

## MATERIAL PARTICULADO Y COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES EN AIRE EXTRAMUROS DEL PARTIDO DE LOMAS DE ZAMORA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES. EFECTOS ASOCIADOS SOBRE LA SALUD JUVENIL.

BLANCO ESTEBAN<sup>1</sup>, LAFFLITTO CRISTINA<sup>1</sup>, COLMAN LERNER ESTEBAN<sup>2</sup>, PENIDA MATIAS<sup>1</sup>, AGUILAR MYRIAM<sup>2</sup>, GIULIANI DANIELA<sup>2</sup> Y PORTA ANDRÉS<sup>1,2</sup>.

1: Grupo Ambiental Territorial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Lomas de Zamora, Avda. Juan XXIII y Ruta Provincial 4.

E-mail: erblanco963@yahoo.com.ar, cristinalafflitto@yahoo.com.ar, matiaspenida@gmail.com

2: Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata. Calle 115 y 47, La Plata.

e-mail: jecolman@quimica.unlp.edu.ar, lucaty73@yahoo.com.ar, danielag\_sm32@hotmail.com, aporta@quimica.unlp.edu.ar.

**Resumen.** *Se presentan las concentraciones de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y del material particulado en suspensión (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>) en aire extramuros del partido de Lomas de Zamora, además del grado de afectación a nivel del sistema respiratorio en chicos con edades entre 12 y 17 años.*

*La metodología aplicada consiste en el relevamiento de material particulado (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>) utilizando un muestreador de bajo caudal MiniVol TAS, y de COVs mediante monitoreo pasivo (3M 3500). Las espirometrías se realizaron mediante un espirómetro portátil y metodología ATS (American Thoracic Society). Los niveles de COVs fueron determinados por cromatografía gaseosa /FID, comprendiendo n-alcanos, cicloalcanos, aromáticos, clorados, terpenoides y cetonas.*

*En cuanto a los niveles de material particulado (medianas expresadas en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), se obtuvieron MP<sub>2,5</sub>: 17,6 y MP<sub>10</sub>: 39,5 para La Facultad de Ingeniería UNLZ (muestras 2015-2016) y MP<sub>2,5</sub>: 11,7 y MP<sub>10</sub>: 54,4 (solo 2016) para la Escuela Tecnológica. Respecto a los valores obtenidos en COVs, las muestras (2014-2016) de la Facultad de Ingeniería se encuentran en un rango comprendido entre 1,2 y 4,7  $\mu\text{g m}^{-3}$  para las distintas familias y de 20  $\mu\text{g m}^{-3}$  en COVs totales. Los valores correspondientes al Parque industrial (Almirante Brown) son entre 3,6 y 7,8 veces superiores, con 125  $\mu\text{g m}^{-3}$  para COVs totales, mientras que los valores hallados para la escuela presentan valores intermedios, más cercanos a los de Facultad de Ingeniería. Entre los COVs detectados, se destacan benceno, tolueno y xilenos, además de alcanos con cadenas de carbono entre 7 y 12 átomos de carbono y compuestos clorados.*

*Asimismo fueron relevados 98 cuestionarios epidemiológicos y realizadas 94 espirometrías a alumnos de 1ro a 3er año (12 y 15 años) y 4 a docentes del primer ciclo de secundaria básica de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria "Ing. Carlos E. Giúdice".*

**Palabras clave:** Contaminación del aire, Compuestos orgánicos volátiles, Espirometrías.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud MS<sup>i</sup> informa que en 2012, 7 millones de personas murieron como consecuencia de la exposición a la contaminación atmosférica, confirmando que ésta constituye el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo, particularmente para las poblaciones de los países en desarrollo. Por otro lado, la Agencia internacional de investigación sobre el cáncer (IARC) en su informe de prensa 221/13<sup>ii</sup> categoriza al aire extramuros contaminado como carcinogénico comprobado, categoría I. Ese informe se hace eco de la evidencia epidemiológica que correlaciona la exposición crónica a contaminantes relacionados con la producción industrial y el tráfico vehicular, como material particulado (MP), metales, hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), compuestos orgánicos volátiles (COVs), todos con efectos adversos sobre el desarrollo y la función pulmonar, sobre el sistema cardiovascular, e incremento de la mortalidad [1-3].

