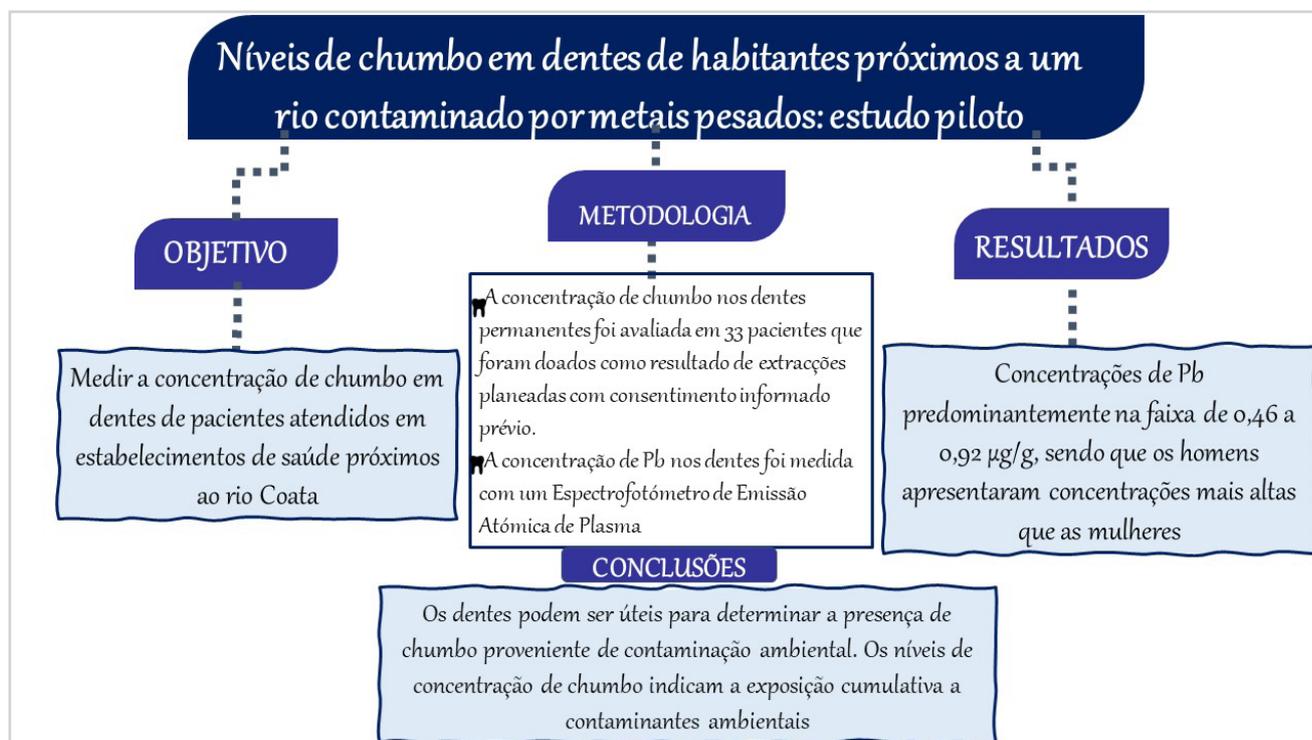
<sup>4</sup>Programa de estudios: Ciencia Tecnología y Ambiente, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad Nacional del Altiplano – UNAP. Puno, Peru.

<sup>5</sup>Facultad de Odontología, Universidad San Martín de Porres – FAOD/USMP. Chiclayo, Peru.

<sup>6</sup>Facultad de Medicina Humana, Universidad San Martín de Porres – FMH/USMP. Chiclayo, Peru.

E-mail: tpadilla@unap.edu.pe

## Resumo Gráfico



## Resumo

O objetivo deste estudo foi medir a concentração de chumbo em dentes de pacientes atendidos em estabelecimentos de saúde próximos ao rio Coata, em Puno, Peru. Este estudo de delineamento descritivo foi aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em Pesquisa da Universidad Nacional del Altiplano. A concentração de chumbo (Pb) em dentes permanentes foi avaliada em 33 pacientes de ambos os sexos, cujos dentes foram doados em decorrência de extrações planejadas realizadas nos consultórios odontológicos de estabelecimentos de saúde próximos ao rio Coata, após consentimento informado prévio. A concentração de Pb nos dentes foi medida por meio de um Espectrofotômetro de Emissão Atômica por Plasma, no laboratório de monitoramento e avaliação ambiental da Faculdade de Engenharia de Minas da Universidad Nacional del Altiplano Puno. A faixa etária dos participantes em Coata variou de 36 a 65 anos, enquanto em Huata foi de 35 a 63 anos. A idade média da amostra no distrito de Coata foi de 47,5 anos, e no distrito de Huata foi de 47,6 anos. Os moradores próximos ao rio Coata apresentaram concentrações de Pb predominantemente na faixa de 0,46 a 0,92 µg/g, sendo que os homens apresentaram concentrações mais altas que as mulheres, embora essa diferença não tenha sido significativa. Conclui-se que os dentes podem ser úteis para determinar a concentração de Pb devido à exposição ambiental crônica.

