

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN UN AMBIENTE DE INTERIOR DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN LUIS

NUÑEZ SADA, MARIA FLORENCIA¹; DAGUERRE, ALDO²; JURI AYUB, JIMENA³; MOGLIA, MARTA MATILDE²; DE ROSAS, JUAN PABLO³ Y CRINÓ, EDGAR²

1: PROICO 30716 Radiación Solar y Medio Ambiente.
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis
CP 5700
e-mail: florr.nunez@gmail.com

2: PROICO 30716 Radiación Solar y Medio Ambiente.
Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales, Universidad Nacional de San Luis
CP 5700
e-mail: aldobqca@gmail.com, mmmoglia@unsl.edu.ar

3: Instituto de Matemática Aplicada San Luis
Universidad Nacional de San Luis
CP 5700
e-mail: jimena.juriayub@gmail.com

Resumen. *Para evaluar la calidad del aire a la que se exponen las personas que trabajan y estudian en diferentes ámbitos de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL) se realizó, como primera instancia, un monitoreo de partículas aéreas (biológicas y no biológicas) y de concentración de gas radón, en uno de sus ambientes de interior. La importancia del estudio subyace, principalmente, en los problemas de salud que pueden causar: alergias y cáncer de pulmón. Se utilizaron un captador aerobiológico Lanzoni y un detector de radón RAD7, instalados en un subsuelo de la UNSL. Ambos funcionaron continuamente durante una semana, en octubre de 2016 y febrero de 2017, analizándose en forma conjunta tres franjas horarias. El registro aerobiológico mostró mayor abundancia de partículas totales en la franja nocturna, predominando las biológicas. La concentración de radón varió entre < 1 Bq/m³ y 35 Bq/m³, sin superar el máximo permitido para ambientes cerrados. La franja de mayor concentración de Rn coincidió con la de mayor abundancia de aeropartículas, concordando con los horarios en los que el edificio permanece cerrado. Los menores niveles de Rn ocurrieron en franjas diurnas. La calidad del aire puede considerarse buena debido, probablemente, a la elevada ventilación del lugar*

Palabras clave. Aerobiología, radón, calidad del aire

1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad del aire en ambientes de interior tiene gran importancia para la salud de las personas, ya que los habitantes de áreas urbanas pasan más del 80% del día dentro de edificios cerrados. En particular, un 25-30% del tiempo que transcurren en ambientes de interior corresponde a lugares de trabajo y/o estudio [1]. El aire atmosférico

puede estar contaminado por radiación o por partículas en suspensión inertes y/o biológicas [2]. Estas últimas son objeto de estudio de la Aerobiología, que evalúa la diversidad y abundancia de bioaerosoles atmosféricos, principalmente esporas y pólenes [3]. La importancia del estudio de las aeropartículas se debe, principalmente, al carácter alergénico de las mismas [4]. La contaminación por la radiación derivada de la roca madre y materiales de construcción es objeto de estudio de una rama de la Radioecología: la Geobiología. Entre los gases ionizantes más frecuentes y nocivos en el aire se encuentra el radón, siendo su determinación y control un factor determinante de la calidad de aire en ambientes de interior. Este gas es el principal causante de cáncer de pulmón entre los no fumadores y el segundo entre los fumadores [5].

El monitoreo de la calidad biológica del aire se realiza en países del hemisferio norte, principalmente europeos, desde hace más de tres décadas. En estos países existen redes aerobiológicas interconectadas que permiten, incluso, el seguimiento de las nubes de partículas [2], [4]. En Argentina, este tipo de estudios es más reciente, y data de algo más de 10 años, con estaciones de registro en sitios puntuales tales como La Plata, Buenos Aires, La Pampa, Bahía Blanca y Tucumán [6], [7]. En la provincia de San Luis, desde el año 2010, se realiza un muestreo continuo del aire exterior de la ciudad. Además, desde el año 2012, también se muestrea en un sitio de interior, en el cual se realizaron las mediciones aquí analizadas. El objetivo del trabajo fue evaluar las concentraciones de radón y de partículas biológicas y no biológicas, en un ambiente de interior altamente transitado de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), para inferir acerca de la calidad del aire al que se encuentran expuestas las personas que trabajan y/o estudian en este ambiente.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El muestreo se realizó en el subsuelo de la unidad edilicia más antigua de la Universidad Nacional de San Luis, construida a principios del siglo XX. Este edificio posee tres plantas y se encuentra emplazado en el centro de la ciudad de San Luis (Argentina). Durante periodos de una semana, en los meses de octubre de 2016 y febrero de 2017, se instalaron en el pasillo del subsuelo un captador volumétrico de impacto tipo Hirst, Lanzoni VPPS 2000 y un detector de radón RAD7. Ambos equipos funcionaron en forma continua. El análisis de los resultados se realizó por franjas horarias de 8 a 12 h (mañana), de 12 a 16 h (tarde), y de 23 a 3 h (noche).

