

XXXI Simposio Peruano de Física

**Dimorfismo sexual en la exposición a material particulado
(PM_{2.5}), y radón (sup>222Rn)
residencial, y su asociación con las tasas de incidencia de TBC y
Cáncer de Pulmón (CaP)
en los 43 distritos de Lima Metropolitana**

Ph (c). Carol Ordoñez-Aquino

Doctorado en Ciencias de la Salud UNMSM



UNMSM



Lima, 18 diciembre 2025

CAROL GEIMY ORDOÑEZ AQUINO

Código ORCID: 0000-0002-3586-2044

Candidata a Doctora en Ciencias de la Salud por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), becaria del Programa de Doctorado de Excelencia financiado por PROCIENCIA - CONCYTEC. Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Salud Ambiental por la Universidad Peruana Cayetano Heredia y egresada de la Maestría en Meteorología Aplicada de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Con capacitaciones en prestigiosas universidades internacionales. Titulada de Ingeniera Ambiental y de Recursos Naturales (CIP:122103) de la Universidad Nacional del Callao.

Autora de diversos artículos en revistas indexadas a nivel nacional e internacional, y editora del Libro Tópicos selectos en Salud Ambiental de la Academia Nacional de Medicina (ANM) ganador de la Mención Honrosa del Premio Hipólito Unanue. Asimismo, es docente y asesora de tesis de universidades públicas y privadas. Formó parte del Comité Temporal de Expertos en salud ambiental de la ANM. Con su investigación sobre radón y el cáncer, obtuvo el primer lugar en la Categoría Salud del Congreso Internacional de Energía Nuclear 2025 (CIEN 2025), realizado en el marco del 50° aniversario del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN).