Hay abundante bibliografía respecto a qué niveles de exposición y qué tipo de MP afecta a la salud humana. En los años noventa se informaron efectos en la salud asociados a concentraciones inesperadamente bajas de MP ambiental. Estos estudios incluyeron cambios diarios en la concentración de MP y la mortalidad en varias ciudades de los EEUU; otras investigaciones prospectivas de cohortes informaron exposición a largo plazo de MP asociada con enfermedades respiratorias en niños y mortalidad cardiopulmonar en adultos; y otros estudios informaron que la contaminación de partículas estaba asociada con una amplia gama de puntos finales de salud, incluyendo hospitalizaciones, función pulmonar y síntomas respiratorios, ausencias escolares y mortalidad. La convergencia de estos resultados reveló una masa crítica de pruebas que llevaron a reconsiderar los efectos del aire contaminado con MP en concentraciones entre bajas y moderadas, que motivó mucha más investigación que continúa en la actualidad, publicándose numerosos estudios críticos sobre la contaminación atmosférica y sus efectos en la salud pública que indican la importancia de lograr una franca disminución de la contaminación del aire [1-4].

Con estos antecedentes, adquiere particular relevancia el acuerdo firmado por Argentina junto a los países de América Latina denominado “Plan de Acción Regional de Cooperación Intergubernamental en Materia de Contaminación Atmosférica para América Latina y el Caribe” (Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable, Res. 1327/2014) que dio origen al Plan de Acción Nacional sobre Contaminación Atmosférica, que cuenta entre sus objetivos establecer una base de datos de alcance nacional sobre la calidad del aire, todavía todo en implementación.

---

i WHO (2014), <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

ii IARC (2013), [http://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221\\_E.pdf](http://www.iarc.fr/en/mediacentre/iarcnews/pdf/pr221_E.pdf)

En este contexto, y con el objetivo de contribuir a determinar la zona de influencia de la Universidad de Lomas de Zamora, desde hace prácticamente cinco años venimos trabajando en la determinación de contaminantes del aire extramuros (COVs, MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>) y efectos asociados sobre la salud pública en la región, en particular el grado de afectación a nivel del sistema respiratorio en chicos con edades entre 12 y 17 años. Ya en la reunión anterior de PROIMCA presentamos un grupo de resultados preliminares, en esta oportunidad los ampliamos y discutimos acerca de su significado respecto a posibles impactos en la salud de la población expuesta.

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Región de estudio**

El partido de Lomas de Zamora se encuentra al sud de la ciudad autónoma de Buenos Aires y cuenta con una superficie de 89 km<sup>2</sup> y una población (INDEC 2010, 6) total de 616.279 habitantes con una densidad de 6.924 hab/km<sup>2</sup>. Se trata de un Partido del segundo cordón industrial del conurbano bonaerense netamente urbano (100%).

En función de los relevamientos anteriores se puede establecer como fuentes principales de emisión de contaminantes al aire tanto al parque automotor (automóviles, camiones, colectivos), como a las emisiones provenientes del sector productivo.

En este estudio se muestrearon tres sitios distintos (Figura 1):

- La Facultad de Ingeniería UNLZ (FI), en el predio de rectorado, Avda. Juan XXIII y Ruta Provincial 4, Lomas de Zamora.
- Indelama SRL, carpintería industrial cuyo predio es sede del primer ciclo de la Escuela Tecnológica Preuniversitaria “Ing. Giúdice”, P. Suarez 349, Montegrande.
- El Sector Industrial Planificado de Alte. Brown, o Parque industrial Burzaco, L.M. Drago y J. Melián, Burzaco.

