

Radiación ambiental en el eje vial Amazonas Centro (Lima-Tingo María)

Environmental radiation in the route Amazons Center (Lima-Tingo María)

Julio Manosalva Bacigalupo¹

RESUMEN

Se han realizado mediciones de radiación ionizante en dosis equivalentes en localidades comprendidas en la carretera Lima - Tingo María, aproximadamente 525 km, con altitudes que comprenden desde los 154 msnm hasta los 4818 msnm (abra Anticona), atravesando cuatro regiones políticas del centro del Perú (Lima, Junín, Pasco y Huánuco). Las radiaciones detectadas tienen un rango de 171 a 602 nSv/h, con un promedio de 367 nSv/h. Se obtiene el mayor conteo en Casapalca, abra Anticona, Morococha y alrededores, así como en Tinyahuarco, Ricrán y Huayllay.

Palabras clave: Radiación ambiental, Lima-Tingo María.

ABSTRACT

We have carried out measurements ionizing radiation in equivalent dose in towns understood in the highway Lima - Tingo María, approximately 525 Km, with altitudes that are from 154 until the 4818 metres above sea level (Anticona). Crossing four political regions of the center of the Peru (Lima, Junín, Pasco and Huánuco). The detected radiations have a range from 171 to 602 nSv/h, with an average of 367 nSv/h. the biggest count is obtained in Casapalca, Anticona, Morococha and surroundings, Tinyahuarco, Ricrán and Huayllay.

Keywords: Enviroment radiation, Lima-Tingo María.

¹ Laboratorio de Radiobiología. Facultad de Ciencias Biológicas. UNMSM. E-mail: jmanosalva@unmsm.edu.pe

I. INTRODUCCIÓN

La radiación natural constituye el componente más importante de dosis recibida de manera colectiva por los organismos vivientes incluyendo al hombre. Esta tiene un promedio de 2.4 mSv/y, que incluye de 0,38 a 2,0 de rayos cósmicos, 0,43 a 4,3 de corteza terrestre y de 1.2 a 10 mSv de exposición de Radón al año (Gonzales, 1994).

La radiación cósmica varía con la altitud y en menor medida a la latitud, en lugares de gran altura puede llegar a alcanzar mediciones muy altas, a esto hay que adicionar la radiación gamma terrestre que depende de las características geológicas de la zona (Sohrabi, 1990).

Definitivamente, las poblaciones humanas que viven en alturas de más de 2000 msnm reciben dosis mayores.

¿Pero las radiaciones naturales son suficientes para causar efectos en seres vivos en especial en el hombre?

Los investigadores reconocen las limitaciones existentes para dar una respuesta definitiva a esta pregunta.

Estudios epidemiológicos y citogenéticos realizadas en zonas de radiación natural alta sugerirían una respuesta adaptativa a la radiación (Mohammadi *et al.*, 2006), inclusive algunos investigadores sostienen que la radiación en bajas dosis tendría posibles efectos benéficos (Mortazavi *et al.*, 1999). Por otro lado, hay datos referidos a que el porcentaje de mujeres con infertilidad primaria es mayor en zonas de alta radiación natural (Tabarraie *et al.*, 2008), asimismo existen estudios que concluyen que la radiación en bajas dosis producirían efectos imperceptibles (Zhang *et al.*, 2003)

En realidad, los efectos biológicos en dosis bajas no se entienden en cabalidad, dando resultados discutibles. Desde el punto de vista epidemiológico, se requieren datos masivos que respondan estadísticamente para encontrar las relaciones dosis-efecto.

Existen teorías contradictorias al respecto, una de ellas que considera que las radiaciones ionizantes a bajas dosis producirían un efecto de hormesis, según la cual, éstas resultarían beneficiosas para la salud, como sucede con los fármacos que a bajas dosis son saludables, pero dañinos en grandes dosis, no obstante, se requieren mayores estudios epidemiológicos que deberán realizarse en el transcurso de varios años para que sean concluyentes, con las dificultades que esto implica, ya que los efectos podrían deberse a otras causas.

Debemos destacar que las organizaciones internacionales relacionadas con la energía nuclear (ICRP, OIEA, NFA, UNSCEAR) continúan utilizando, precavidamente, el modelo lineal sin umbral (MLSU

o LNT por sus siglas en inglés), que asume que la probabilidad de daños estocásticos comienzan a partir de la dosis cero y se comportan de manera lineal hasta alcanzar resultados detectables, esta teoría se basa en investigaciones realizadas principalmente en personas sobrevivientes de las bombas atómicas de Hiroshima y Nagasaki., este modelo ofrece la ventaja para su uso en protección radiológica, porque asumir el otro implicaría no proteger adecuadamente a la población de los efectos de las radiaciones ionizantes, ya que hasta ahora no tenemos una base científica suficiente.

