

ARTÍCULOS ORIGINALES

REVISTA ARGENTINA DE SALUD PÚBLICA

FECHA DE RECEPCIÓN: 16 de diciembre de 2020

FECHA DE ACEPTACIÓN: 7 de mayo de 2021

FECHA DE PUBLICACIÓN: 8 de agosto de 2021

FUENTE DE FINANCIAMIENTO: Beca Salud Investiga "Dr. Abraam Sonis", categoría individual, otorgada por el Ministerio de Salud de la Nación a través de la Dirección de Investigación para la Salud.

***AUTOR DE CORRESPONDENCIA:**

myriamaguilar@quimica.unlp.edu.ar

Registro Nacional de Investigaciones en
Salud N°: ISO02555

VALORES DE REFERENCIA REGIONALES PARA PARÁMETROS ESPIROMÉTRICOS EN JÓVENES DE LA PLATA, PROVINCIA DE BUENOS AIRES, ARGENTINA

Regional reference values for spirometric parameters in young people from La Plata, Buenos Aires, Argentina.

* Myrian Elizabeth Aguilar¹. Química.
Juan Di Tondo². Médico Neumólogo.
Atilio Andrés Porta¹. Dr. en Ciencias Bioquímicas.

¹ Centro de Investigaciones del Medio Ambiente, Universidad Nacional de La Plata-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

² Hospital Dr. Jara, Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN. INTRODUCCIÓN: En los estudios espirométricos se recomienda que cada población cuente con sus propios valores de referencia debido a condiciones regionales y a características de tipo étnico, etario, social, geográfico y climático. Estudios previos muestran elevados niveles de material particulado, hidrocarburos policíclicos y compuestos volátiles en el aire de La Plata y alrededores, con correlación entre exposición crónica a contaminantes y efectos adversos sobre desarrollo y función pulmonar. El objetivo fue establecer valores de referencia regionales para parámetros espirométricos en jóvenes de La Plata, siguiendo las recomendaciones de la *American Thoracic Society* (ATS) y la *European Respiratory Society* (ERS). MÉTODOS: Estudio transversal, observacional y descriptivo. Se realizaron y analizaron 171 espirometrías a jóvenes sanos de 13-17 años. Se llevaron a cabo medidas de correlación, identificando las variables predictoras. Para las ecuaciones de predicción se ajustaron modelos de regresión en función del sexo. RESULTADOS: La mayor correlación se encontró con talla y peso. Se desarrollaron ecuaciones para capacidad vital forzada (FVC) y volumen espiratorio forzado en el primer segundo (FEV1) según género. DISCUSIÓN: El cálculo de nuevos parámetros con valores menores a los propuestos por un estudio en Barcelona y adaptados por la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR) confirmó la importancia de contar con valores de referencia regionales.

PALABRAS CLAVE: Espirometría; Valores de Referencia Regional; Contaminación del Aire; Material Particulado; Compuestos Orgánicos Volátiles

ABSTRACT. INTRODUCTION: It is recommended that in spirometric studies each population have its own reference values due to regional conditions as well as ethnic, age, social, geographical and climatic characteristics. Previous studies show high levels of particulate matter, polycyclic hydrocarbons and volatile compounds in the air of La Plata city and surroundings, with correlation between chronic exposure to pollutants and adverse effects on lung development and function. The objective was to establish regional reference values for spirometric parameters in adolescents of La Plata, following the recommendations of the *American Thoracic Society* (ATS) and *European Respiratory Society* (ERS). METHODS: A cross-sectional, observational and descriptive study was carried out, performing and analyzing 171 spirometries in healthy young people between 13 and 17 years of age. Correlation measures were carried out to identify the predictive variables of spirometry. For the prediction equations, regression models were adjusted according to gender. RESULTS: The highest correlation was found with height and weight. Equations were developed for forced vital capacity (FVC) and forced expiratory volume in the first second (FEV1) for each gender. DISCUSSION: The calculation of new parameters, with values lower than those proposed by a study in Barcelona and adapted by the Spanish Society of Pneumology and Thoracic Surgery (SEPAR), confirmed the importance of having regional reference values.

KEY WORDS: Spirometry; Regional Reference Values; Air Pollution; Particulate Matter; Volatile Organic Compounds

INTRODUCCIÓN

La ciudad de La Plata, caracterizada por un importante nivel de urbanización, cuenta con un tráfico vehicular compuesto por unos 350 000 automotores registrados, además de los utilizados para el transporte de pasajeros o cargas de la más variada índole con motores diésel. Por otro lado, a unos 10 km de la ciudad se ubica un destacado polo petroquímico, cuya refinería de petróleo es la más importante de Argentina y procesa unos 38 000 m³/día de crudo. Cerca de esta se encuentran otras industrias subsidiarias productoras de diversos compuestos químicos (entre ellas, una planta de calcinación de coque de petróleo). Estudios previos desarrollados por el Centro de Investigaciones del Medio Ambiente de la Universidad Nacional de La Plata-Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CIM, UNLP-CONICET) en el Gran La Plata, región que incluye los distritos de La Plata, Ensenada y Berisso, muestran niveles de contaminación atmosférica elevados, asociados con valores disminuidos en los parámetros medidos en niños de edad escolar mediante espirometría forzada¹⁻⁴.