**Palavras-chave:** Dentes. Chumbo. Contaminação Ambiental.

**Editor de área:** Edison Barbieri  
Mundo Saúde. 2025,49:e16772024  
O Mundo da Saúde, São Paulo, SP, Brasil.  
<https://revistamundodasaude.emnuvens.com.br>

**Submetido:** 23 outubro 2024.

**Aceito:** 07 janeiro 2025.

**Publicado:** 13 fevereiro 2025.

## INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental por metais pesados é um problema de grande preocupação mundial devido à sua entrada no organismo por meio de vias como ingestão, inalação ou contato dérmico, causando diversos efeitos adversos, como neurotoxicidade e câncer<sup>1,2</sup>. Embora os principais mecanismos de toxicidade sejam conhecidos, ainda existem lacunas no conhecimento sobre os padrões de acumulação e os biomarcadores mais sensíveis e específicos para detectar sua exposição e toxicidade<sup>3-5</sup>.

O chumbo (Pb) é um metal pesado de alta toxicidade e com amplo uso histórico em aplicações industriais e domésticas, o que o tornou um poluente ambiental significativo. Mesmo em pequenas quantidades, ele pode se acumular no corpo humano, especialmente em crianças, causando problemas de desenvolvimento neurológico e cognitivo<sup>1,6,7</sup>. As principais fontes de exposição ao chumbo variam entre os países, incluindo resíduos eletrônicos, tintas, cerâmicas, cosméticos e água contaminada<sup>8</sup>. No Peru, atividades como a mineração informal têm causado sérios problemas de contaminação de corpos d'água por metais pesados, incluindo o chumbo, afetando a saúde das comunidades ribei-

rinhas<sup>9,10</sup>.

A comunidade de Coata, no departamento de Puno, Peru, enfrenta há vários anos uma contaminação significativa de suas fontes de água devido ao descarte de resíduos tóxicos provenientes de atividades mineradoras. Esses resíduos incluem chumbo, mercúrio e outros metais pesados, que representam sérios riscos à saúde humana e ao meio ambiente<sup>11</sup>. A exposição cumulativa ao chumbo pode ser avaliada por meio de bioindicadores como os dentes, que oferecem vantagens por serem de fácil acesso e refletirem exposições crônicas de longo prazo, ao contrário de outros tecidos, como o sangue, que indicam apenas exposições recentes<sup>12-15</sup>.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a exposição ao chumbo em habitantes da comunidade de Coata, utilizando dentes como biomarcadores. Os resultados buscam fornecer informações úteis para caracterizar a contaminação ambiental na região e desenvolver intervenções voltadas à proteção de populações vulneráveis durante janelas críticas de desenvolvimento.

## METODOLOGIA

Este foi um estudo não experimental de caráter descritivo. A amostra foi composta por 33 dentes permanentes, obtidos em decorrência de extrações planejadas realizadas nos consultórios odontológicos dos centros de saúde de Huata e Coata, doados com o consentimento informado de pacientes que residiam há mais de 5 anos em áreas próximas ao rio Coata. O tamanho da amostra foi determinado com base em alguns antecedentes obtidos por meio de uma revisão de literatura<sup>16</sup>, além do fato de que, no período de coleta, apenas 33 dentes atenderam aos critérios de inclusão. Atualmente, as pessoas preferem tratamentos mais conservadores.

A faixa etária dos participantes em Coata variou de 36 a 65 anos, enquanto em Huata foi de 35 a 63 anos. A idade média da amostra no distrito de Coata foi de 47,5 anos, e no distrito de Huata foi de 47,6 anos.

O estudo foi aprovado pelo Comitê Institucional de Ética em Pesquisa da Universidad Nacional del Altiplano, sob o certificado nº 018-2023/CIEI UNA-Puno.