Ambas posiciones constituyen temas muy discutidos en foros dedicados a la protección radiológica.

Sin embargo, sean beneficiosas o dañinas las radiaciones ionizantes en bajas dosis, los estudios de radiación ambiental además de su relevancia desde el punto de vista científico básico, no dejan de ser importantes para la salud humana.

II. MATERIAL Y MÉTODO

El presente trabajo fue realizado en ciudades, pueblos y algunas comunidades a lo largo de la Carretera Central (Eje vial Amazonas Centro) desde la ciudad de Lima a la ciudad de Tingo María, abarcando 77 localidades de las regiones Lima, Junín, Pasco y Huánuco (ver Figura N.º 1).

En cada una de estas localidades se efectuaron 10 mediciones en lugares aleatorios alejados por lo menos seis metros de edificaciones, a un metro del suelo con un detector portátil Geiger-Müller marca Gama-Scout, calibrado (Fachhochschuler Mannheim) en dosis equivalentes (nSv/h), siguiendo la misma metodología. (Manosalva, 2006).

III. RESULTADOS

Los resultados se presentan en las Tablas 1, 2, 3 y 4. En cada una de éstas se señala la localidad, la dosis equivalente, localización (km en carretera), así como los datos obtenidos en diversas fuentes de coordenadas geográficas, altitud y población de los principales pueblos.

Se pone en evidencia que el factor altura determina un mayor conteo de fondo, sin embargo encontramos lugares donde la radiación es más alta que lo esperado, como por ejemplo Morococha y alrededores en Junín, así como determinados lugares de Pasco.

IV. DISCUSIÓN

El promedio de dosis efectiva que recibe el hombre a nivel mundial es de 2.4 milisievert por año (mSv/y). Esta exposición es originada principalmente por la

radiación cósmica y el material radioactivo que de manera natural se encuentran en el ambiente, razón por la cual el nivel de radiación de fondo varía de un lugar a otro; asimismo, que en algunas áreas éste sea significativamente más alta que el promedio.

En la Tabla 1 se presentan los valores de la ruta Lima hasta el abra Anticona (132 km), de la región Lima, el paso más alto de todo el trayecto (4818 msnm), se trata de una carretera que sube en promedio unos 36.5 metros por km, recorriendo el estrecho valle del río Rímac. La radiación va desde los 171 nanosievert por hora (nSv/h) a 564 nSv/h (Casapalca) con un promedio de 325 nSv/h, la zona más alta, arroja 539 nSv/h.

Tabla N.º 1. REGIÓN LIMA

Localidad	Km	Latitud	Longitud	msnm	pob.	nSv/h
Los Olivos	-	-	-	154	318140	171
Vitarte	9	-12° 02' 00"	-76° 56' 00"	355	346107	152
Santa Clara	12	-12° 01' 00"	-76° 52' 00"	556	238843	259
Ñaña	22	-11° 47' 00"	-76° 50' 00"	582	270712	280
Morón	-	-11° 59' 00"	-76° 47' 00"	681	-	222
Chaclacayo	25	-11° 58' 58"	-76° 46' 03"	647	36686	254
La Cantuta		-11° 57' 00"	-76° 43' 00"	877	-	325
Chosica	33	-11° 56' 35"	-76° 42' 34"	900	235068	290
Ricardo Palma	38	-11° 55' 23"	-76° 39' 00"	900	5769	219
Cocachacra	53	-11° 54' 48"	-76° 32' 18"	1823	3202	229
Tornamesa	58	-11° 54' 00"	-76° 31' 00"	1987	1820	406
Surco	66	-11° 53' 05"	-76° 26' 23"	2544	1789	348
Matucana	74	-11° 51' 00"	-76° 24' 00"	2800	4508	426
Viso	83	-11° 48' 02"	-76° 20' 51"	3447	1820	356
Tamboraque	90	-11° 46' 56"	-76° 18' 27"	3693	1820	343
San Mateo	93	-11° 45' 34"	-76° 18' 02"	3215	5280	394
Pte. Infiernillo	99	-11° 44' 26"	-76° 16' 50"	3300	-	355
Chicla	106	-11° 42' 23"	-76° 16' 06"	3723	1868	375
Casapalca	117	-11° 39' 00"	-76° 14' 00"	4221	2309	564
Abra Anticona	132	-11° 35' 58"	-76° 11' 36"	4818	-	539