### **2.2. Encuestas Epidemiológicas**

En esta segunda etapa se trabajó con los alumnos del primer ciclo la Escuela Tecnológica Preuniversitaria Ing. Carlos Giúdice, ubicada en el predio de Indelama SRL, contando a tal efecto con la autorización de su Directora, Prof. Estela Campos, y el acompañamiento de los docentes y los estudiantes de la misma. El apoyo de la Escuela resulta fundamental como espacio de articulación para la implementación de las encuestas, las espirometrías y el monitoreo.

Respecto a las encuestas, además de contar con el espacio para solicitar el “Consentimiento” para la Realización de Cuestionarios y del “Asentimiento” para la realización de la espirometría, en ella se solicitan los datos personales del participante del estudio, de la zona de residencia y vivienda familiar (protocolizado según INDEC), tendiente a identificar fuentes posibles de contaminantes en su domicilio y/o en la zona de residencia, además de la situación socioeconómica familiar, de la actividad escolar, de

enfermedades anteriores (vinculadas con afecciones del sistema respiratorio) y de hábitos personales y familiares (tabaquismo, entre otros). Un total de ocho páginas. Estas encuestas se derivan de las aprobadas oportunamente por el Comité de Ética del Hospital de niños de La Plata. Se relevaron 94 encuestas correspondientes a los estudiantes de 1ro, 2do y 3er año, además de 4 docentes.

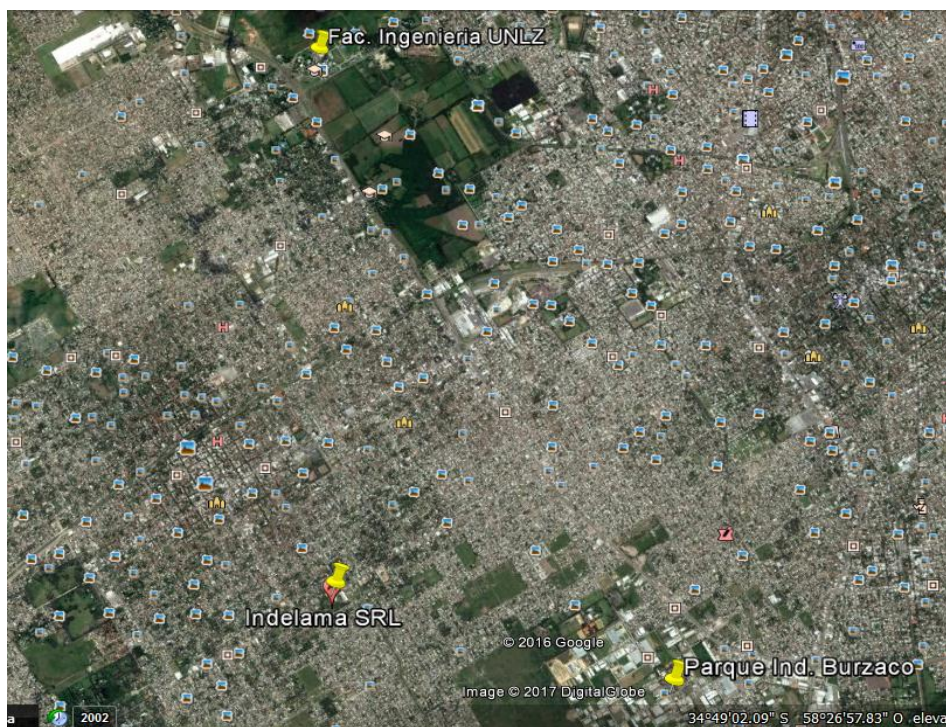


Figura 1: ubicación de los sitios de muestreo dentro del partido de Lomas de Zamora

## 2.2. Determinación de parámetros fisiológicos.

La medición objetiva de la función pulmonar se determina mediante la espirometría. Este es un ensayo clínico que permite medir el volumen de aire que un individuo inhala o exhala en función del tiempo; también permite medir flujos o la tasa de cambio de volumen en función del tiempo, entre ellos la capacidad vital forzada (CVF), el volumen espiratorio forzado en el primer segundo (VEF1), y la relación VEF1/CVF.