A avaliação da concentração de chumbo nos dentes foi realizada no laboratório de monitoramen-

to e avaliação ambiental da Faculdade de Engenharia de Minas da Universidad Nacional del Altiplano Puno (Peru).

**Limpeza da amostra:** Após a extração, os dentes foram lavados com água destilada e secos em estufa a baixa temperatura.

**Secagem e pulverização:** Após estarem completamente secos, os dentes foram pulverizados até se obter um pó fino, visando maior homogeneidade na amostra e melhor extração do chumbo.

### **Digestão ácida da amostra:**

• **Reagentes:** Foram utilizados 5 ml de ácido nítrico concentrado (HNO<sub>3</sub>), 2 ml de ácido perclórico (HClO<sub>4</sub>) e uma mistura de 3:1 de ácido clorídrico e ácido nítrico (aqua regia). Trata-se de uma mistura ácida, corrosiva e oxidativa.

• **Processo de digestão:** Uma quantidade específica do pó de dente foi pesada (geralmente entre 0,1 e 0,5 gramas) e transferida para um recipiente de digestão adequado. Foi adicionada uma quantidade apropriada de ácido nítrico e, opcionalmente, uma pequena quantidade de ácido perclórico. A digestão com ácido

nítrico é adequada para a extração de chumbo, pois o nitrato proporciona uma boa matriz para determinações espectrofotométricas. O ácido perclórico é adicionado para garantir a digestão completa. Ambos desintegram as amostras e preservam o metal para análise.

A amostra foi aquecida a uma temperatura controlada (geralmente entre 90-120°C) por 5 minutos, até ser completamente dissolvida. O objetivo era obter uma solução clara e livre de partículas.

• **Diluição da amostra:**

Após a digestão, a amostra foi resfriada e diluída com água deionizada até atingir um volume adequado para a técnica analítica a ser utilizada, sendo diluída para um volume final de 50 ml.

• **Análise do chumbo:**

A análise foi realizada utilizando um Espectrômetro de Emissão Atômica por Plasma de Micro-ondas Agilent 4210 MP. Este método é mais sensível e preciso. A amostra foi introduzida em um plasma de ni-

trogênio, onde o chumbo presente emitiu luz em um comprimento de onda específico. A quantidade de luz emitida é proporcional à concentração de chumbo. O comprimento de onda para a análise de Pb esteve na faixa de sensibilidade de 405,781 nm.

**Análise estatística**

Os softwares IBM SPSS versão 27 e Microsoft Excel foram utilizados para a análise dos dados. Aplicou-se um nível de confiança de 95%, utilizando o teste qui-quadrado, uma vez que os dados eram nominais e independentes. Este teste fornece uma avaliação geral da existência de diferenças entre as categorias que agrupam os dados da variável dependente<sup>17</sup>. As variáveis avaliadas foram qualitativas, como sexo e origem (local de procedência do paciente). Além disso, utilizou-se estatística descritiva para calcular percentuais por meio da distribuição de frequência, bem como medidas de tendência central, como a média. Também foram calculadas medidas de dispersão, como amplitude, desvio padrão e variância.

## RESULTADOS

A maioria dos dentes das pessoas avaliadas era proveniente de Coata (51,5%). Em relação ao sexo, a maioria dos avaliados era do sexo feminino (54,5%). Além disso, a maior parte das pessoas

(51,5%) apresentou uma contaminação por Pb na faixa de 0,46 a 0,92 µg/g. Os dados sociodemográficos da amostra estudada estão descritos na Tabela 1.

**Tabela 1** - Características sociodemográficas da amostra de acordo com a origem e o sexo dos pacientes dos estabelecimentos de saúde próximos aos rios Coata e Huata, na província de Puno, Peru, 2024.

Variáveis		N	%
Origem	Coata	17	51,5
	Huata	16	48,5
Gênero	Masculino	15	45,5
	Feminino	18	54,5
Chumbo (µg/g)	0,03 - 0,45	16	48,5
	0,46 - 0,92	17	51,5
Total		33	100

Fonte: Formulário de coleta de dados elaborado pelos autores.