En el marco de la adhesión de Argentina a las iniciativas de enfermedades no transmisibles (ENT) como CARMEN (Conjunto de Acciones para la Reducción Multifactorial de Enfermedades No transmisibles) —aprobada en 2002 por la 23ª Conferencia Sanitaria Panamericana como principal estrategia de prevención integrada de las ENT, CARMEN incluye iniciativas comunitarias, proyectos piloto y de vigilancia, y apoya a las redes regionales mediante la colaboración y asociación con organismos gubernamentales, no gubernamentales e instituciones académicas y de investigación; el Ministerio de Salud de Argentina se sumó a la iniciativa y forma parte de esta red— y dado que la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera a la contaminación atmosférica como el riesgo ambiental más importante a nivel global, se propuso obtener nuevos valores regionales de referencia para los parámetros de función respiratoria a partir de las ecuaciones recomendadas por la *American Thoracic Society* (ATS) y la *European Respiratory Society* (ERS).

La espirometría forzada registra el máximo volumen de aire que puede mover un sujeto desde una inspiración máxima hasta una exhalación completa. Simultáneamente, se registra el tiempo, permitiendo medir los distintos flujos⁵⁻⁹. Tales medidas sirven para diagnosticar y clasificar afecciones pulmonares, determinar su gravedad y su eventual evolución. La espirometría se indica en la clínica médica para el diagnóstico de pacientes con síntomas respiratorios, en particular para evaluar el riesgo preoperatorio, la respuesta a determinados fármacos o enfermedades que presentan afectación pulmonar. Los principales parámetros medidos en la espirometría y utilizados para evaluar la obstrucción o restricción en la función pulmonar son:

Capacidad Vital Forzada (CVF): cantidad de aire que puede expulsar el paciente en una espiración máxima, luego de llenar sus pulmones a capacidad máxima. Se mide en litros. Una reducción de su valor evidencia enfermedades restrictivas⁵⁻¹⁰.

Volumen Espiratorio Forzado (FEV1): volumen que logra espirar de manera forzada el paciente en el primer segundo de la maniobra. Se mide en litros. Un valor reducido es indicio de una enfermedad obstructiva.

La relación FEV1/FVC (%) es usada en el diagnóstico de enfermedades pulmonares restrictivas y obstructivas. Representa la proporción de la capacidad vital de una persona que puede vencer en el primer segundo de exhalación.

Flujo Espiratorio Forzado (FEF): suele expresarse como un porcentaje de la capacidad vital. El FEF25-75% es el flujo promedio desde el momento en que se exhala el 25% de la FVC hasta el 75% exhalado de la FVC.

Flujo Espiratorio Máximo (PEF, l/s): se obtiene del pico en la rama espiratoria de la curva flujo-volumen.

Los valores de los parámetros espirométricos habitualmente se comparan con valores de referencia establecidos mediante estudios epidemiológicos recomendados para tal fin por entidades científicas internacionales, tales como ATS/ERS. La mayoría de estos estudios se han realizado en los países industrializados.

En vista de la importancia de la espirometría como indicador de efectos en la salud de la población expuesta a contaminantes del aire, de la posibilidad de contar con estudios de función pulmonar, de la carencia de valores de referencia regionales y de las recomendaciones señaladas, se realizó el presente estudio, cuyo objetivo fue establecer valores de referencia regionales para parámetros espirométricos en jóvenes de La Plata, siguiendo las recomendaciones de la *American Thoracic Society* (ATS) y la *European Respiratory Society* (ERS).

MÉTODOS

Con el objeto de recabar información referida a factores de exposición y socioeconómicos, se aplicaron breves cuestionarios desarrollados sobre la base de recomendaciones y criterios internacionales —*International Study of Asthma and Allergies in Childhood* (ISAAC), *Global Initiative for Asthma* (GINA)— y la propia experiencia del equipo. Estos cuestionarios incluyen datos de los participantes, historia clínica (individual y familiar) y características de la zona de residencia y la vivienda, así como datos demográficos del grupo familiar. Las planillas para la carga de datos fueron confeccionadas mediante el programa Epi Info, programa gratuito de dominio público desarrollado por los Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades (CDC) de los Estados Unidos.

Para reflejar la presencia de una población juvenil que habita en distintos lugares del partido de La Plata, se seleccionó el Colegio Nacional "Rafael Hernández" de la ciudad homónima (CNLP), dependiente de la UNLP. Dado que se trata de uno de los colegios con mayor matrícula y al que asisten estudiantes no sólo de los diferentes barrios de La Plata y Gran La Plata, sino también de diversos sectores o clases sociales, se aseguró una muestra suficientemente representativa. Por otro lado, el trabajo en un espacio escolar permitió articular adecuadamente los distintos

componentes del proyecto: encuestas epidemiológicas, espirometrías, espacios de intercambio con jóvenes, padres y autoridades^{4,11,12}.

Se realizó un estudio prospectivo, transversal, observacional y descriptivo, en el cual se seleccionó aleatoriamente a jóvenes sanos de los distintos cursos que asistían al CNLP, con edades comprendidas entre 13 y 17 años.

Sobre la base de los datos del censo 2010 del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC) y considerando como intervalo de edades en estudio al comprendido entre 13 y 17 años, la población del partido de La Plata está constituida por 56 943 habitantes (28 033 mujeres y 28 910 varones).