Se realizaron unas 94 espirometrías, de las que fueron descartadas 7 por no cumplir con los requisitos de calidad. Para cada participante se realizaron mínimo 3 ensayos, y fueron incorporados a la base sólo aquellos que cumplieran con los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad reconocidos internacionalmente<sup>iii</sup>. Las espirometrías se realizaron en las escuelas, previo consentimiento firmado de los padres. Junto con las espirometrías se

<sup>iii</sup> De la American Thoracic Society (<http://www.thoracic.org>) y de la European Respiratory Society (<http://dev.ersnet.org/>)

relevan también peso, talla, edad y otros datos complementarios [5-7].

### 2.3 Muestreo COVs.

Los monitoreos se desarrollaron colocando equipos pasivos (3M 3500) durante 30 días, período que permite alcanzar la sensibilidad adecuada y obtener una muestra integrada de la concentración de exposición para quienes habitan en ese lugar. Se colocaron a cubierta de la lluvia, entre 1,5 a 2 metros de altura [6-9]. Tres de ellos se ubicaron en la Facultad de Ingeniería UNLZ, dos en Indelama y uno en el Parque Industrial Burzaco.

#### *Análisis de COVs*

Fue utilizado un método de separación y cuantificación para 20 COVs (n-hexano, n-decano, n-dodecano, ciclohexano, metilciclohexano, tricloroetileno, tetracloroetileno, metiletilcetona, metilisobutilcetona, 2-hexanona, benceno, tolueno, etilbenceno, m-xileno, p-xileno, o-xileno, estireno, naftaleno, cumeno y limoneno), mediante el uso de soluciones estándares de los mismos.

El equipamiento y las condiciones óptimas establecidas para la realización de los análisis fueron: cromatógrafo gaseoso Agilent serie 6890N, columna zebron ZB-624 de 30 m x 320  $\mu\text{m}$  x 1,80  $\mu\text{m}$ , detección FID (250 °C), rampa de temperatura: 35 °C/min; 6 °C/min hasta 160 °C (36 minutos totales). Inyector modo split (145 °C), carrier H<sub>2</sub>, caudal 3,7 ml min<sup>-1</sup>. El rango de linealidad queda comprendido entre 1 y 100 mg l<sup>-1</sup> en la inyección [7-9]. Los datos meteorológicos utilizados provienen de la estación meteorológica de Ezeiza del Servicio Meteorológico Nacional (<http://www.smn.gov.ar/>).

### 2.4. Material particulado

Para el muestreo y análisis de material particulado y compuestos asociados, se realizaron muestreos de material particulado inhalable (partículas < 10  $\mu\text{m}$ ) y respirable (partículas < 2,5  $\mu\text{m}$ ) utilizando un muestreador MiniVol TAS. Fueron tomadas 3 muestras, dos en la Facultad de Ingeniería y otra en Indelama, durante 6 días para MP2,5 y 3 días para MP10; utilizando metodologías de muestreo estandarizadas [6-8].

Las muestras de material particulado fueron recolectadas por medio de una bomba, donde el aire es forzado a pasar a través de un separador de tamaños de partículas (mediante impactadores) y luego a través de un medio filtrante, donde queda depositado el material particulado a analizar, con una tasa real de flujo volumétrico de 5 l min<sup>-1</sup>. Como medio filtrante se utilizaron filtros de politetrafluoroetileno (PTFE) y de fibra de vidrio de 46,2 mm de diámetro. Los mismos son pesados antes y después del muestreo en condiciones estabilizadas, y la concentración del material particulado en cada muestra se determina mediante la razón de la masa recogida y el volumen total de aire que pasó a través del filtro [6-8].