Las muestras aerobiológicas se procesaron en el laboratorio utilizando la técnica de Wodehouse (1959). El análisis y conteo de partículas se realizaron con microscopio óptico a 40x. Para la identificación del contenido biológico de las muestras se utilizó una palinoteca de referencia perteneciente al laboratorio de Aerobiología, y atlas palinológicos (Gran Smith, 1984 y 1986) [8], [9]. Las partículas consideradas en el conteo fueron las de tamaño igual o mayor a 1 μm y se clasificaron en: biológicas (polen, esporas, hifas, restos de organismos animales y vegetales) y no biológicas (partículas diésel y otras). Las diferencias en el número de partículas entre fajas horarias fueron analizadas mediante test de los signos de Wilcoxon con el paquete estadístico Social Science Statistics [10], [11]. El mismo programa se utilizó para realizar la prueba U de Man-Whitney.

El monitoreo de gas radón se realizó mediante el registro del contenido de radón en aire, cada 30 minutos. Para cada franja horaria se reportaron los valores que corresponden a la media de las ocho medidas dentro de esa franja. Los datos fueron analizados a fin de testear la normalidad de su distribución, utilizando el software Origin 7 [12].

3. RESULTADOS

3.1. Aeropartículas

El registro aerobiológico mostró mayor abundancia de partículas totales en la franja horaria nocturna en ambos muestreos, predominando las biológicas sobre las no biológicas. Las partículas biológicas más abundantes fueron las esporas con un pico máximo de 13151 esporas/ m^3 de aire el 21 de febrero (Tabla 1). Dentro de estas partículas, las más abundantes fueron las de tipo *Cladosporium* con un pico máximo de 9412 esporas/ m^3 de aire el 21 de febrero (Tabla 2).

	Mañana				
	Esporas	Polen	Otras partículas biológicas	Partículas no biológicas	Partículas totales
26/10/2016	468 (6112)	4 (52)	49 (640)	166 (2168)	687 (8972)
27/10/2016	252 (3291)	5 (65)	36 (470)	259 (3383)	552 (7209)
28/10/2016	93 (1215)	0	15 (196)	50 (653)	158 (2063)
29/10/2016	176 (2299)	6 (78)	20 (261)	88 (1149)	290 (3787)
30/10/2016	274 (3578)	0	2 (26)	35 (457)	311 (4062)
31/10/2016	389 (5080)	9 (118)	63 (823)	113 (52)	574 (7496)
01/11/2016	17 (222)	3 (39)	8 (104)	4 (78)	32 (418)
15/02/2017	202 (2638)	3 (39)	9 (118)	6 (157)	220 (2873)
16/01/2017	161 (2103)	0	2 (26)	12 (157)	175 (2286)
17/02/2017	152 (1985)	1 (13)	5 (65)	11 (144)	169 (2207)
18/02/2017	134 (1750)	1 (13)	5 (65)	4 (52)	144 (1881)
19/02/2017	314 (4101)	5 (65)	20 (261)	163 (2129)	502 (6556)
20/02/2017	267 (3487)	11 (144)	19 (248)	270 (3526)	567 (7405)
21/02/2017	330 (4310)	0	17 (222)	206 (2690)	553 (7222)