1. Introducción

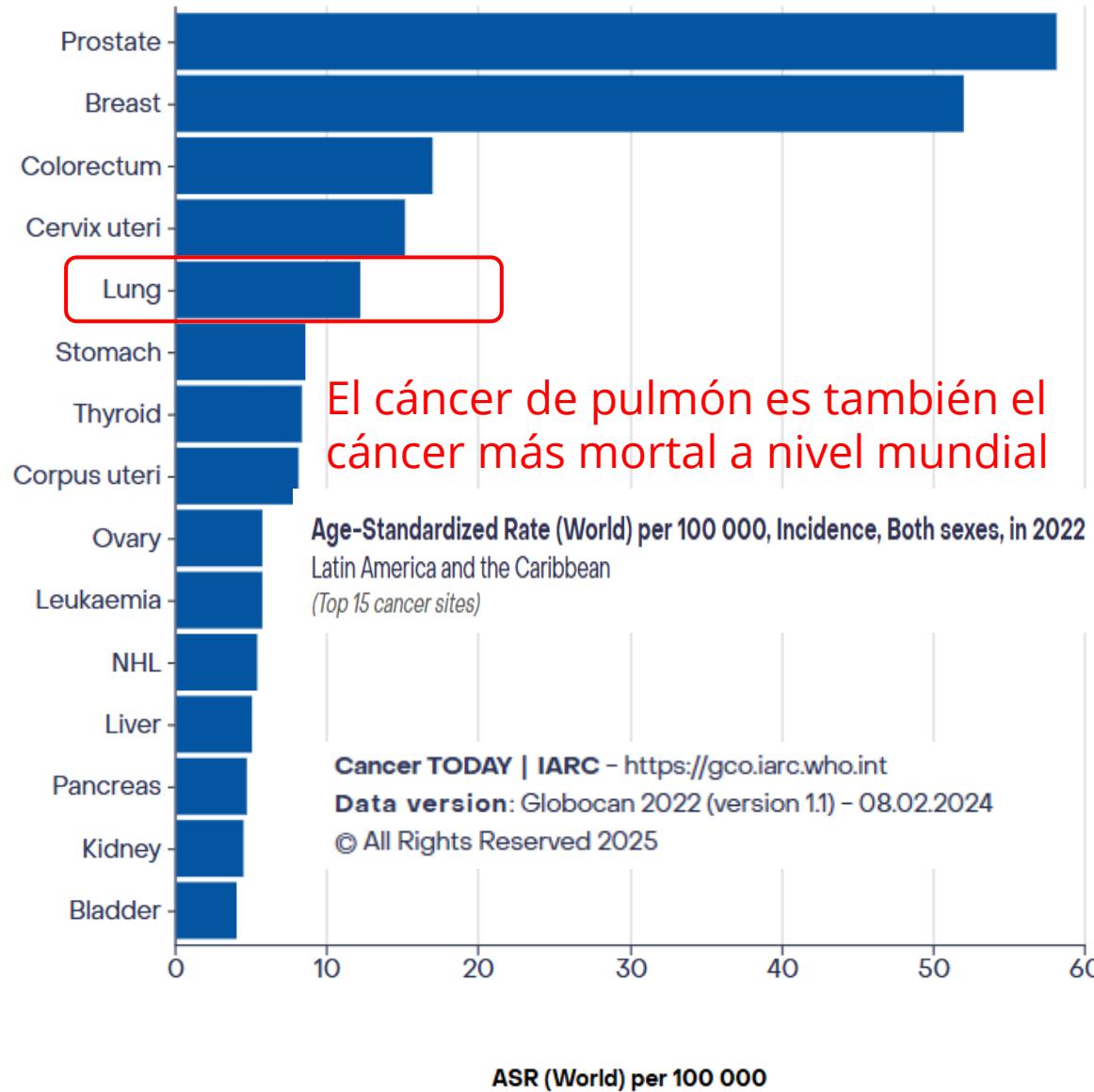
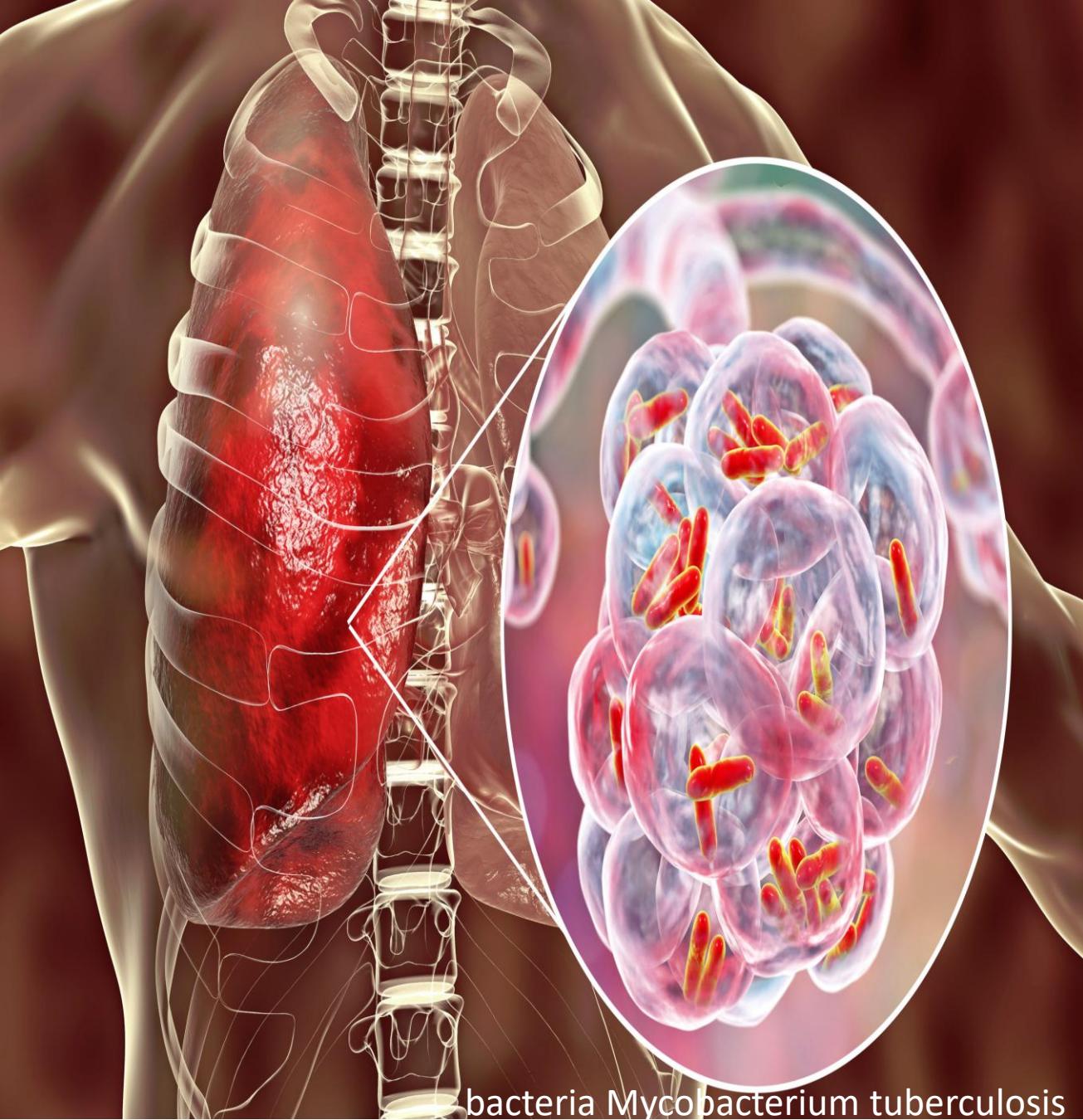