Para la selección de la muestra, se consideró un muestreo probabilístico aleatorio en función de la población matriculada en el CNLP (aproximadamente 1800 jóvenes) y se tuvieron en cuenta, además, las siguientes restricciones de acuerdo con la bibliografía^{11,12}: tipo de error 1 (alfa) del 5%, nivel de confianza del 95% (IC95%), desviación estándar del 15% del valor promedio de la espirometría normal para las edades comprendidas en la muestra, precisión 2,4 (rango de intervalo de confianza más cercano a la desviación estándar).

El tamaño de muestra fue calculado con ayuda del programa Epidat 3.1; se contempló un error probable de 20% de espirometrías que no podían ser incluidas⁹. La muestra consistió en 171 alumnos participantes.

Inicialmente se incluyó a todos los alumnos del CNLP cuyos padres o tutores habían firmado el consentimiento informado y contestado el cuestionario epidemiológico. Quedaron seleccionados los jóvenes sanos sin enfermedades respiratorias, cardiovasculares o neuromusculares, sin antecedentes de cirugías pulmonares, sin uso o requerimiento de medicación broncodilatadora ni betabloqueantes, que no eran tabaquistas ni ex tabaquistas, y que no consumían drogas ilícitas.

Las espirometrías fueron realizadas por personal técnico oportunamente capacitado por el asesor del proyecto. Se llevaron a cabo en un lugar cómodo y propicio para el procedimiento, que fue cedido por las autoridades de la escuela. Se utilizó un espirómetro DATOSPIR 120 A debidamente calibrado y ajustado por completo a las recomendaciones internacionales (ATS, ERS). El equipo en cuestión adquiere y procesa señales físicas, e indica una respuesta proporcional a la funcionalidad pulmonar. Cuenta con un transductor de turbina. El aire incorporado durante la maniobra provoca una interrupción de un haz de luz infrarroja, cuyo sensor convierte la luz recibida en señal eléctrica. El número de interrupciones del haz equivale al volumen de aire ingresado al sistema. Además, el equipo posee un programa de control, que se encarga de que el tratamiento de las señales de las espirometrías cumpla las normas aplicables, según los criterios de la ATS y la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica (SEPAR)^{9,13}.

Además, cada participante fue medido (en centímetros,

descalzo, con la espalda apoyada en el tallímetro) y pesado (en kilogramos, con ropa ligera).

Antes de interpretar los resultados de una espirometría, fue necesario verificar si la prueba había sido realizada correctamente. Para ello, se recurrió a los criterios de aceptabilidad propuestos por la normativa internacional: se efectuó un mínimo de tres maniobras y un máximo de ocho cuando se consideró que las existentes no eran adecuadas^{9,10,13,14}.

Un criterio adicional de aceptación fue la repetibilidad de la maniobra: la diferencia entre las dos mejores FVC y el FEV1 aceptable debía ser inferior a 0,15 l. Como criterio indispensable, las dos mejores espiraciones de las tres mejores curvas aceptables no debían variar entre sí más de 150 ml de FVC o de FEV1^{9,14}.

Quedaron excluidos aquellos alumnos que, aun teniendo el consentimiento informado, no pudieron realizar la espirometría por falta de colaboración, capacidades especiales que dificultaban la realización de la prueba, falta de repetitividad de la maniobra o falla del espirómetro, ya sea en el registro de alguno de los parámetros evaluados, de las curvas o por falta en algunos de los parámetros antropométricos o espirométricos.

En cada unidad experimental (joven participante) se estudiaron los parámetros antropométricos —edad (años), peso (kilogramos) y talla (centímetros)— y espirométricos —FVC (l), FEV1 (l), FEV1/FVC (%), FEF25-75% (l/s)—, además de registrarse su domicilio y fecha de nacimiento. Se confeccionó la base de datos, definiendo para cada variable cualitativa todas las categorías o modalidades posibles y para las variables cuantitativas todos los valores posibles con su correspondiente unidad de medida.

Según los criterios de aceptabilidad y reproducibilidad de la maniobra espirométrica, se seleccionó para cada adolescente el mayor valor de FVC y FEV1 de todas las maniobras aceptables y sin artefactos, aunque sus valores no provinieran de la misma maniobra. El resto de los parámetros se obtuvieron de aquella curva aceptable donde la suma de los valores de FVC y FEV1 alcanzó su máximo valor¹⁴.

El análisis estadístico se realizó mediante el programa SPSS 20.0 y el lenguaje de programación R versión 3.4.1 para Windows.

Una vez que se decidió cuáles eran las espirometrías válidas, se efectuaron análisis preliminares para estudiar las distribuciones y las asociaciones de las variables implicadas en el desarrollo de los modelos predictivos a través de los distintos sexos.

Se realizó un análisis descriptivo mediante el cálculo de los estadísticos más adecuados a la naturaleza y escala de medición considerada. En tal sentido, las variables discretas se analizaron según número de casos (N) y porcentaje (%), empleando frecuencias absolutas y relativas, mientras que las variables continuas se analizaron con medidas de tendencia central, como el promedio \pm desviación estándar.