Tarde					
26/10/2016	59 (771)	4 (52)	7 (91)	171 (2233)	241 (3147)
27/10/2016	108 (1410)	1 (13)	17 (222)	240 (3134)	366 (4780)
28/10/2016	237 (3095)	4 (52)	16 (209)	58 (757)	315 (4114)
29/10/2016	299 (3905)	3 (39)	31 (405)	146 (1907)	479 (6256)
30/10/2016	127 (1659)	2 (26)	12 (157)	29 (379)	170 (2220)
31/10/2016	211 (2756)	14 (183)	16 (209)	185 (2416)	426 (5564)
01/11/2016	437 (5707)	25 (327)	64 (836)	25 (327)	551 (7196)
15/02/2017	66 (862)	2 (26)	6 (78)	17 (222)	91 (1188)
16/01/2017	159 (2077)	15 (160)	12 (157)	6 (78)	192 (2508)
17/02/2017	299 (3905)	2 (26)	11 (144)	29 (379)	341 (4453)
18/02/2017	121 (1580)	1 (13)	9 (118)	10 (131)	141 (1841)
19/02/2017	229 (2991)	10 (131)	24 (313)	70 (914)	333 (4349)
20/02/2017	278 (3631)	25 (327)	17 (222)	173 (2259)	493 (6439)
21/02/2017	302 (3944)	22 (287)	27 (353)	208 (2716)	559 (7301)
Noche					
26/10/2016	863 (11271)	2 (26)	86 (1123)	117 (1528)	1068 (13948)
27/10/2016	155 (2024)	2 (26)	17 (222)	187 (2442)	361 (4715)
28/10/2016	93 (1215)	0	13 (170)	49 (640)	155 (2024)
29/10/2016	159 (2077)	0	17 (222)	100 (1306)	276 (3605)
30/10/2016	81 (1058)	1 (13)	4 (52)	7 (91)	93 (1215)
31/10/2016	322 (4205)	1 (13)	21 (274)	166 (2168)	510 (6661)
01/11/2016	85 (1110)	4 (52)	19 (248)	13 (170)	121 (1580)
15/02/2017	250 (3265)	4 (52)	7 (91)	57 (744)	318 (4153)
16/01/2017	259 (3383)	1 (13)	6 (78)	14 (183)	280 (3657)
17/02/2017	331 (4323)	0	8 (104)	14 (183)	353 (4610)
18/02/2017	163 (2129)	0	7 (91)	12 (157)	182 (2377)
19/02/2017	315 (4114)	4 (52)	18 (235)	230 (3004)	567 (7405)
20/02/2017	601 (7849)	11 (144)	17 (222)	217 (2834)	846 (11049)
21/02/2017	1007 (13151)	3 (39)	17 (222)	318 (4153)	1345 (17566)

Tabla 1. Contenido de partículas aéreas en el interior de un edificio de la UNSL expresado en partículas totales. Entre paréntesis se indica el valor en partículas/m³ de aire.

	<i>Cladosporium</i>		
	Mañana	Tarde	Noche
26/10/2016	159 (2081)	24 (314)	505 (6610)
27/10/2016	143 (1872)	51 (668)	109 (1427)
28/10/2016	41 (537)	84 (1100)	40 (524)
29/10/2016	85 (1113)	150 (1964)	61 (798)
30/10/2016	30 (393)	83 (1086)	15 (196)
31/10/2016	62 (812)	127 (1662)	162 (2121)
01/11/2016	5 (65)	86 (1126)	24 (314)

15/02/2017	59 (772)	44 (576)	81 (1060)
16/01/2017	91 (1191)	81 (1060)	164 (2147)
17/02/2017	42 (550)	161 (2107)	198 (2592)
18/02/2017	55 (720)	87 (1139)	103 (1348)
19/02/2017	111 (1453)	89 (1165)	129 (1689)
20/02/2017	45 (589)	80 (1047)	318 (4163)
21/02/2017	153 (2003)	91(1191)	719 (9412)

Tabla 2. Contenido de esporas tipo *Cladosporium* en el interior de un edificio de la UNSL expresado en partículas totales. Entre paréntesis se indica el valor en partículas/m³ de aire.