Figura de: https://www.larazon.es/salud/que-gen-cambio-rumbo-pronostico-pacientes-cancer-pulmon-que_2025092468d3e0dbf158e014f6f2e868.html



EN 2023 SE IDENTIFICARON 32,769 CASOS DE TUBERCULOSIS EN EL PERÚ



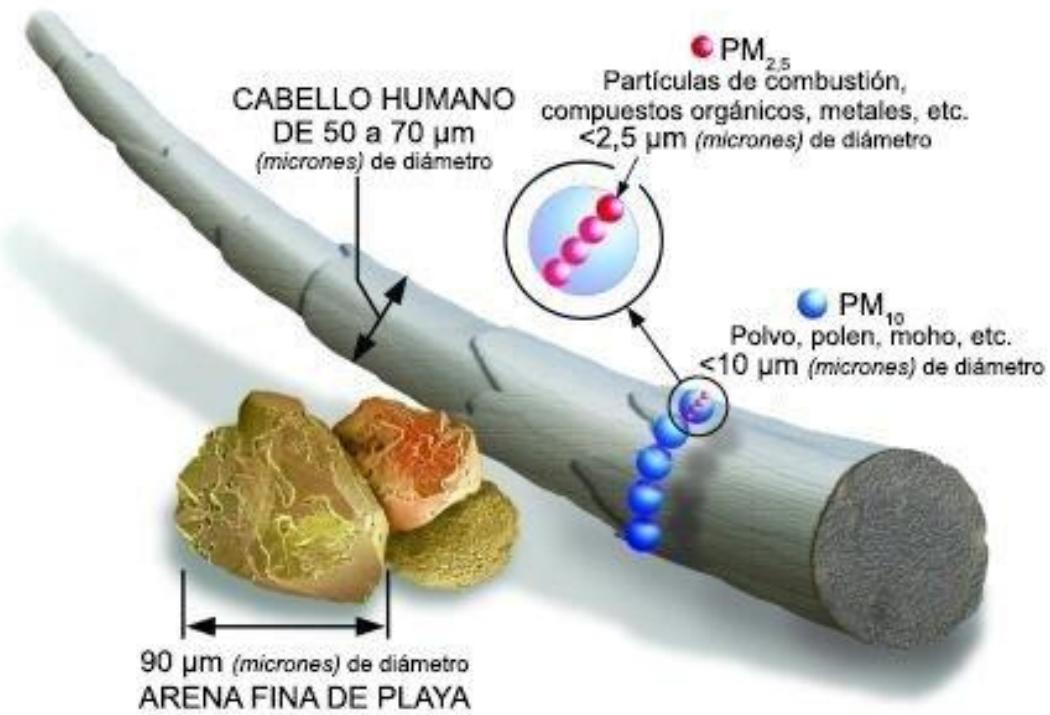
2024 Country/region ranking

Population weighted, 2024 average PM2.5 concentration ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) for countries, regions, and territories in descending order.