Se evaluó la consistencia de los datos para verificar que

correspondieran solo a los valores posibles de las respectivas variables. Esto implicó identificar valores situados fuera de la escala de la variable y aquellos que, a pesar de estar dentro de la escala de medición, eran conceptualmente imposibles para la propiedad medida en la población de estudio dentro del conocimiento establecido.

Para identificar las variables predictoras se realizó el análisis de correlación de Pearson o Spearman (significancia $p < 0,05$), según correspondiera. Se analizó la normalidad de la distribución a través de la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se compararon las medias mediante un test paramétrico (t de Student) o no paramétrico (Wilcoxon), según cada variable en estudio.

Para identificar la relación existente entre las características se corrieron modelos de regresión multivariada paso a paso (*stepwise*), incluyendo transformaciones logarítmicas de los parámetros espirométricos y términos cuadráticos de las variables predictoras (edad, peso y talla). Se analizó el modelo que mejor se ajustaba (para cada sexo).

Para decidir el modelo final se utilizaron criterios estadísticos de análisis de regresión, como coeficiente de determinación (R^2), desviación estándar de los residuos y homogeneidad de las varianzas.

El modelo de regresión aceptado para cada parámetro espirométrico fue aquel que en cada paso obtuvo un cambio en el coeficiente de determinación (R^2) significativo, explicando la mayor variación de la variable dependiente.

Posteriormente se analizó el error estándar de la estimación, y se obtuvieron estimaciones de los coeficientes de regresión, el coeficiente de determinación (R^2), a la vez que se examinó la bondad de ajuste.

Para la comparación con los valores espirométricos internacionales se emplearon las ecuaciones propuestas en un estudio multicéntrico en Barcelona y adaptadas por la SEPAR^{9,15,16}, dado que el equipo utilizado para la presente investigación proporcionaba estos valores de referencia incorporados en el microprocesador, aplicando la prueba t de comparación de muestras y la prueba de Levene para analizar la igualdad de las varianzas.

El presente estudio contó con la aprobación del Comité Consultivo Central de Bioética de la Universidad Nacional de La Plata.

RESULTADOS

Se incluyó a 294 jóvenes que respondieron la encuesta epidemiológica (48,98% de varones y 51,02% de mujeres de 13-17 años), de los cuales 240 dieron su consentimiento/asentimiento para la realización de la prueba de función pulmonar.

Del total de encuestados, el 9,18% dijo que no tenía acceso a red pública de agua potable, el 17,69% no usaba gas natural para cocinar o calefaccionarse, el 5,87% vivía en una zona cercana a un basural, el 10,54% residía sobre una calle de tránsito principal y el 24,15%, cerca de una estación de servicio.

El 25,43% de los participantes encuestados afirmó que

alguna vez un profesional de la salud le había diagnosticado asma o broncoespasmo. El 9,05% dijo que al menos en tres oportunidades durante los últimos doce meses había presentado sensación de opresión torácica, mientras que hubo un 10,82% con disnea, 13,48% con fatiga y 24,68% con dolor de cabeza.

Se realizaron espirometrías a 208 alumnos, con un mínimo de tres pruebas de función respiratoria. Se descartaron 37 espirometrías porque presentaban algún factor de exclusión (esfuerzo pobre, tos en tres maniobras consecutivas, paciente que no entendía el procedimiento, etc.). El análisis estadístico se llevó a cabo con 171 espirometrías que cumplían los criterios de aceptabilidad según ATS/ERS^{5,8}; de ellas, el 45,03% (77) correspondían a mujeres y el 54,97% (94), a varones.

El análisis descriptivo permitió caracterizar la distribución de la población en estudio separada por género, en función de los parámetros antropométricos (edad, talla y peso) y espirométricos (ver Tabla 1).

El análisis de la variable edad según sexo no evidenció en ninguno de los dos casos una simetría de los datos con relación a la mediana.

En cuanto a la talla, ambos casos presentaron mayor dispersión de los datos en el rango que representa el 25% de los datos superiores.

El análisis de FVC y FEV1 según sexo (Tabla 1) mostró en ambos grupos una similar variación de los datos alrededor de la mediana (ver Gráficos 1 y 2). Se observó una mayor dispersión de los datos obtenidos en mujeres de 14 años, mientras que en las de 17 años se registró una disminución de FEV1 (Gráfico 2).

Se corroboró la distribución normal de los parámetros antropométricos y espirométricos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los coeficientes de correlación (Pearson o Spearman) entre los parámetros espirométricos (FVC, FEV1, FEF25-75%, FEV1/FVC, PEF) y antropométricos se muestran en la Tabla 2.

En la Tabla 3 se exponen los resultados del análisis de regresión múltiple de los parámetros espirométricos para adolescentes de 13 a 17 años del CNLP.

Se observaron diferencias entre los sexos, lo cual llevó a considerar el análisis por separado.

El análisis de la varianza (ANOVA) reveló, en el caso de los varones, que la variable peso explica en gran medida la variabilidad de los valores de FVC; la variable talla, un poco menos, seguida del peso al cuadrado. En cuanto al parámetro FEV1, se observó que la variable peso explica en gran medida (58,17%) la variabilidad de los valores, y la variable talla (48,11%), un poco menos (en ambos casos con un nivel de significancia $< 0,001$). Por su parte, el peso al cuadrado explica el 15,19%, con nivel de significancia $< 0,05$.