Los registros polínicos fueron mayores por la tarde. Se observaron dos picos máximos, el 1 de noviembre y el 20 de febrero, con valores de 340 granos/m³ de aire. Si bien el número de granos de polen contados en febrero (121) fue mayor que el de octubre (90), la diferencia entre las medianas de ambos meses no fueron significativas según la prueba U de Mann-Whitney (Z: -0.25156; p: 0.80258). Según la prueba de Wilcoxon de los signos, el número de partículas totales fue mayor durante la franja nocturna. No obstante, sólo se obtuvieron diferencias significativas entre la franja de la noche y la tarde y entre la noche y la mañana, durante la semana del mes de febrero (W: 2; valor crítico de W para N = 7 para $p \leq 0.05 = 2$, en ambas comparaciones). Asimismo, se encontraron diferencias significativas entre el número de esporas totales entre fajas horarias (tipos *Cladosporium*, *Alternaria* y otras) siendo significativamente mayor durante la noche que durante la mañana y la tarde (W= 0; valor crítico de W para N = 7 a $p \leq 0.052 = 2$, en ambas comparaciones).

Las aeropartículas encontradas en menor proporción fueron restos de insectos, hifas, restos vegetales y partículas diésel. Los restos de insectos, principalmente escamas de organismos del orden Lepidoptera, se registraron en bajas cantidades, aunque en las tres franjas horarias. Las hifas y los restos de organismos vegetales se registraron en concentraciones moderadas con poca fluctuación entre las tres franjas. Las partículas diésel sólo se registraron durante el día, principalmente en la franja de la mañana (Figura 1).

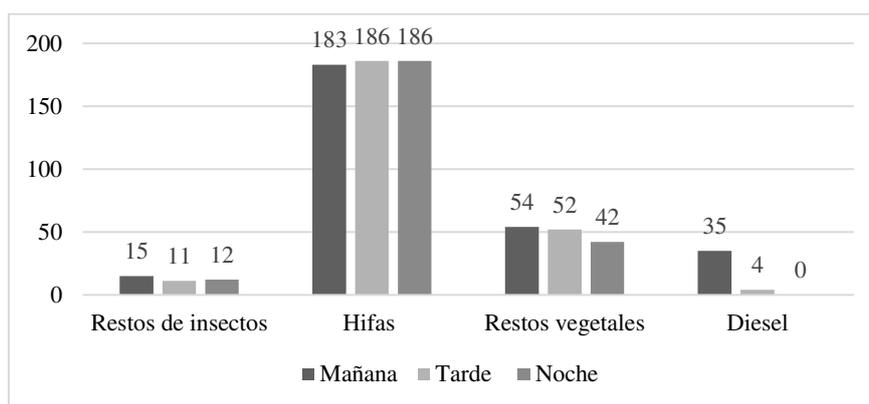


Figura 1. Concentración media de aeropartículas en el aire (partículas/m³ de aire).

3.2 Radón

La frecuencia de distribución de la concentración de radón para las 2 semanas evaluadas muestra una típica distribución log – normal hacia la izquierda, con mayor frecuencia de valores bajos de concentración (Figura 2) [13].

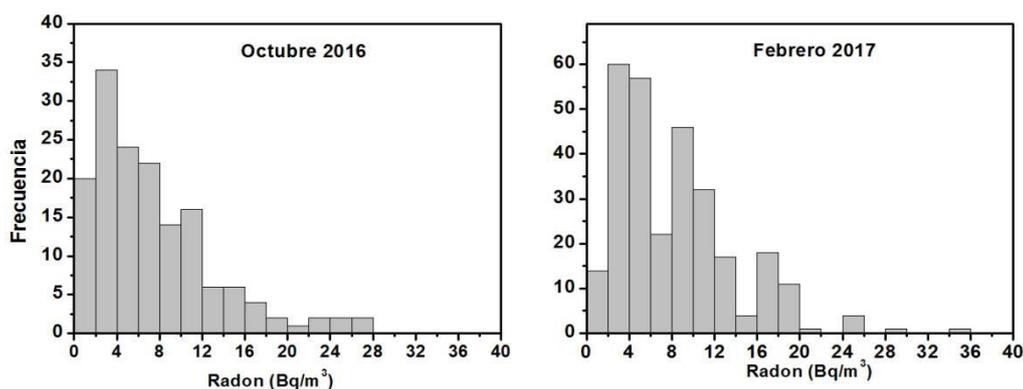


Figura 2. Distribución de la concentración de radón (Bq/m³)