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de las medianas correspondientes a material particulado ( $MP_{10}$  y  $MP_{2,5}$ ) expresados en  $\mu\text{g m}^{-3}$ , se muestran en la Tabla 1.

Sitio	Fac. Ing. Abril 2015	Fac. Ing. Sept. 2016	Fac. Ing. Mediana	Indelama Sept. 2016
$MP_{2,5}$ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	25,4	9,9	<b>17,6</b>	<b>11,7</b>
$MP_{10}$ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	32,6	46,3	<b>39,5</b>	<b>54,4</b>

**Tabla 1: valores obtenidos para MP en los distintos relevamientos.**

Estos valores se encuentran dentro del rango habitual para áreas urbanas con elevada concentración de tránsito vehicular, es el caso de FI, ubicada a unos 250 m de la intersección de dos de las principales arterias de la región: Ruta Provincial N° 4 (Camino de Cintura) y Avenida Juan XXIII; e intermedio entre urbana e industrial, en el caso de Indelama. En la Tabla 2 se presentan valores hallados en otras ciudades y los normativos de la OMS y la provincia de Buenos Aires.

Área	Lomas de Zamora	Tandil	Bahía Blanca	La Plata	Valor guía OMS (10)	Ley 5965 PBA
<b><math>MP_{10}</math> (<math>\mu\text{g m}^{-3}</math>)</b>						
Industrial	54,4	49.1	117.1	62.0	20	50
Urbana	39,5	24.8	138.1	31.5		
Residencial	----	37.7	52.9	33.8		
<b><math>MP_{2,5}</math> (<math>\mu\text{g m}^{-3}</math>)</b>						
Industrial	11,7	11.5	105.5	33.7	10	—
Urbana	17,6	15.75	58.0	18.0		
Residencial	----	7.0	32.0	18.2		

**Tabla 2: comparación de los valores obtenidos con sitios similares en otras ciudades.**

Comparando los valores obtenidos con los correspondientes valores guía indicados por la OMS:  $10 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $MP_{2,5}$ ) y  $20 \mu\text{g m}^{-3}$  ( $MP_{10}$ ), para media anual [10], éstos resultan sobrepasados en ambos casos en Lomas de Zamora. Respecto a las normas provinciales para  $MP_{10}$  ( $50 \mu\text{g m}^{-3}$  para media anual), éste es superado por los valores de Indelama.

Un análisis complementario se puede realizar a instancias de la directiva OMS para Europa y de la misma Unión Europea, que clasifican la calidad del aire y el nivel de contaminación en función de rangos de concentraciones de  $MP_{10}$ , incluso asociando a los mismos el incremento de mortalidad, como se muestra en la Tabla 3. En este caso, se

observa cómo mientras los niveles de  $MP_{10}$  de FI se corresponden a una buena calidad del aire y contaminación normal, sin incremento de mortalidad asociado; el nivel encontrado en Indelama se corresponde con una pobre calidad del aire, contaminación elevada y un incremento de la mortalidad del 1,2%.

Rango $MP_{10}$ ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Calidad del aire <sup>a</sup>	Nivel de contaminación del aire <sup>a</sup>	Incremento de la mortalidad <sup>b</sup>	Datos experimentales
0-25	Excelente	Bajo		
25-50	Bueno	Normal	0	Fac. Ingeniería (39,5)
50-75	Pobre	Elevado	1,2 %	Indelama (54,4)
75-100	Malo	Muy elevado	2,5 %	
100-150	Muy malo		5 %	

a. European legislation [11]; b. WHO guidelines for Europe [12]

**Tabla 3. Concentración de  $PM_{10}$  obtenida comparada con niveles guía para calidad de aire de OMS y Unión Europea.**

Por otro lado, los valores obtenidos en COVs (2014-2016) se presentan en la Tabla 4.