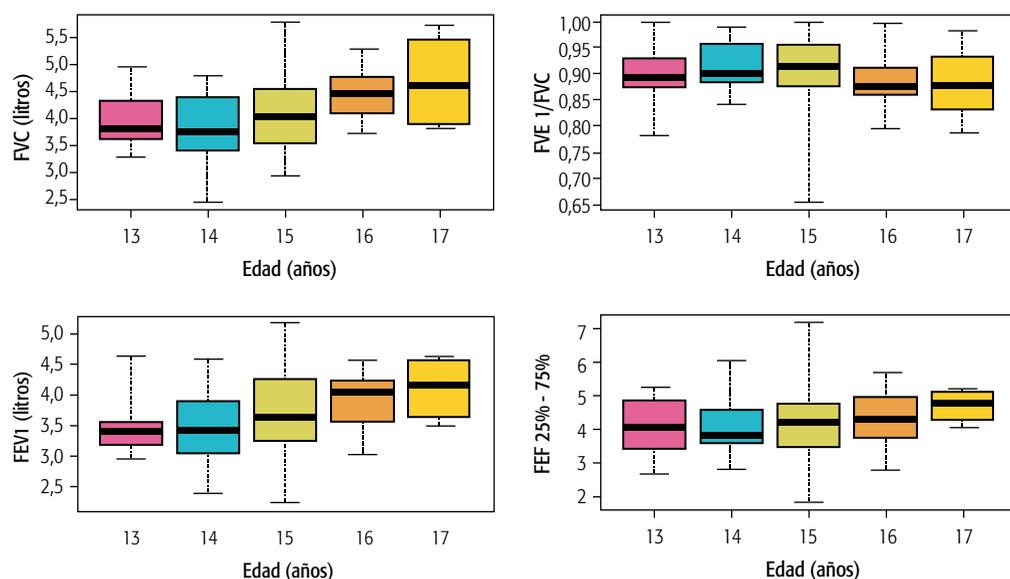
Para el caso de mujeres de 13 a 17 años, haciendo el mismo análisis, se observó que la variable peso explica en gran medida (50,41%) la variabilidad de los valores de FVC, mientras que la variable talla lo hace en un 28,23%

TABLA 1. Descriptivos antropométricos y respirométricos por sexo, 13 a 17 años, La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina, 2018.

Mujeres (N=77)	Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo	SD ^{††}
Edad	13,35	14,50	15,16	15,18	15,73	17,24	1,03
Peso (kg)	39,00	49,00	54,00	55,70	58,00	105,00	10,74
Talla (cm)	148,00	157,00	160,00	160,90	165,00	183,00	0,06
FVC (l)*	2,17	2,78	3,17	3,19	3,53	5,36	0,58
FEV1 (l)†	1,84	2,64	2,90	2,90	3,17	4,17	0,44
FEV1/FVC	63,96	86,63	93,25	91,38	97,69	100,00	7,85
FEF _{25%-75%} (l/s)‡	1,44	3,06	3,50	3,44	3,92	6,10	3,98
FEF25%§	2,64	4,44	5,23	5,08	5,68	8,88	1,06
FEF50%	1,87	3,13	3,70	3,65	4,20	6,39	0,77
FEF75%	0,88	1,86	2,22	2,22	2,56	4,15	0,59
PEF (l/s)¶	2,88	4756,00	5,58	5,48	6,05	8,93	1,05
FEV3 (l)¶¶	2,17	2,78	3,18	3,18	3,53	5,22	0,58
FEV6 (l)**	2,17	2,78	3,18	3,19	3,53	5,36	0,59
Varones (N=94)	Mínimo	1er cuartil	Mediana	Media	3er cuartil	Máximo	SD
Edad	13,00	14,00	15,00	14,69	15,00	17,00	0,95
Peso (kg)	44,00	56,25	61,50	64,06	69,75	103,00	11,84
Talla (cm)	153,00	167,00	171,00	171,30	176,00	189,00	0,07
FVC (l)	2,41	3,54	4,02	4,06	4,57	5,81	0,68
FEV1 (l)	2,21	3,26	3,61	3,64	4,05	5,17	0,61
FEV1/FVC	65,46	86,86	89,73	89,92	94,94	100,00	6,73
FEF _{25%-75%} (l/s)	1,79	3,57	4,14	4,85	4,74	7,18	0,95
FEF25%	2,64	5,46	6,12	6,25	7,08	9,13	1,89
FEF50%	1,88	3,75	4,43	4,44	5,11	7,59	1,00
FEF75%	1,20	2,06	2,46	2,67	3,21	5,65	0,88
PEF (l/s)	2,76	6,03	6,85	6,77	7,44	9,16	1,22
FEV3 (l)	2,41	3,54	4,02	4,05	4,57	5,81	0,68
FEV6 (l)	2,41	3,54	4,02	4,05	4,57	5,81	0,68