Os resultados da Tabela 2 para a concentração de Pb [µg/g] no estabelecimento de saúde próximo ao rio Coata, com uma amostra de 17 pacientes, apresentaram um Amplitude de 0,69 µg/g, o que indica uma variação moderada nos níveis de Pb. Os valores Mínimo de 0,18 µg/g e Máximo de 0,87 µg/g refletem a faixa de concentração observada. A Média foi de 0,4076 µg/g, indicando que, em média, cada grama da amostra contém 0,4076

microgramas de Pb, representando a concentração média nas amostras dentais analisadas. O Desvio Padrão (0,19392) aponta uma dispersão moderada em torno da média. Já a Variância (0,038) sugere que os níveis de Pb nas amostras são bastante uniformes, possivelmente indicando uma fonte comum de exposição ou um ambiente homogêneo.

Por outro lado, a concentração de Pb [µg/g] no estabelecimento de saúde em Huata, com uma

amostra de 16 pacientes, apresentou uma Amplitude de 0,89  $\mu\text{g/g}$ , maior que a do primeiro grupo, sugerindo maior variabilidade nos níveis de chumbo. O valor Mínimo foi de 0,03  $\mu\text{g/g}$ , indicando baixa exposição em algumas amostras, e o Máximo foi de 0,92  $\mu\text{g/g}$ , sendo este o maior valor observado entre as amostras. A Média foi de 0,5269  $\mu\text{g/g}$ , maior do que no grupo anterior, refletindo uma

exposição média mais elevada. O Desvio Padrão (0,22443) foi maior que o do grupo 1, indicando uma maior dispersão dos valores nesse grupo. Por fim, a Variância (0,050), embora maior, ainda é considerada baixa, indicando que, de forma geral, os níveis de Pb são relativamente consistentes entre os pacientes, apesar da amplitude relativamente ampla observada.

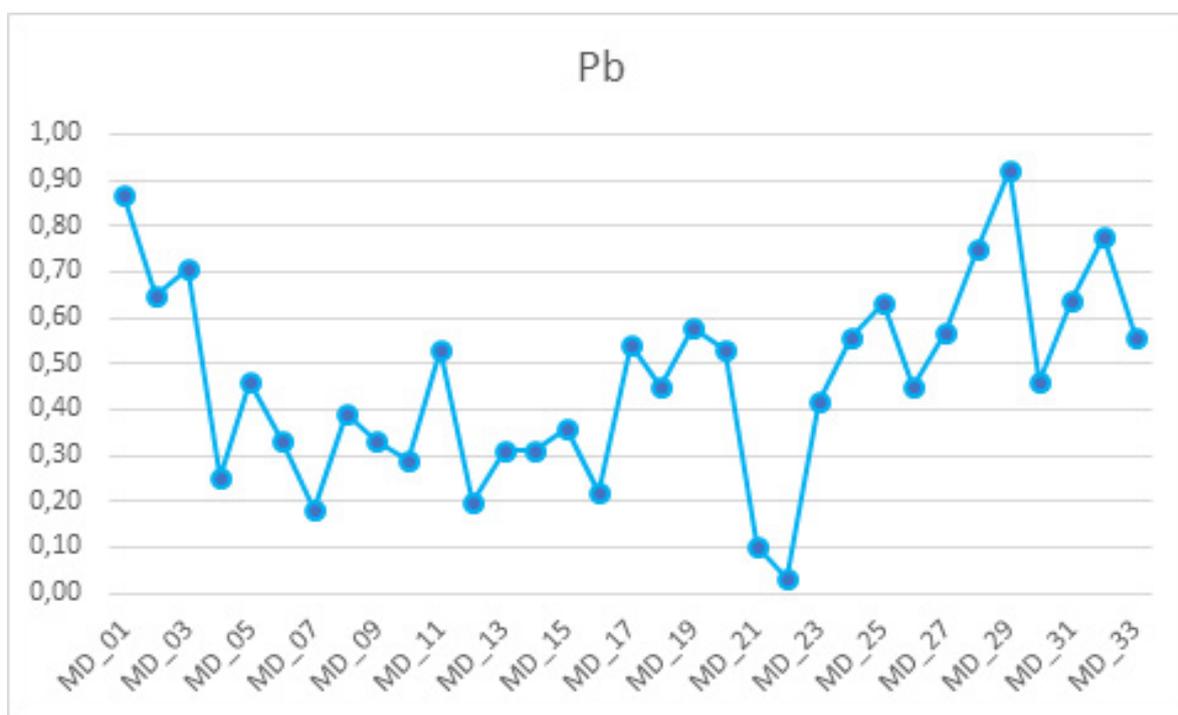
**Tabela 2** - Estatísticas descritivas da concentração de chumbo em dentes de pacientes em estabelecimentos de saúde próximos aos rios Coata e Huata, na província de Puno, Peru, 2024.