Tabla N.º 2.- REGIÓN JUNÍN

Localidad	Km	Latitud	Longitud	msnm	Pob	nSv/h
Morococha	140	-11° 35' 59"	-76° 08' 28"	4116	5387	602
Alpamina	150	-11° 36' 22"	-76° 06' 06"	3989	3171	496
Pachachaca	153	-11° 37' 07"	-76° 01' 10"	3880	1883	297
La Oroya	175	-11° 32' 00"	-75° 54' 00"	3775	18606	421
Chulec	177	-11° 30' 00"	-75° 58' 00"	3720	3602	410
Paccha	183	-11° 28' 26"	-75° 57' 36"	3750	1883	404
Las Vegas	196	-11° 25' 02"	-75° 54' 14"	3800	-	318
Caripa	201	-11° 22' 50"	-75° 53' 05"	3995	7301	362
Tilarniocc	205	-11° 20' 00"	-75° 55' 00"	3964	4489	359
La Cima	208	-11° 17' 34"	-75° 54' 57"	4280	5622	491
Condorín	214	-11° 15' 04"	-75° 51' 42"	4000	-	378
Chacamarca	220	-11° 11' 05"	-75° 58' 49"	4107	2441	428
Junín	228	-11° 09' 32"	-75° 59' 35"	4015	12084	464
Uco	230	-11° 05' 18"	-76° 00' 46"	4115	1583	331
Huayre	236	-11° 00' 00"	-76° 07' 00"	4200	684	361
Carhuamayo	259	-10° 55' 00"	-76° 02' 00"	3999	8386	409

La Tabla 2 presenta los valores de la región de Junín, desde Morococha hasta Carhuamayo (119 km), prácticamente una planicie de puna donde la altura tiene un promedio unos 4000 msnm, sin embargo como podemos notar que la zona de Morococha (602 nSv/h) tiene una diferencia muy importante con respecto al promedio de dosis en el departamento (408 nSv/h).

Tabla N.º 3. REGIÓN PASCO

Localidad	Km	Latitud	Longitud	msnm	pob	nSv/h
Tambo del Sol	261	-10° 52' 00"	-76° 07' 00"	3982	-	373
Ninacaca	266	-10° 52' 00"	-76° 01' 00"	3984	3819	419
Shelby	281	-10° 48' 00"	-76° 15' 00"	3629	4107	383
Vicco	-	-10° 50' 44"	-76° 14' 42"	4140	3682	258
Ricran	-	-10° 46' 00"	-76° 14' 00"	4130	4107	507
Cochamarca	-	-	-	4120	-	453
Huallay	-	-11° 00' 13"	-76° 21' 12"	4328	8070	531
Tinyahuarco	289	-10° 44' 00"	-76° 14' 00"	4275	4602	494
Yanamate	296	-10° 33' 03"	-76° 41' 35"	4400	-	473
Leongasha	308	-	-	4400	-	390
Pariamarca	313	-10° 26' 35"	-76° 27' 53"	4400	-	469
La Quinua	296	-10° 36' 00"	-76° 10' 00"	3961	4107	484
Chicrin	324	-10° 35' 00"	-76° 09' 00"	3738	4107	328
Presa de Cajamarquilla	328	-	-	-	-	431
Cajamarquilla	329	-10° 30' 00"	-76° 07' 00"	3007	1170	418
Malachuaca	331	-	-	-	-	416
Batanchaca	333	-10° 29' 18"	-76° 10' 37"	-	-	324
Huariaca	342	-10° 26' 30"	-76° 11' 25"	2941	7962	346