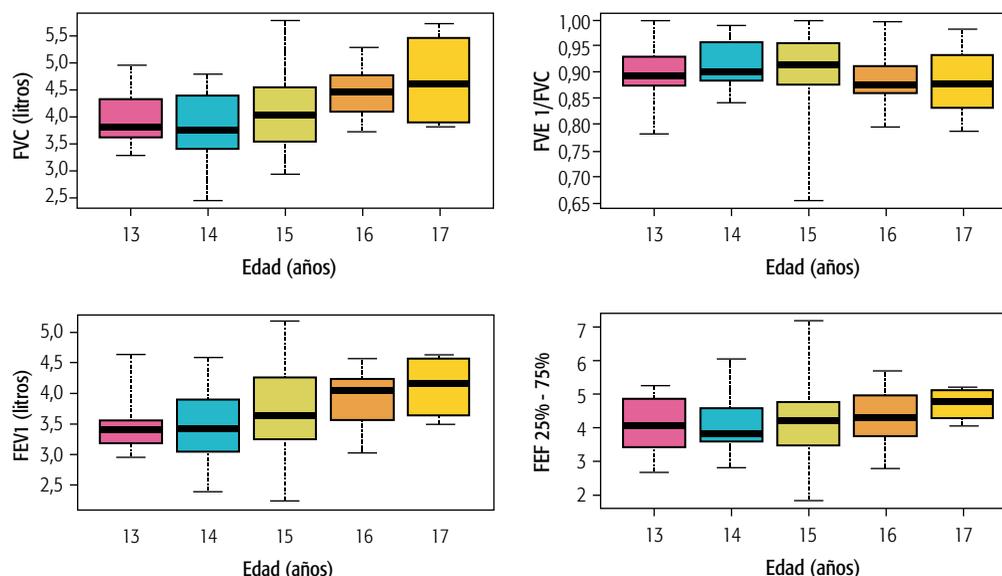
* FVC (l): Capacidad Vital Forzada; † FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; ‡ FEF25%-75% (l/s): Flujo mesoespiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC; § FEF(X%): Flujo espiratorio forzado cuando se ha exhalado el X% de la FVC; ¶ PEF (l/s): Flujo Espiratorio Máximo; ¶¶ FEV3(l): Volumen Espiratorio Forzado en los primeros 3 segundos; ** FEV6(l): Volumen Espiratorio Forzado a los 6 segundos; †† SD: Desviación estándar.

GRÁFICO 1. Antopométricos y espirométricos según edad, varones



* FVC (l): Capacidad Vital Forzada; † FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; ‡ FEF25%-75% (l/s): Flujo mesoespiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC.

GRÁFICO 2. Antropométricos y espirométricos según edad, mujeres



* FVC (l): Capacidad Vital Forzada; † FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; ‡ FEF25%-75% (l/s): Flujo mesoespiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC.

TABLA 2. Análisis de correlación, La Plata, 2018.

Mujeres (N=77)		FVC*	FEV1 [†]	PEF (l/s) [‡]	FEF _{25%-75%} (l/s) [§]	FEV1/FVC
Edad	r=	0,17	0,31	0,34	0,37	0,14
	valor p	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	0,21
Peso	r=	0,55	0,47	0,26	0,25	(-)0,18
	valor p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,11
Talla	r=	0,52	0,58	0,43	0,25	(-)0,07
	valor p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,52
Varones (N=94)		FVC*	FEV1 [†]	PEF (l/s) [‡]	FEF _{25%-75%} (l/s) [§]	FEV1/FVC
Edad	r=	0,31	0,25	0,32	0,09	(-)0,11
	valor p	<0,05	<0,05	<0,05	0,38	0,28
Peso	r=	0,49	0,46	0,35	0,27	(-)0,13
	valor p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,23
Talla	r=	0,52	0,55	0,36	0,40	0,02
	valor p	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,86

* FVC (l): Capacidad Vital Forzada; † FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; ‡ PEF (l/s): Flujo Espiratorio Máximo; § FEF25%-75% (l/s): Flujo mesoespiratorio forzado entre el 25 y el 75% de la FVC; || valor p <0,05, la correlación es significativa con un nivel de confianza del 95%.

TABLA 3. Ecuaciones de predicción de parámetros espirométricos según sexo, 13 a 17 años, La Plata, 2018*.

Mujeres de 13 a 17 años (N=77)								
	α	β^1	β^3	β^4	β^5	R ^{2s}	RSD	valor p
FVC(l) [†]	-5,010469	-	0,0761919	-0,0004526	0,0336479	0,3836	0,4649	9,29E-08
FEV1(l) [‡]	-3,86719	0,080334	0,0090687	-	313,5059	0,3926	0,3519	5,51E-05
Varones de 13 a 17 años (N=94)								
	α	β^1	β^2	β^3	β^4	R ²	RSD	valor p
FVC(l)	-5,531455	-	0,099782	-0,0006152	0,033916	0,3359	0,5629	4,52E-05
FEV1(l)	-5,297178	-	0,0763619	-0,0004754	0,0354224	0,3534	0,4969	1,39E-05

* Parámetro de función pulmonar = $\alpha + \beta^1$ Edad + β^2 Peso + β^3 Peso² + β^4 Talla; † FVC (l): Capacidad Vital Forzada; ‡ FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo; § R²: coeficiente de determinación; || RSD: Error estándar residual; ¶ valor p <0,05 significativamente diferente de cero.

TABLA 4. Comparación de parámetros espirométricos a partir de ecuaciones halladas y propuestas por SEPAR, según sexo.