La concentración de radón mostró amplias oscilaciones diarias con valores entre < 1 Bq/m³ y 35 Bq/m³. Los valores estimados en las franjas horarias analizadas, para cada día y cada semana fueron variables. Debido al tipo de distribución se reportan la media aritmética y la media geométrica. (Tabla 3).

Día	Octubre 2016			Día	Febrero 2017		
	Mañana	Tarde	Noche		Mañana	Tarde	Noche
	MG (MA)	MG (MA)	MG (MA)		MG (MA)	MG (MA)	MG (MA)
26/10/2016	3,8 (4,3)	2,7 (3,2)	4,7 (4,8)	15/02/2017	8,6 (10,5)	7,2 (7,6)	7,0 (7,5)
27/10/2016	3,3 (4,0)	2,6 (3,2)	7,9 (9,0)	16/02/2017	4,5 (5,1)	2,1 (2,4)	11,2 (13,2)

28/10/2016	2,9 (4,6)	4,4 (4,7)	8,7 (9,4)	17/02/2017	8,6 (11,1)	5,5 (7,2)	7,1 (7,8)
29/10/2016	3,0 (4,2)	3,7 (4,9)	11,9 (14,2)	18/02/2017	4,0 (5,5)	5,0 (6,5)	6,1 (6,7)
30/10/2016	8,5 (9,7)	8,1 (8,5)	4,2 (6,5)	19/02/2017	5,1 (6,1)	7,0 (8,1)	7,8 (10,8)
31/10/2016	3,4 (3,4)	7,5 (7,7)	17,5 (18,3)	20/02/2017	3,8 (4,2)	6,6 (7,3)	4,7 (5,8)
1/11/2016	4,7 (5,0)	1,4 (1,5)	3,2 (3,6)	21/02/2017	(6,6 (7,3)	5,8 (6,7)	8,0 (11,2)

Tabla 3. Valores de concentración de radón (Bq/m^3) por día y franja horaria, para octubre de 2016 y febrero 2017. MG: Media geométrica; MA: Media aritmética.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- Las concentraciones de polen fueron siempre bajas y se mantuvieron, la mayor parte del tiempo, dentro de los estándares que se consideran medianos o bajos para ambientes de interior, de menos de 100 granos/ m^3 de aire [14]. Solamente sobrepasaron esos límites seis días por la tarde, dos días por la mañana y un día por la noche. No obstante, se debe tener en cuenta que, incluso bajas concentraciones, pueden provocar reacciones alérgicas en las personas susceptibles. Los máximos registrados ocurrieron durante la franja horaria de la tarde, con un máximo de 327 granos/ m^3 de aire el día lunes 20 de febrero, cuando comenzaron las mesas de examen, luego del periodo de receso de verano, y hubo gran afluencia de alumnos. El mismo valor de granos de polen se registró el 1 de noviembre, coincidiendo con el pico de polinación de los eucaliptos que crecen en el patio exterior, al que se orienta la ventana del pasillo en el que se encuentra el captador.
- También se incrementó durante la semana de febrero el registro de esporas, llegando a 13151 esporas/ m^3 de aire el 21 de febrero, superando los umbrales considerados apropiados para interior de 10000 esporas/ m^3 de aire [14]. Este umbral fue también superado el 26/ de octubre con 11270 esporas/ m^3 de aire. En este aspecto, en un trabajo realizado en la cueva de Nerja [15] se obtuvieron los máximos registros de esporas en época de máxima afluencia de personas, quienes con su movimiento provocan la remoción de partículas depositadas en el suelo y otras superficies, que pasan a quedar suspendidas en el aire. A este efecto se puede atribuir el aumento de los registros de esporas en estas fechas.
- La franja de mayor concentración de Rn coincidió con la de mayor abundancia de aeropartículas, principalmente esporas fúngicas, y que concuerda con los horarios en los que el edificio permanece cerrado. En consecuencia, se podría inferir un mayor riesgo para la salud en las personas que realizan actividades durante la noche en el edificio, tales como tareas de vigilancia y algunas de investigación, si bien los valores de ambas variables se conservaron, en general, dentro de los estándares considerados saludables. En contraposición, las personas alérgicas al polen, estarían más expuestas durante la tarde. La calidad del aire puede considerarse buena debido, probablemente, a la elevada ventilación del lugar. Los resultados obtenidos pueden explicarse, principalmente, en relación con las actividades que se realizan en diferentes horarios y épocas del año en la UNSL.