COVs ( $\mu\text{g m}^{-3}$ )	Fac. Ing. mayo 2014	Parque Burzaco abril 2015	Fac. Ing. abril 2015	Indelama nov. 2015	Indelama sept. 2016	Fac. Ing. sept. 2016
Alcanos	4,26	20,19	3,12	8,04	5,78	3,92
Comp. clorados	0,08	7,40	1,15	1,74	7,54	1,30
BTEX	4,58	42,15	4,67	29,07	15,22	8,62
Benceno	0,40	2,72	0,38	1,30	0,68	0,48
Ald. y cetonas	18,38	170,51	0,05	0,12	0,30	0,07
COVs Totales	27,70	242,97	18,96	80,54	72,80	29,37

BTEX: benceno, tolueno, etilbenceno, xilenos

Tabla 4: valores obtenidos para COVs en los distintos relevamientos.

Se observa un gradiente asociado a las fuentes cercanas de cada sitio, por ejemplo si consideramos los COVs totales, los valores correspondientes al Parque industrial son prácticamente nueve veces superiores a los de FI, mientras que los valores hallados para la escuela presentan valores intermedios. De particular interés resultan los valores obtenidos para benceno (medianas en  $\mu\text{g m}^{-3}$ ): 2,7 (Parque Industrial), 1,3 (Indelama) y 0,52 (FI). Todos menores a los valores obtenidos en La Plata (2,2 – 3,1  $\mu\text{g m}^{-3}$ ), que no

generarían incremento en el riesgo a cáncer por exposición a benceno [9].

Respecto al estudio de funcionalidad pulmonar, en la Tabla 5 se puede observar que de las 87 espirometrías, el 22,99% (20) correspondían a mujeres y el 77,01% (67) a varones. A su vez, 31 a estudiantes de 12 años: 7 (22,6%) mujeres y 24 (77,4%) varones; 28 a 13 años: 4 (14,3%) mujeres y 24 (85,7%) varones; para 14 años: 5 (26,3%) mujeres y 14 (73,7%) varones y para 15 años: 4 (44,4%) mujeres y 5 (55,6%) varones.

<b>Distribución de Edad Real * Genero</b>					
			Genero		Total
			Mujeres	Varones	
<b>Edad</b>	12	Recuento	7 (22,6%)	24 (77,4%)	31 (100%)
		% genero	35,00%	35,80%	35,60%
		% del total	8,00%	27,60%	35,60%
	13	Recuento	4 (14,3%)	24(85,7%)	28 (100%)
		% genero	20,00%	35,80%	32,20%
		% del total	4,60%	27,60%	32,20%
	14	Recuento	5 (26,3%)	14 (73,7%)	19 (100%)
		% genero	25,00%	20,90%	21,80%
		% del total	5,70%	16,10%	21,80%
	15	Recuento	4 (44,4%)	5 (55,6%)	9 (100%)
		% genero	20,00%	7,50%	10,30%
		% del total	4,60%	5,70%	10,30%
	<b>Total</b>	Recuento	20(23,0%)	67(77,0%)	87(100%)
		% genero	100,00%	100,00%	100,00%
		% del total	23,00%	77,00%	100,00%
<b>Descriptivos Generales</b>			<b>Mujeres</b>		<b>Varones</b>

**Tabla 5:**  
de edades por

**distribución  
género.**



	N	Mín.	Máx.	Media (SD)	N	Mín.	Máx.	Media (SD)	N	Mín.	Máx.	Media (SD)
Edad al estudio [a]	87	12,23	15,73	13,55 (0,90)	20	12,24	15,18	13,63 (1,04)	67	12,23	15,73	13,53 (0,86)
Peso [kg]	87	34,00	102	60,68 (15,43)	20	44	102	61,65 (13,39)	67	34	101	60,39 (16,06)
Talla [cm]	87	144,00	182	163,56 (8,33)	20	155	176	162,45 (5,35)	67	144	182	163,89 (9,63)
CVF [l]	87	2,00	5,1	3,36 (0,77)	20	2,28	3,65	3,03 (0,40)	67	2,00	5,10	3,46 (0,83)
VEF1 [l]	87	1,84	4,83	3,01 (0,67)	20	1,95	3,43	2,75 (0,41)	67	1,84	4,83	3,09 (0,71)