	Estudio actual	SEPAR* 32,33
Mujeres (N=77)		
FVC(l) [†]	3,192 ± 0,363	4,172 ± 0,694
FEV1(l) [‡]	2,897 ± 0,277	3,516 ± 0,513
Varones (N=94)		
FVC(l)	4,059 ± 0,394	4,184 ± 0,705
FEV1(l)	3,644 ± 0,361	3,523 ± 0,521

* SEPAR: Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica;

[†] FVC (l): Capacidad Vital Forzada; [‡] FEV1 (l): Volumen Espiratorio Forzado en el primer segundo.

y el peso al cuadrado en un 21,56%. En cuanto a la variabilidad de los valores de FEV1, la variable talla explica el 26,48%, mientras que el peso lo hace en un 17,78% y la edad en un 14,16%.

En la Tabla 4 se presenta el valor medio para los parámetros seleccionados, con su correspondiente desviación estándar, y se lo compara con los obtenidos aplicando las ecuaciones propuestas en el estudio multicéntrico en Barcelona y adaptadas por la SEPAR^{9,15,16}, con jóvenes de 6 a 20 años.

DISCUSIÓN

Dado que los valores espirométricos remiten normalmente a una comparación con valores de referencia obtenidos mediante estudios epidemiológicos de países con características socioculturales y ambientales distintas a la de esta región, la existencia de ecuaciones con valores de referencia regionales permite alcanzar una mayor capacidad interpretativa de los relevamientos. En la medida en que se modifique la calidad del aire en la zona de estudio, se requerirán ensayos de mayor sensibilidad para determinar los efectos en la salud. En este sentido, con la obtención de valores de referencia regionales respecto a los parámetros espirométricos, los efectos asociados a la exposición a contaminantes del aire sobre la funcionalidad pulmonar pueden ser evaluados de manera mejorada, más específica y sensible.

Entre las limitaciones de este estudio se señala que se pudo haber incurrido en sesgo de selección (padres que aceptaron participar del estudio y demostraron un mayor interés en el tema de la investigación), sesgo de cortesía (encuestados que proporcionaron respuestas con la idea de conformar al encuestador) y sesgo de información (obtención de datos incorrectos, incompletos o falta de respuesta).

Se estudiaron modelos de regresión lineal múltiple según sexo, con las variables independientes edad, talla y peso, para los parámetros de función pulmonar FVC y FEV1. Se ajustaron modelos de regresión múltiple, incluyendo términos cuadráticos en edad, peso y talla. Sin embargo, en algunos casos estos modelos no mostraron mejor bondad de ajuste que los que incorporaban términos no cuadráticos solamente, por lo cual el mejor ajuste se consiguió utilizando el término cuadrático de la variable peso para

algunos de los parámetros respiratorios.

Aunque a veces solo fue posible correlacionar con un parámetro antropométrico, esta situación es habitual en las publicaciones de la especialidad; y en el presente estudio se han encontrado correlaciones hasta con los tres parámetros en algunos casos. Esto permitió calcular ecuaciones de referencia regionales preliminares para los parámetros FVC y FEV1, con valores distintos (menores, en general) a los propuestos en el estudio multicéntrico en Barcelona y adaptados por la SEPAR^{9,15,16}, tanto para varones como para mujeres de 13 a 17 años de la ciudad de La Plata. Se confirma así la importancia de contar con valores de referencia específicos para cada región.

Los resultados muestran la existencia de variaciones, que justifican la necesidad de desarrollar fórmulas específicas regionales.

RELEVANCIA PARA POLÍTICAS E INTERVENCIONES SANITARIAS

Dado que la prueba de función pulmonar resulta imprescindible para la evaluación y el seguimiento de las enfermedades respiratorias, el presente estudio apunta a que —mediante la obtención de valores de referencia regionales respecto a los parámetros espirométricos— los efectos asociados a la exposición a contaminantes del aire sobre la funcionalidad pulmonar se evalúen de una manera optimizada, más completa, específica y sensible. De este modo será posible determinar cómo se ve afectada la salud por la contaminación, aun cuando se logre mejorar la calidad del aire en los ámbitos urbanos e industriales, de relevancia regional o de territorios mayores.

RELEVANCIA PARA LA FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS EN SALUD

Los resultados de la presente investigación serán comunicados a las autoridades del Hospital de Niños de La Plata para su eventual utilización y una mejor interpretación de los parámetros espirométricos en la población infantil.

RELEVANCIA PARA LA INVESTIGACIÓN EN SALUD

Un próximo estudio de este equipo de investigación se propone validar las ecuaciones de predicción halladas, establecer su fiabilidad, relevancia y rendimiento para detectar alteración funcional respiratoria. Se podría promover así su uso en la práctica diaria de centros de salud. Además, se proyecta establecer a la brevedad la comparación con otras ecuaciones de referencia, como las publicadas por Knudson¹⁷, y las ecuaciones de predicción de *Global Lung Function Initiative* (GLI).

AGRADECIMIENTOS

Por su apoyo, al equipo interdisciplinario del CIM, UNLP-CONICET, y a las autoridades del Ministerio de Salud de la Nación por financiar el presente estudio. A los alumnos y sus padres del CNLP por su colaboración. A la memoria del Dr. Fernando A. Wichmann.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES: No hubo conflicto de intereses durante la realización del estudio.