	N	Amplitude	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
Concentração de chumbo (Pb) [ug/g] Coata	17	,69	,18	,87	,4076	,19392	,038
Concentração de chumbo (Pb) [ug/g] Huata	16	,89	,03	,92	,5269	,22443	,050

Fonte: Formulário de coleta de dados elaborado pelos autores.

Os resultados apresentados na Figura 1 para a concentração de Pb em pacientes, expressa em  $\mu\text{g/g}$  (microgramas por grama), mostram variações significativas entre os diferentes indivíduos (identificados como MD\_01 a MD\_33). Os seguintes resultados destacam as maiores concentrações de Pb nos pacientes: MD\_29 (0,92  $\mu\text{g/g}$ ), MD\_01 (0,87  $\mu\text{g/g}$ ), MD\_32 (0,78  $\mu\text{g/g}$ ), MD\_28 (0,75  $\mu\text{g/g}$ ), MD\_03 (0,71  $\mu\text{g/g}$ ) e MD\_02 (0,65  $\mu\text{g/g}$ ). Esses pacientes podem ter tido

maior exposição ao Pb. Em relação a concentrações moderadas, um grupo significativo de pacientes apresenta concentrações de Pb entre 0,4 e 0,6  $\mu\text{g/g}$ , o que pode ser considerado um nível moderado de exposição. Da mesma forma, em concentrações baixas, alguns pacientes, como MD\_22 (0,03  $\mu\text{g/g}$ ) e MD\_21 (com concentração abaixo de 0,10  $\mu\text{g/g}$ ), apresentam níveis muito baixos, sugerindo exposição mínima ao Pb.



Fonte: Formulário de coleta de dados elaborado pelos autores.

**Figura 1** - Concentrações de chumbo [ $\mu\text{g/g}$ ] em dentes como bioindicador de exposição ambiental ao chumbo em pacientes de estabelecimentos de saúde próximos ao rio Coata, na província de Puno, Peru, 2024.

Os habitantes de Coata apresentaram, em sua maioria, concentrações mais baixas de Pb, variando de 0,03 a 0,45 µg/g (64%); enquanto 35,3% das pessoas apresentaram concentrações mais altas de Pb, entre 0,46 e 0,92 µg/g. Em Huata, os moradores, em sua maioria, apresentaram concentrações mais altas de Pb, de 0,46 a 0,92 µg/g (68,8%); e apenas 31% apresentaram concentrações mais baixas, entre 0,03 e 0,45 µg/g. Isso indica que os moradores de Huata podem estar mais expostos à contaminação por Pb. No entanto, ao relacionar as concentrações de chumbo nos dentes com a origem, não foram encontradas diferenças estatisticamente signifi-

cativas ( $p = 0,055$ ).

Em relação ao sexo, 40% dos homens apresentaram concentrações baixas de Pb, enquanto 60% apresentaram concentrações altas. No caso das mulheres, 55,6% apresentaram concentrações baixas de Pb e 44,4% apresentaram concentrações altas. Isso indica que as mulheres têm uma distribuição mais equilibrada entre os níveis baixos e altos de chumbo. O valor de  $p = 0,373$  sugere que não há diferença estatisticamente significativa entre homens e mulheres em relação aos níveis de Pb nos dentes. Portanto, o sexo não é um fator determinante na exposição ao Pb (Tabela 3).

**Tabela 3** - Análise com o teste qui-quadrado em relação ao sexo e à origem em dentes como bioindicador de exposição ambiental em pacientes de estabelecimentos de saúde próximos aos rios Coata e Huata, na província de Puno, Peru, 2024.

Variáveis		Chumbo (ug/g)		P
		0,03 – 0,45 N (%)	0,46 – 0,92 N (%)	
Origem	Coata	11 (64,7)	6 (35,3)	0,55
	Huata	5 (31,2)	11 (68,8)	
Gênero	Masculino	6 (40)	9 (60)	0,373
	Feminino	10 (55,6)	8 (44,4)	
Total		16 (48,5)	17 (51,5)	

Teste qui-quadrado.

Fonte: Formulário de coleta de dados elaborado pelos autores.