Tabla N.º 4. REGIÓN HUÁNUCO

Localidad	Km	Latitud	Longitud	msnm	pob	nSv/h
San Rafael	355	-10° 20' 17"	-76° 11' 00"	2694	11604	308
Ambo	385	-10° 07' 59"	-76° 12' 17"	2064	15745	311
Tomayquichua	391	-10° 04' 27"	-76° 12' 36"	2200	4488	340
Huanuco	405	-09° 57' 58"	-76° 14' 30"	1894	118774	326
Cullcuy	415	-09° 53' 07"	-76° 11' 49"	-	-	327
SM del Valle	417	-09° 51' 00"	-76° 08' 00"	1979	18773	274
Puente Taruca	423	-09° 52' 00"	-76° 10' 00"	1817	-	262
Chulqui (peaje)	428	-	-	-	-	285
Churubamba	-	-09° 50' 00"	-76° 06' 00"	1920	7855	269
Control Rancho	432	-	-	1600	-	281
Acomayo	450	-09° 46' 15"	-76° 05' 17"	2110	7952	287
Pacchachupan	451	-09° 45' 00"	-76° 05' 00"	2764	-	298
Mayubamba	-	-09° 45' 20"	-76° 05' 37"	2510	-	328
Dos aguas	454	-	-	-	109	358
Cancejos	456	-	-	-	246	259
Carpish	457	-09° 40' 20"	-76° 00' 00"	2800	140	324
Mirador	463	-	-	-	-	317
Challana	483	-	-	-	147	230
Puente Voladizo	490	-	-	-	-	382
Cayumba	493	-09° 27' 37"	-75° 57' 08"	800	253	258
Monterrey	501	-09° 26' 12"	-75° 55' 45"	-	108	166
Las Palmas	510	-09° 20' 00"	-75° 58' 00"	877	3696	248
Tingo María	525	-09° 18' 00"	-75° 59' 01"	652	43152	318

En la Tabla 3 encontramos los valores del tramo que corresponde a la región Pasco con promedio de 441 nSv/h, carretera que va desde Ninacaca hasta Huariaca, unos 74 km, la mayor parte planicie alta pero en los últimos kilómetros descendemos con dirección a Huánuco. Aquí resaltamos la intensidad de radiactividad en Ricrán (507 nSv/h) y Huayllay (531 nSv/h).

La Tabla 4 corresponde a la región Huánuco desde San Rafael hasta Tingo María, se trata de una carretera que cubre una zona muy accidentada, primero un descenso rápido hasta Chulqui, luego un ascenso hasta el túnel de Carpish (2700 msnm), y a continuación un descenso vertiginoso caracterizado por un denso bosque de neblina para llegar finalmente a Tingo María, todo el trayecto con un promedio de 293 nSv/h.

V. CONCLUSIONES

Los promedios parciales de dosis para Lima son de 325 nSv/h, Junín 408 nSv/h, Pasco 441 nSv/h y Huánuco 293 nSv/h.

El promedio general de dosis natural en las cuatro regiones es de 367 nSv/h.

Las localidades de mayor radiación de fondo son Casapalca y abra Anticona (Lima), Morococha (Junín), Tinyahuarco, Ricrán y Huayllay (Pasco), las que en conjunto tienen un promedio de 539 nSv/h

Las localidades de mayor radiación natural corresponden a zonas mineras, donde debido a la tercerización del trabajo y el exceso de placas de rayos X tomadas a los mineros durante el año (Ramírez, 2002), los resultados constituyen datos importantes a tomarse en cuenta para eviatar sobreexposición.

VI. REFERENCIAS

1. Gonzales, A. Los efectos biológicos de las dosis bajas de radiación ionizante: una visión más completa. *Boletín del OIEA*, N.º 4. 1994.
2. Manosalva, J. Radiación Ambiental en la zona central del Perú. *Revista del Instituto de Investigaciones FGMMG*. Vol. 9, N.º 18: 78-81. UNMSM. 2006.
3. Mohammadi, S., M. Taghavi-Dehaghani, M. Gharaati, R. Masoomi and M. Ghiassi-Nejad. Adaptative response of blood lymphocytes of inhabitants residing in high background radiation areas of Ramsar – Micronuclei, apoptosis and comet assays. *Journal of Radiation Reserch*, 47, 279-285. 2006.
4. Mortazavi, S.M.J., T. Ikuhima, H. Mozdarani, and A.A. Sharafi. Radiation Hormesis and Adaptative Responses Induced by Low Doses of Ionizing Radiation. *Journal of Kerman University of Medical Science*. Vol 6, N.º1: 50-60. 1999.
5. Ramírez, A. Tercerización del trabajo y sobreexposición a radiación ionizante en postulantes a services de minería. *Anales de la Facultad de Medicina*. UNMSM. Vol. 63, N.º 4: 291-300. 2002.
6. Sohrabi, M. Recent radiological Studies of high background radiation areas of Ramsar. Proceeding of International Conference on High Levels of Natural Radiation (ICHLNR), Ramsar, Iran.: 3-7. 1990.
7. Tabarraie, I., S. Refahi, M.H. Dehghan and M. Mashoufi. Impact of High Natural Background Radiation on Woman´s Primary Infertility. *Research Journal of Biological Science* 3(5): 534-536. 2008.
8. Zhang, W., C. Wang, D. Chen, M Minamihi-samatsu, H. Morishima, Y. Yuan, L. Wei, T. Sugahara and I. Hayata. Imperceptible effect of radiation on stable type chromosome aberration accumulated in the lymphocytes of residents in the high background radiation area in China. *Journal of Radiation Reserch*, 44, 69-74. 2003.