REFERENCIAS

- [1] CARIÑANOS, P., ALCÁZAR, P., GALÁN, C., NAVARRO R. y DOMÍNGUEZ, E., “Aerobiology as a tool to help in episodes of occupational allergy in work places.”, *J invest allergol clin immunol*, Vol. 14, pp. 300-308, (2004).
- [2] MANDRIOLI, P. y COMTOIS, V, *Methods in Aerobiology*, Ed. Pitágoras, (1998).
- [3] GALAN, I. y CERVIGÓN, P. “Epidemiología del asma por polen de gramíneas.” En: QUIRALTE, J. QUIRCE, S. editor. *Las bases alérgicas del asma. Barcelona MRA ediciones*, (2010).
- [4] GALÁN SOLDEVILLA, C.; CARIÑANOS GONZÁLEZ, P.; ALCÁZAR TENO, P. y E., DOMINGUEZ VILCHES, *Manual de calidad y gestión de la Red Española de Aerobiología*, Ed. Argos impresores S. L. Universidad de Córdoba, (2007).
- [5] UNSCEAR. *Sources and Effects of Ionising Radiation*, United Nations Publication, Vol I y II, (2000).
- [6] MURRAY M.G., VILLAMIL, C.B. y SCOFFIELD, R. L., “Comparación del contenido polínico del aire en la ciudad de Bahía Blanca y en dos áreas con vegetación natural”, *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. Vol. 38, supl. 299, (2003).
- [7] NITIU, D. S., “Estudio del polen atmosférico y su relación con la vegetación local. La Plata, Argentina.” *Acta Botánica Malacitana*. Vol. 34, pp 189-199, (2009).
- [8] GRANT SMITH, E., *Sampling and identifying allergenic pollens and molds. An illustrated and Lad Technicians*, Ed. Blewstone Press, Vol. 1, (1984).
- [9] GRANT SMITH, E., *Sampling and identifying allergenic pollens and molds. An illustrated and Lad Technicians*, Ed. Blewstone Press, Vol. 2, (1986).
- [10] <http://www.socscistatistics.com/tests/signedranks/>. Social Science Statistics. Wilcoxon Signed-Rank Test Calculator. (Accedido 07-05-2016).
- [11] <http://www.socscistatistics.com/tests/mannwhitney/>. Social Science Statistics. Mann-Whitney U Test Calculator (Accedido 07-05-2016).
- [12] ORIGIN. Scientific graphing and Analysis Software. Versión 7. OriginLab Corporation. www.originlab.com (2002).
- [13] LEE, CH-M., KWON, M., KANG D., PARK, T., PARK, S., KWAK, J., “Distribution of radon concentrations in child-care facilities in South Korea.”, *Journal of Enviromental Radioactivity*, Vol. 167, pp. 80-85, (2017).
- [14] BAXTER, D. M., *Air-o-cell. Method Guide & Particle Atlas*, Enviromental Analysis Associates, (2013).
- [15] DOCAMPO S., TRIGO M. M., “Anthropic activity and its influence on a natural cavity: effects on fungal spore levels in the air of the Cave of Nerja.”, *Coalition*, Vol. 20, pp. 1-7, (2010).
- [16] EPA. Building Air Quality Action Plan. U.S. Environmental Protection Agency and the National Institute for Occupational Safety and Health, www.epa.gov/pubs, (1998)