## DISCUSSÃO

O tecido dentário há muito tempo é considerado um reservatório confiável e tem sido utilizado para avaliar exposições ao chumbo em populações<sup>18</sup>. Diversos estudos concluíram que os dentes são melhores indicadores de exposição ao chumbo a longo prazo do que sangue, cabelo e unhas<sup>19,20</sup>. Sugeriu-se que a presença de chumbo em dentes humanos ocorre em pequenas quantidades<sup>21</sup>, no entanto, a OMS afirma que não existe nível de exposição ao chumbo que não tenha efeitos prejudiciais<sup>22</sup>.

Os resultados deste estudo mostraram que os dentes avaliados das pessoas que vivem próximas ao rio Coata apresentaram concentrações de chumbo em uma faixa de 0,03 a 0,92 µg/g, semelhante às demonstradas em outros estudos, como em Mitrovica (22,3 µg/g), Klina (3,1 µg/g) e Graz (1,6 µg/g)<sup>23,24</sup>.

O chumbo acumulado nos dentes a longo prazo está relacionado ao ambiente onde as pessoas vivem, como áreas industriais, fundições, refinarias, usinas de flotação, fábricas de baterias e contaminação de rejeitos de mineração, entre outros<sup>16</sup>. Após exposição crônica, o chumbo se acumula no corpo

humano, especialmente nos ossos e dentes, causando efeitos muito graves no sistema nervoso, na reprodução, na fertilidade, além de genotoxicidade e carcinogenicidade<sup>25</sup>.

O rio Coata está contaminado por resíduos tóxicos e descargas provenientes de operações de mineração nas proximidades; a contaminação da água inclui mercúrio, cianeto, arsênio e chumbo<sup>11</sup>. De acordo com o relatório técnico (nº 172-2015-ANA-AAA.TIT-SDGCRH) da Autoridade Nacional da Água (ANA), o chumbo, entre outros, excede os padrões de qualidade ambiental no rio Coata, representando um risco à saúde dos moradores que vivem ao longo do rio, já que estão expostos à contaminação por águas residuais de mineração e esgoto. Da mesma forma, o Centro Nacional de Saúde Ocupacional e Proteção Ambiental do Instituto Nacional de Saúde evidenciou a exposição das pessoas a metais tóxicos por meio de análises de sangue e urina e, como resultado das concentrações de metais tóxicos que excederam os Limites Máximos Permitidos nos poços de água para consumo humano, foi declarado

Estado de Emergência por perigo iminente devido à contaminação da água para consumo humano nos distritos de Coata, Huata, Capachica, Caracoto e Juliaca desde 2019<sup>26</sup>. Em março de 2024, o Tribunal Civil de Juliaca ratificou a chamada decisão histórica, responsabilizando instituições estatais de Puno pelas condições insalubres em que vivem os moradores próximos ao rio Coata<sup>27</sup>.

Os resultados deste estudo, em relação à concentração de chumbo em dentes segundo o sexo, mostraram uma concentração mais alta no grupo masculino, na faixa de 0,46 a 0,92 µg/g. Embora essa diferença não tenha sido significativa, os resultados são semelhantes aos relatados em estudos com habitantes do Kuwait, Espanha e Polônia, cujas concentrações médias de chumbo foram mais altas em homens, com valores de  $6,8 \pm 4,7$  µg/g,  $8,45 \pm 0,98$

µg/g e 0,63 µg/g, respectivamente.

Os resultados deste estudo destacam a utilidade dos dentes como indicadores de exposição prolongada a substâncias ambientais<sup>24,28,29</sup>.

As limitações deste estudo incluem o uso de uma amostra reduzida e o fato de terem sido incluídos apenas dentes permanentes. Dentes decíduos podem ser mais úteis para determinar a exposição ambiental ao chumbo e a exposição acumulada das mães<sup>24</sup>; além disso, podem haver diferenças na concentração de chumbo de acordo com a morfologia dentária<sup>29</sup>. Embora a concentração de chumbo em dentes permanentes de pessoas que vivem próximas ao rio Coata não tenha sido muito elevada, é importante continuar as pesquisas nesta área para mitigar os riscos à saúde decorrentes da contaminação ambiental.

## CONCLUSÃO

Esta pesquisa demonstrou que os dentes são úteis para determinar a presença de chumbo de forma não invasiva. Os níveis de concentração indicam a exposição cumulativa a contaminantes ambientais. As pessoas que vivem próximas ao rio Coata apresentaram concentrações de Pb predominantemente na faixa de 0,46 a 0,92 µg/g, sendo que os homens exibiram concentrações mais altas

do que as mulheres, embora essa diferença não tenha sido significativa. Com base nessas conclusões, sugere-se a implementação de políticas públicas de saúde que monitorem os residentes afetados pela contaminação proveniente de atividades mineradoras. Recomenda-se, também, a realização de estudos que analisem as complicações gerais de saúde dessas populações.