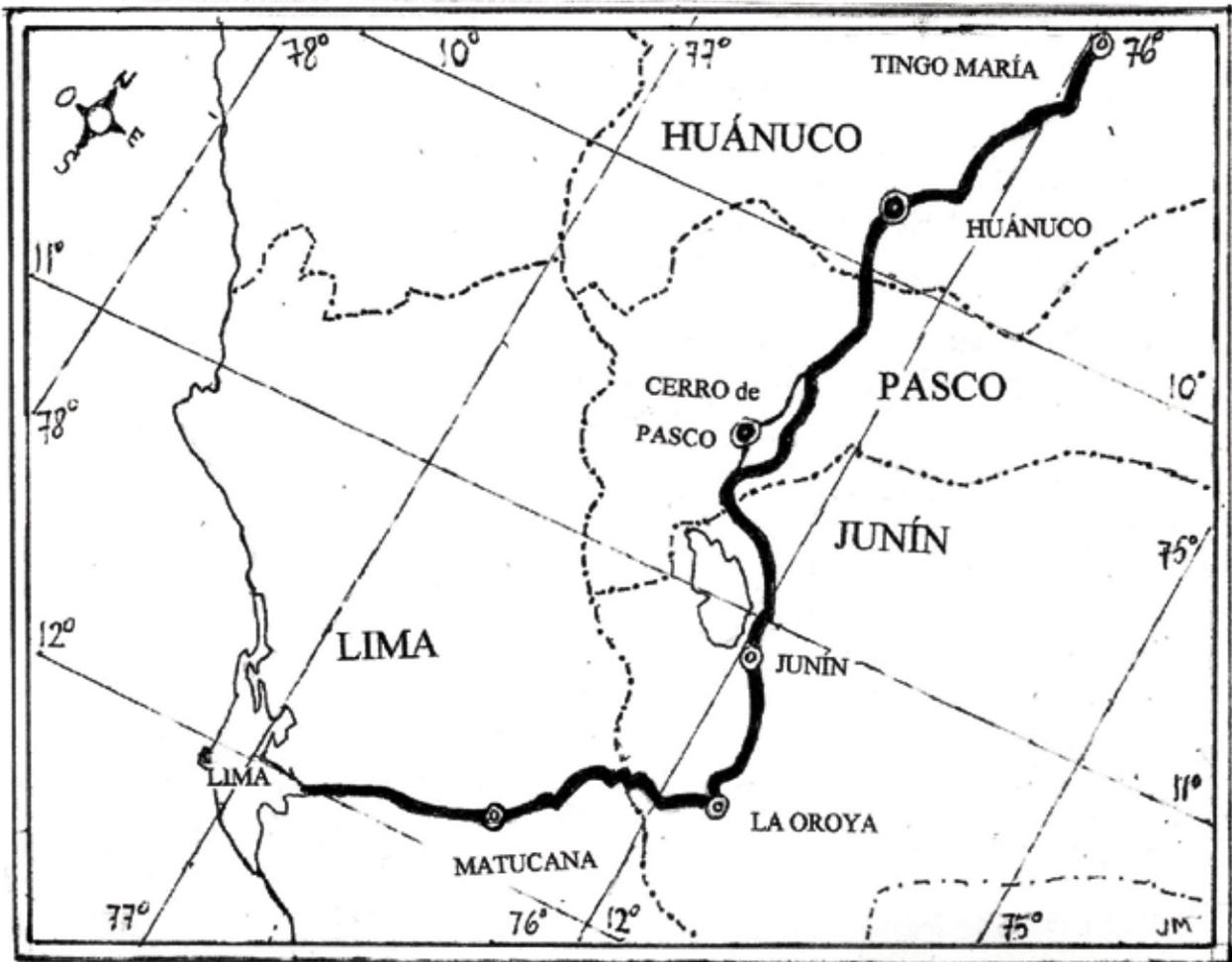


Figura N.º 1. Plano de la ruta vial Amazonas Centro.