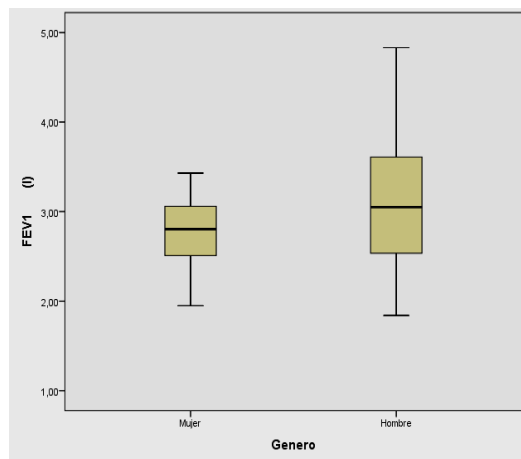
**Tabla 6. Distribución de años, Talla, Peso y Parámetros espirométricos en jóvenes 12- 15 años.**

El análisis descriptivo que se presenta en la Tabla 6 permite caracterizar la distribución de la población en función del género, edad, talla y peso, poniendo en evidencia que *a priori* son poblaciones comparables, sin embargo hay que manejar los datos con cuidado dado que los N por género son muy diferentes.

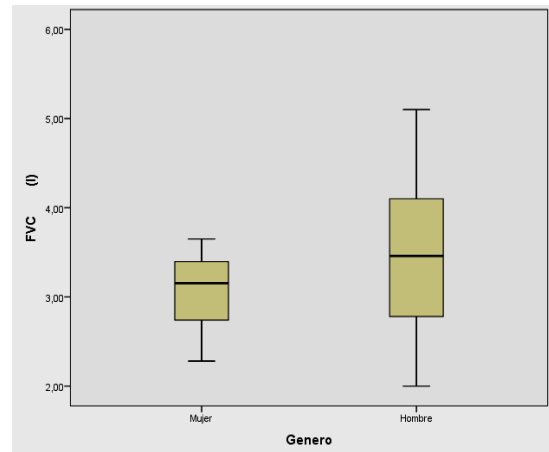
En la Figura 2 (VEF1) se observa simetría de los datos con relación a la mediana, pero con mayor dispersión para “hombre”. El bigote inferior en “hombres” presenta menor longitud que el superior, evidenciando una menor variación en los valores individuales respecto a los valores superiores. El comportamiento para la variable “mujer” es inverso. La amplitud intercuartílica (longitud de la caja que comprende al 50% de las observaciones) analizadas, es mayor para “Hombre” ( $1,11 > 0,56$ ). En ningún caso se observan valores extremos y/o outliers.

**Figura 2. Valores de VEF1 según género.****Figura 3. Valores de CVF según género.**

En la Figura 3 se representan los valores de CVF según género. Allí se observa un mayor



valor en la mediana para “hombre” que para “mujer” (3,4



6 > 3,15). Incluso en “hombre” se observa simetría de los datos con relación a la mediana. En “mujer” hay mayor dispersión de los datos en el rango (2,28; 3,15). La longitud de los bigotes, en “mujeres” presentan menos variación de los datos a ambos lados de la mediana (amplitud intercuartílica 0,67 < 1,39). En ningún caso hay valores extremos y/o outliers.

#### 4. CONCLUSIÓN

Este nuevo grupo de datos permite realizar una caracterización general de la situación en la región de estudio. Si bien son pocos sitios monitoreados, dos de ellos se corresponden a lugares donde concurren a clase estudiantes del nivel secundario y universitario. En ese sentido, la posibilidad del estudio espirométrico permite corroborar específicamente si la exposición a contaminantes impacta en la salud respiratoria.