1	Chad	91.8	47	South Africa	18.8	93	Uruguay	11.5
2	Bangladesh	78.0	48	Malaysia	18.3	94	Singapore	11.4
3	Pakistan	73.7	49	Azerbaijan	18.3	95	Austria	10.2
4	D.R. Congo	58.2	50	Montenegro	18.0	96	Lithuania	10.1
5	India	50.6	51	Sri Lanka	17.9	97	Panama	10.1
6	Tajikistan	46.3	52	Macao SAR	17.7	98	Bolivia	10.0
7	Nepal	42.8	53	Guyana	17.5	99	Russia	9.8
8	Uganda	41.0	54	Taiwan	17.5	100	Ecuador	9.7
9	Rwanda	40.8	55	Mexico	17.4	101	Ukraine	9.2
10	Burundi	40.3	56	El Salvador	17.3	102	Latvia	9.2
11	Nigeria	40.1	57	Israel	17.2	103	Germany	9.0
12	Egypt	39.8	58	Peru	17.1	104	Netherlands	8.9
13	Iraq	38.4	59	South Korea	17.0	105	Belgium	8.9
14	Ghana	35.8	60	Djibouti	16.8	106	Argentina	8.7
15	Indonesia	35.5	61	Mozambique	16.7	107	Spain	8.7
16	Gambia	35.2	62	Chile	16.6	108	Japan	8.6
17	United Arab Emirates	33.7	63	Hong Kong SAR	16.3	109	Cayman Islands	8.5
18	Bahrain	31.8	64	Paraguay	15.9	110	France	8.1
19	Uzbekistan	31.4	65	Algeria	15.4	111	Luxembourg	7.5
20	Qatar	31.3	66	Romania	15.3	112	Anguilla	7.4
21	China	31.0	67	Turkey	15.3	113	United Kingdom	7.4
22	Kuwait	30.2	68	Slovenia	15.2	114	Switzerland	7.3
23	Vietnam	28.7	69	Honduras	15.2	115	Denmark	7.2
24	Cameroon	27.6	70	Gabon	15.2	116	USA	7.1
25	Laos	27.5	71	Kazakhstan	15.1	117	Costa Rica	7.0
26	Turkmenistan	26.5	72	Georgia	15.1	118	Portugal	6.8
27	Togo	26.0	73	Brazil	14.9	119	Canada	6.7
28	Mongolia	25.6	74	Philippines	14.8	120	Norway	6.6
29	Bosnia Herzegovina	25.3	75	Poland	14.8	121	Liechtenstein	6.5
30	Myanmar	25.2	76	Nicaragua	14.8	122	Ireland	6.5
31	Saudi Arabia	25.1	77	Moldova	14.7	123	Trinidad and Tobago	6.1
32	Zimbabwe	24.8	78	Albania	14.5	124	Andorra	6.0
33	Ivory Coast	24.6	79	Kenya	14.3	125	Sweden	5.3
34	Armenia	24.4	80	Italy	14.2	126	Finland	5.2
35	North Macedonia	23.3	81	Croatia	13.8	127	Estonia	4.6
36	Libya	22.3	82	Colombia	13.8	128	Australia	4.5
37	Senegal	22.3	83	Slovakia	13.6	129	New Zealand	4.4
38	Ethiopia	22.2	84	Hungary	12.9	130	Iceland	4.0
39	Zambia	22.0	85	Kosovo	12.9	131	Grenada	3.2
40	Cambodia	21.9	86	Cyprus	12.8	132	Barbados	3.1
41	Kyrgyzstan	21.1	87	Czech Republic	12.7	133	Montserrat	2.7
42	Palestine	21.1	88	Suriname	12.5	134	Puerto Rico	2.7
43	Madagascar	20.5	89	Bulgaria	12.4	135	U.S. Virgin Islands	2.6
44	Serbia	20.2	90	Maldives	12.2	136	French Polynesia	2.5
45	Thailand	19.8	91	Malta	11.7	137	Bermuda	2.5
46	Guatemala	18.8	92	Greece	11.5	138	Bahamas	2.3