**FINANCIAMENTO:** Este estudo foi financiado pela Vice-Reitoria de Pesquisa da Universidad Nacional del Altiplano Puno, Peru, por meio do Fundo Especial para o Desenvolvimento Universitário (FEDU), contrato de financiamento nº 066-2023-VRI-UNA-PUNO.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecemos aos moradores das proximidades do rio Coata que doaram seus dentes para o estudo, aos dentistas dos centros de saúde de Coata e Huata, do Ministério da Saúde de Puno, e à Vice-Reitoria de Pesquisa da Universidad Nacional del Altiplano.

### Declaração do autor CRediT

Conceituação: Padilla Cáceres, TC. Metodologia: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L. Validação: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L; Casa Coila, MD; Mamani Cori, V. Análise estatística: Casa Coila, MD; Arbildo Vega, HI. Análise formal: Padilla Cáceres, TC, Arbildo Vega, HI. Investigação: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L; Casa Coila, MD; Mamani Cori, V. Recursos: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L; Casa Coila, MD. Redação-preparação do rascunho original: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L; Casa Coila, MD. Redação-revisão e edição: Padilla Cáceres, TC; Caballero Apaza, L; Casa Coila, MD, Arbildo Vega, HI. Supervisão: Padilla Cáceres, TC. Administração do projeto: Padilla Cáceres, TC.

Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

### Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram que não têm interesses financeiros concorrentes ou relações pessoais conhecidas que possam ter influenciado o trabalho relatado neste artigo.

## REFERÊNCIAS

1. Briffa J, Sinagra E, Blundell R. Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*. 2020; 6. doi:10.1016/j.heliyon.2020.e04691.
2. Hauptman M, Bruccoleri R, Woolf AD. An Update on Childhood Lead Poisoning. *Clin Pediatr Emerg Med* 2017; 18: 181.
3. Barton HJ. Advantages of the Use of Deciduous Teeth, Hair, and Blood Analysis for Lead and Cadmium Bio-Monitoring in Children. A Study of 6-Year-Old Children from Krakow (Poland). *Biol Trace Elem Res* 2011; 143: 637.
4. Shepherd TJ, Dirks W, Manmee C, Hodgson S, Banks DA, Averley P et al. Reconstructing the life-time lead exposure in children using dentine in deciduous teeth. *Science of The Total Environment* 2012; 425: 214-222.