Cómo citar este artículo: Aguilar ME, Di Tondo J, Porta AA. Valores de referencia regionales para parámetros espirométricos en jóvenes de La Plata, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Rev Argent Salud Pública*. 2021;13:e53. Publicación electrónica 10 de Ago 2021.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

¹ Mueller A, Wichmann G, Massolo L, Porta A, Schlink U, Ronco A, et al. Risk assessment of airborne particles and volatile organic compounds from industrial areas. En: Newbury H, De Lorne W, editores. *Industrial Pollution including Oil Spills*. Nueva York: Nova Science Publishers; 2009.

² Colman Lerner J, Kohajda T, Aguilar M, Massolo L. Improvement of health risk factors after reduction of VOC concentrations in industrial and urban areas. *Environ Sci Pollut Res Int* [Internet]. 2014 [citado 8 Jun 2021];21(16):9676-9688. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24788932/>

³ Colman Lerner J, Morales A, Aguilar M, Orte M, Giuliani D. The effect of air pollution on children's health: a comparative study between La Plata and Bahía Blanca, Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Impact II* [Internet]. 2014 [citado 8 Jun 2021];181:659-670. Disponible en: <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/15998>

⁴ Wichmann F, Busi L, Cianni N, Massolo L, Muller A, Porta A. Increased asthma and respiratory symptoms in children exposed to petrochemical pollution. *J Allergy Clin Immunol* [Internet]. 2009 [citado 8 Jun 2021];123(3):632-638. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19111332/>

⁵ Chapman R, Hadden W, Perlin S. Influences of asthma and household environment on lung function in children and adolescents: the third national health and nutrition examination survey. *Am J Epidemiol* [Internet]. 2003 [citado 8 Jun 2021];158(2):175-189. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12851231/>

⁶ Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J* [Internet]. 2005 [citado 8 Jun 2021];26(2):319-338. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16055882/>

⁷ Pakhale S, Bshouty Z, Marras TK. Comparison of per cent predicted and percentile values for pulmonary function test interpretation. *Can Respir J* [Internet]. 2009 [citado 8 Jun 2021];16(6):189-193. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20011726/>

⁸ Sood A, Dawson B. Effect of change of reference standard to NHANES III on interpretation of spirometric 'abnormality'. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* [Internet]. 2007 [citado 8 Jun 2021];2(3):361-367. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18229575/>

⁹ Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica. Normativa sobre la espirometría [Internet]. Barcelona: SEPAR; 2013 [citado 8 Jun 2021]. Disponible en: http://www.hca.es/huca/web/enfermeria/html/f_archivos/Normativa%20Separ%20Espirometria.pdf

¹⁰ Crapo R, Jensen R, Lockey J. Normal spirometric values in healthy Hispanic Americans. *Chest* [Internet]. 1990 [citado 8 Jun 2021];98(6):1435-1439. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2245686/>

¹¹ Pérez-Yarza E, Villa J, Cobos N, Navarro M. Espirometría forzada en preescolares sanos bajo las recomendaciones de la ATS/ERS: estudio CANDELA. *An Esp Pediatr* [Internet]. 2009 [citado 8 Jun 2021];70(1):3-11. Disponible en: <https://www.analesdepediatria.org/es-espirometria-forzada-preescolares-sanos-bajo-articulo-S1695403308000398>

¹² Alvarez G, Brockmann P, Bertrand N. Comparison of spirometric reference values in Chilean children. *Rev Med Chil* [Internet]. 2004 [citado 8 Jun 2021];132(10):1205-1210. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15631208/>

¹³ González Pérez-Yarza E. La función pulmonar en el niño: principios y aplicaciones [Internet]. Madrid: Ergon; 2007 [citado 8 Jun 2021]. Disponible en: <https://neumoped.org/wp-content/uploads/2019/02/La-funci%C3%B3n-Pulmonar-en-el-ni%C3%B1o.-Principios-y-Aplicaciones.pdf>

¹⁴ Quanjer P, Stanojevic S, Cole T. Multi-ethnic reference values for spirometry for the 3–95-yr age range: the global lung function 2012 equations. *Eur Respir J* [Internet]. 2012 [citado 8 Jun 2021];40(6):1324-1343. Disponible en: <https://erj.ersjournals.com/content/40/6/1324.long>

¹⁵ Casan Clarà P. Valores espirométricos de referencia para niños y adolescentes sanos. Tesis Doctoral. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona; 1985.

¹⁶ Roca J. Spirometric reference values from a Mediterranean population. *Bull Eur Physiopathol Respir* [Internet]. 1986 [citado 8 Jun 2021];22(3):217-224. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3730638/>

¹⁷ Knudson RJ, Lebowitz MD, Holberg CJ, Burrows B. Changes in the normal maximal expiratory flow-volume curve with growth and aging. *Am Rev Respir Dis* [Internet]. 1983 [citado 8 Jun 2021];127(6):725-734. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6859656/>



Esta obra está bajo una licencia de *Creative Commons* Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Reconocimiento – Permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra. A cambio se debe reconocer y citar al autor original. No comercial – esta obra no puede ser utilizada con finalidades comerciales, a menos que se obtenga el permiso.