Fuente: 2024 World Air Quality Report

CONTAMINACIÓN DEL AIRE



Fuente: Figura tomada de <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>

Uranio 238 – cadena de desintegración radiactiva



Radón:
El radón es un
gas
radioactivo,
insípido,
invisible e
inodoro

ENTRADA DEL RADÓN EN LA VIVIENDA



Fuente: Figura tomada de Tópicos selectos en salud ambiental



2. Materiales y métodos

Diseño de estudio: Estudio observacional ecológico

Se calculó las tasas de incidencia CaP y TBC

Modelo de regresión binomial negativa

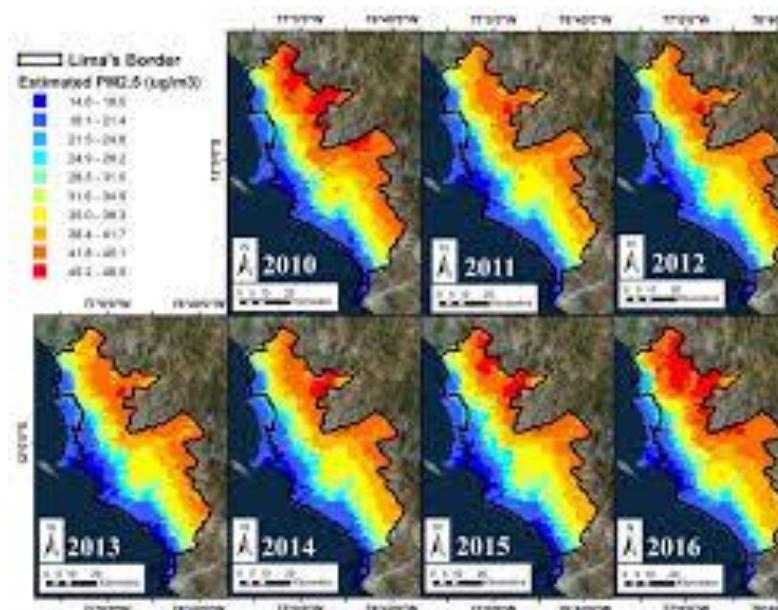
Aspectos éticos. El estudio no requiere de la aprobación de un Comité de Ética Institucional debido a que se trata de un estudio secundario con bases de datos de acceso público



Ministerio
de Salud

SIGTB

Sistema de Información
Gerencial de Tuberculosis



Reunis
Repositorio Único Nacional de Información en Salud

3. Resultados

Tabla 1. Asociación entre tasa de cáncer de pulmón (CaP) con TBC, radón (^{222}Rn) y $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) en mujeres y varones mayores de 60 años, residentes de Lima Metropolitana

Tasa CaP	Mujeres > 60 años			Varones > 60 años		
	IRR*	Valor p	IC 95%	IRR*	Valor p	IC 95%
TBC						
T1	Ref.	-	-	Ref.	-	-
T2	1.28	0.212	0.86-1.89	1.25	0.200	0.88-1.75
T3	1.17	0.443	0.77-1.76	1.61	0.009	1.12-2.29
Radón						
Bajo	Ref.	-	-	Ref.	-	-
Alto	1.44	0.034	1.02-2.03	1.34	0.047	1.04-1.81
PM_{2.5}	1.09	0.617	0.91-1.09	1.02	<0.001	1.00-1.02

IRR: Razón de Tasa de Incidencia. T1, T2, T3: Tertil 1, 2 y 3. $\text{PM}_{2.5}$: Material particulado <2.5 micrómetros.

*Modelo de regresión binomial negativa controlado por la población mayor de 60 años resolución a nivel distrital.