En función de los datos obtenidos, se puede afirmar que para el sitio Facultad de Ingeniería, tanto los valores de COVs como MP, se encuentran comprendidos en los valores normales y aceptados que no generarían riesgo para la salud considerando los criterios OMS y US EPA. No ocurre lo mismo con el sitio Indelama (donde se realiza el primer ciclo de la escuela técnica). En este caso los niveles de MP superan (dentro del margen del error experimental) el nivel guía de la provincia de Buenos Aires, y se corresponde con una pobre calidad del aire y elevado nivel de contaminación. Sin embargo se ha realizado solo una medición. Los niveles de COVs totales superan los encontrados en la ciudad de La Plata, y se ubican más bien en el rango correspondiente al

Polo Petroquímico de Ensenada [9]. La situación del Parque Industrial Burzaco es más complicada aún, con niveles de COVs todavía superiores. Sin embargo, los valores de benceno en ninguno de los casos fueron superiores a los hallados en La Plata y alrededores [9], y esto permitiría asumir que no habría aporte al incremento de riesgo de cáncer por este factor.

De todos modos, el dato más relevante, en cuanto a impacto posible se refiere, deviene de los datos obtenidos con las espirometrías. Tanto con este grupo de alumnos, como en el anterior [13], se encontraron todos los parámetros respiratorios dentro de los rangos normales para la edad, esto evidencia buen funcionamiento del sistema respiratorio.

Como próximos desafíos se presenta la necesidad de continuar con los monitoreos para completar la evaluación, en particular en el sitio Indelama y en el Parque Industrial, y complementar el estudio de fuentes incorporando el parque automotor.

## 5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Facultad de Ingeniería (UNLZ), por su asistencia en cargos, infraestructura y fondos que han sido decisivos para el desarrollo obtenido. También se agradece al CONICET, y a la CIC PBA, a quienes pertenecemos varios de los autores; y al IDIP del Hospital de Niños de La Plata por su asesoramiento y colaboración.

## 6. REFERENCIAS

1. Nelin TD., AM. Joseph, MW. Gorr, LE. Wold. *Toxicol. Letters*, 208: 293–99 (2012).
2. Krewski, D., Jerrett, M., Burnett, RT., et al., *Res. Rep. Health Eff. Inst.*, 5–136 (2009).
3. WHO. REVIHAAP Project. WHO Regional Office for Europe. [www.euro.who.int/data-assets/pdf\\_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf](http://www.euro.who.int/data-assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf). 2013.
4. Karagulian F., CA. Belis, CFC. Dora, et al. *Atmospheric Environ.* 120: 475-483 (2015).
5. American Thoracic Society. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.*, 152: 1107-36 (1995).
6. Wichmann F., Busi L, Cianni NF, Massolo L, et al. *J. All. Clin. Imm.*, 12: 632-38 (2009).
7. Colman Lerner JE., A. Morales, M. Aguilar, et al. In: *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, Vol. 181. C.A. Brebbia, G. Passerini, Eds. 659-670 (2014).
8. Colman Lerner JE., EY. Sánchez, J. Sambeth, A. Porta. LAP LAMBERT, Saarbrucken, Germany (2012).
9. Colman JE., T. Kohajda, M. Aguilar, et al. *Env.Sci.Poll.Res.Int.*, 21: 9676-88 (2014)
10. OMS. Guías de calidad del aire de la OMS. [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/69478/1/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf) (2006).
11. Vicente AB., T. Sanfeliu, MM. Jordan. *J. Environ. Management* 108: 92-101 (2012).
12. WHO regional publications. Air quality guidelines for Europe. European series, No. 91. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf) (2000).
13. Blanco E., Lafflito C., Colman E., Mayo F., et al. En: *Contribuciones del V Congreso PROIMCA*, ES. Puliafito, D. Allende y MC. Panigatti, eds., UTN, 201-210 (2015).