5. Asaduzzaman K, Khandaker MU, Binti Baharudin NA, Amin YBM, Farook MS, Bradley DA et al. Heavy metals in human teeth dentine: A bio-indicator of metals exposure and environmental pollution. *Chemosphere* 2017; 176: 221–230.
6. Rădulescu A, Lundgren S. A pharmacokinetic model of lead absorption and calcium competitive dynamics. *Sci Rep* 2019; 9. doi:10.1038/S41598-019-50654-7.
7. Wani AL, Ara A, Usmani JA. Lead toxicity: a review. *Interdiscip Toxicol* 2015; 8: 55.
8. Obeng-Gyasi E. Sources of lead exposure in various countries. *Rev Environ Health* 2019; 34: 25–34.
9. OBELA. La contaminación del agua en la minería. Observatorio Económico Latinoamericano OBELA. 2021. <https://www.obela.org/analisis/la-contaminacion-del-agua-en-la-mineria> (accessed 13 May2024).
10. Osores F, Rojas JE, Lara CHM. Minería informal e ilegal y contaminación con mercurio en Madre de Dios: Un problema de salud pública. *Acta Médica Peruana* 2012; 29. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1728-59172012000100012](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1728-59172012000100012) (accessed 13 May2024).
11. Quispe-Mamani E, Chaiña Chura F, Salas Avila D, Belizario Quispe G. Imaginario social de actores locales sobre la contaminación ambiental minera en el altiplano peruano. *Rev Cienc Soc* 2022; 28: 303–321.
12. López-Costas O, Kylander M, Mattielli N, Álvarez-Fernández N, Pérez-Rodríguez M, Mighall T et al. Human bones tell the story of atmospheric mercury and lead exposure at the edge of Roman World. *Science of The Total Environment* 2020; 710: 1363–19.
13. Havens D, Pham MH, Karr CJ, Daniell WE. Blood Lead Levels and Risk Factors for Lead Exposure in a Pediatric Population in Ho Chi Minh City, Vietnam. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15. doi:10.3390/IJERPH15010093.
14. Domagalska J, Ćwieląg-Drabek M, Dziubanek G, Ulatowska N, Bortlik S, Piekut A. Teeth as an Indicator of the Environmental Exposure of Silesia Province's Inhabitants in Poland to Metallic Trace Elements. *Toxics* 2024; 12. doi:10.3390/TOXICS12010090/S1.
15. Piekut A, Moskalenko O, Gut K. Can primary teeth be an indicator of the environmental exposure of children to heavy metals? *Medycyna Środowiskowa* 2018; 21: 18–23.
16. Kamberi B, Kocani F, Dragusha E. Teeth as Indicators of Environmental Pollution with Lead. *J Environ Anal Toxicol* 2012; 02. doi:10.4172/2161-0525.1000118.
17. Bautista-Díaz ML, Victoria-Rodríguez E, Vargas-Estrella LB, Hernández-Chamosa CC. Pruebas estadísticas paramétricas y no paramétricas: su clasificación, objetivos y características. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo* 2020; 9: 78–81.
18. Budd P, Montgomery J, Evans J, Barreiro B. Human tooth enamel as a record of the comparative lead exposure of prehistoric and modern people. 2000.
19. Piekut A, Moskalenko O, Gut K. Can primary teeth be an indicator of the environmental exposure of children to heavy metals? *Environmental Medicine* 2018; 21: 18–23.
20. Hegde S, Sridhar M, Bolar DR, Arehalli Bhaskar S, Sanghavi MB. Relating tooth- and blood-lead levels in children residing near a zinc-lead smelter in India. *Int J Paediatr Dent* 2010; 20: 186–192.
21. Brudevold F, Steadman LT. The distribution of lead in human enamel. *J Dent Res* 1956; 35: 430–437.
22. World Health Organization. Lead poisoning. World Health Organization. 2024. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=Exposure%20to%20very%20high%20levels,intellectual%20disability%20and%20behavioural%20disorders>. (accessed 27 Sep2024).
23. Kamberi B, Kqiku L, Hoxha V, Dragusha E, Expand A. Lead concentrations in teeth from people living in Kosovo and Austria. *Coll Antropol* 2011; 35: 79–82.
24. Moskalenko O, Marchwińska-Wyrwał E, Piekut A, Gut K, Ćwieląg-Drabek M. Lead in human teeth dentine as a bio-indicator of environmental exposure to lead. *Environmental Medicine* 2021; 23: 33–38.
25. Klotz K, Göen T. Human Biomonitoring of Lead Exposure. In: *Lead – Its Effects on Environment and Health*. De Gruyter, 2017, pp 99–122.
26. Martínez B. La Contaminación ambiental de la Cuenca del río Coata y los desafíos de la mesa de diálogo en Puno. *Muqui.Org*. 2021. [https://muqui.org/la-contaminacion-ambiental-de-la-cuenca-del-rio-coata-y-los-desafios-de-la-mesa-de-dialogo-en-puno/#\\_ftnref4](https://muqui.org/la-contaminacion-ambiental-de-la-cuenca-del-rio-coata-y-los-desafios-de-la-mesa-de-dialogo-en-puno/#_ftnref4) (accessed 23 Sep2024).
27. SERVINDI. Ratifican sentencia histórica sobre el río Coata. *Servindi.org*. 2024. <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/27/03/2024/ratifican-sentencia-historica-sobre-el-rio-coata> (accessed 27 Sep2024).
28. Al-Qattan SI, Elfawal MA. Significance of teeth lead accumulation in age estimation. *J Forensic Leg Med* 2010; 17: 325–328.
29. Fernández-Escudero AC, Legaz I, Prieto-Bonete G, López-Nicolás M, Maurandi-López A, Pérez-Cárceles MD. Aging and trace elements in human coronal tooth dentine. *Sci Rep* 2020; 10. doi:10.1038/s41598-020-66472-1.

**Como citar este artículo:** Cáceres, T.C.P., Apaza, L.C., Coila, M.D.C., Cori, V.M., Vega, H.I.A. Níveis de chumbo em dentes de habitantes próximos a um rio contaminado por metais pesados: estudo piloto. *O Mundo Da Saúde*, 49. <https://doi.org/10.15343/0104-7809.202549e16772024P> *Mundo Saúde*. 2025,49:e16772024.