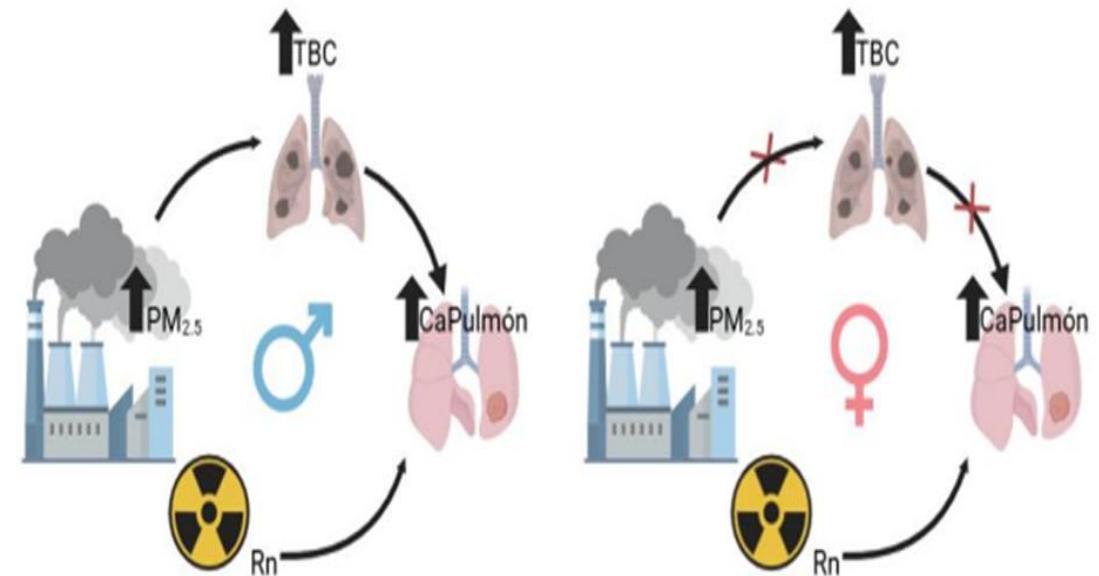


Figura 2. Dimorfismo sexual entre las exposiciones de $\text{PM}_{2.5}$, Radón (^{222}Rn) y TBC sobre el aumento de cáncer de pulmón, en residentes mayores de 60 años de Lima Metropolitana

4. Discusión

- En Perú, se ha reportado que el 61% de los casos de TBC ocurre en varones. Además, la susceptibilidad masculina a la TBC frente a PM2.5 ha sido documentada.
- No obstante, la carga de enfermedad está cambiando: aunque históricamente el CaP fue más prevalente en varones, en Lima Metropolitana los casos en mujeres ya superan a los varones.
- Aunque los mecanismos biológicos que explican estas diferencias no se comprenden completamente, se ha documentado que el sistema inmunológico femenino responde de manera más agresiva al CaP, aunque con mejores tasas de supervivencia en estadios tempranos
- La distribución del CaP por sexo en los 43 distritos de Lima Metropolitana no es homogénea

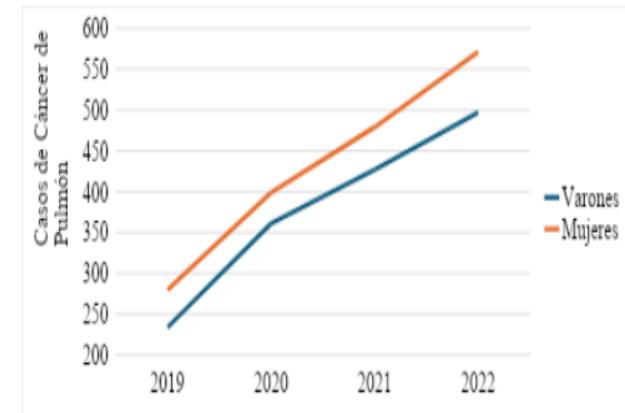


Figura 4. Evolución de los casos de Cáncer de Pulmón en Lima Metropolitana en pacientes igual o mayores de 60 años que atienden los servicios de EsSalud.

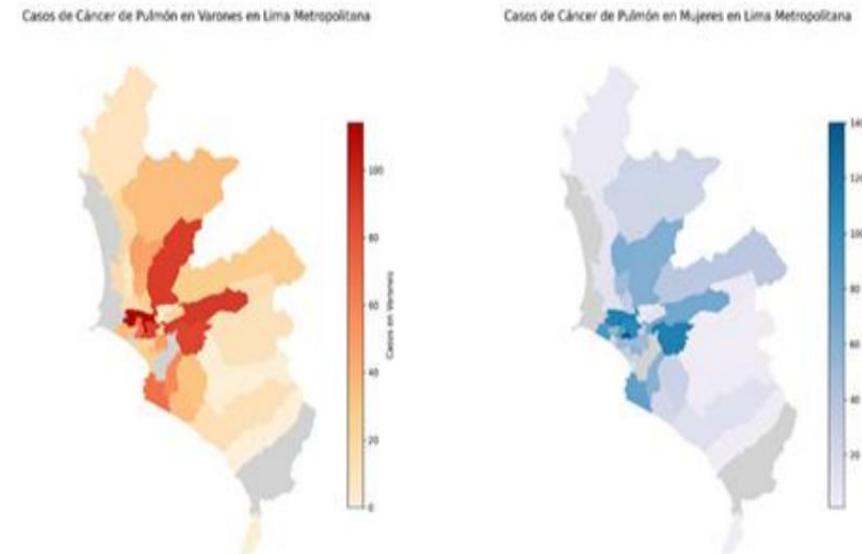


Figura 5. Casos de cáncer de pulmón en pacientes varones y mujeres, igual y mayores de 60 años, atendidos en los servicios de EsSalud de los distritos de Lima Metropolitana, durante el período 2019–2022.

5. Conclusiones

- Este estudio revela un dimorfismo sexual en la asociación entre PM_{2.5}, TBC y radón con el cáncer de pulmón en Lima Metropolitana.
- El sexo masculino muestra una mayor correlación con los distritos más afectados.
- A pesar de las limitaciones propias del diseño ecológico, los hallazgos sugieren que el radón podría ser un factor relevante en el aumento reciente del CaP en mujeres.

Se recomienda realizar investigaciones adicionales con diseños analíticos individuales que permitan confirmar estas asociaciones y guiar intervenciones de salud pública basadas en evidencia

Gracias

Carol Ordoñez Aquino

carol.ordonez@unmsm.edu.pe



Agradecimiento al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y el Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzados (PROCIENCIA)



Rev. Cuerpo Med. HNAAA, Vol 18 (3) - 2025

REVISTA DEL CUERPO MÉDICO HOSPITAL NACIONAL
ALMANZOR AGUINAGA ASENJO, CHICLAYO, PERÚ

ISSN | impresa: 2225-5109; Electrónica: 2227-4731

Cross Ref. DOI: 10.35434/rcmhnaaa | OJS <https://cmhnaaa.org.pe/ojs>



Dimorfismo sexual en la exposición a material particulado (PM_{2.5}), y radón (²²²Rn) residencial, y su asociación con las tasas de incidencia de TBC y Cáncer de Pulmón (CaP) en los 43 distritos de Lima Metropolitana

Sexual dimorphism in exposure to particulate matter (PM_{2.5}) and residential radon (Rn), and its association with incidence rates of TB and lung cancer (CaP) in the 43 districts of Metropolitan Lima

Carol Ordoñez-Aquino^{1,a}, Cinthya Vásquez-Velásquez^{2,b}, Patrizia Pereyra^{3,c}, Esther Cotrina^{4,d}, Sally Paredes^{4,e,f}, Brady Beltrán^{2,4,f}, Gustavo F. Gonzales^{2,g}

1. Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud, Facultad de Medicina. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

2. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad San Ignacio de Loyola, Lima, Perú.

3. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú.

4. Seguro Social de Salud-EsSalud, Lima, Perú.

a. Maestra en Ciencias Ambientales.

b. Maestra en Fisiología y Maestra en Salud Pública.

c. Doctora en Física.

d. Licenciada en Enfermería.

e. Médico especialista en Oncología.

f. Maestro en Medicina.

g. Doctor en Ciencias y Doctor en Medicina.

