



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
FACULTAD DE MEDICINA

# **Cambios de la función pulmonar evaluada por oscilometría de impulso ante un estímulo emocional de alegría o tristeza en niños**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER LA ESPECIALIDAD DE

**PEDIATRÍA MÉDICA**

presenta

**Carlos Antonio Reyes Semoloni**

Tutores

**Dr. Mario Humberto Vargas Becerra**

**Dra. Laura Patricia Thomé Ortiz**

**Febrero 2016**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

---

Dra. Claudia Díaz Pérez  
Directora de Educación e Investigación en Salud, Hospital de Pediatría,  
Centro Médico Nacional SXXI, IMSS

---

Dr. Mario Humberto Vargas Becerra  
Jefe de la Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Respiratorias,  
Hospital de Pediatría, Centro Médico Nacional SXXI, IMSS

---

Dra. Laura Patricia Thomé Ortiz  
Jefe del Departamento de Neumología, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS.  
Tel. 5627-6900 Ext. 22290; thome.99@hotmail.com

## **Investigadores participantes**

### **Carlos Antonio Reyes Semoloni**

Residente de 3° año de Pediatría, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS  
Tel. 55-48777407; semo1612.ca@gmail.com

### **Mario Humberto Vargas Becerra**

Neumólogo, Maestro en Ciencias, Miembro del SNI nivel 3  
Jefe de la Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Respiratorias,  
Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS  
Tel. 56276900 ext. 22288; mhvargasb@yahoo.com.mx

### **Laura Patricia Thomé Ortiz**

Jefe del Departamento de Neumología, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS.  
Tel. 5627-6900 Ext. 22290; thome.99@hotmail.com

### **Carlos Alberto Zaragoza Cortés**

Médico Pasante de Servicio Social en Investigación,  
Facultad de Medicina, Universidad La Salle.  
Tel. 56276900 ext. 22288; ca\_avenger@hotmail.com



**Dirección de Prestaciones Médicas**  
Unidad de Educación, Investigación y Políticas de Salud  
Coordinación de Investigación en Salud



"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón".

**Dictamen de Autorizado**

Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud 3603  
HOSPITAL DE PEDIATRIA, CENTRO MEDICO NACIONAL SIGLO XXI, D.F. SUR

FECHA 25/09/2015

**DR. MARIO HUMBERTO VARGAS BECERRA**

**P R E S E N T E**

Tengo el agrado de notificarle, que el protocolo de investigación con título:

**Cambios de la función pulmonar evaluada por oscilometría de impulso ante un estímulo emocional de alegría o tristeza en niños sanos pulmonares**

que sometió a consideración de este Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud, de acuerdo con las recomendaciones de sus integrantes y de los revisores, cumple con la calidad metodológica y los requerimientos de Ética y de investigación, por lo que el dictamen es **A U T O R I Z A D O**, con el número de registro institucional:

Núm. de Registro
R-2015-3603-71

ATENTAMENTE

**DR.(A). HERMILO DE LA CRUZ YÁÑEZ**

Presidente del Comité Local de Investigación y Ética en Investigación en Salud No. 3603

**IMSS**

SEGURIDAD Y SOLIDARIDAD SOCIAL

---

## CONTENIDO

---

<b>RESUMEN</b> .....	6
<b>ANTECEDENTES</b> .....	8
<b>Generalidades de la alegría y la tristeza</b> .....	8
<i>Definición de emoción</i> .....	8
<i>Conceptos de alegría y tristeza</i> .....	9
<b>Efectos fisiológicos de la alegría y la tristeza</b> .....	10
<i>Cambios fisiológicos en las emociones</i> .....	10
<i>Cambios fisiológicos en la alegría</i> .....	11
<i>Cambios fisiológicos en la tristeza</i> .....	11
<b>El sistema de oscilometría de impulso (IOS)</b> .....	13
<b>La medición de la resistencia por el método de la interrupción (Rint)</b> .....	15
<b>PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	16
<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	16
<b>HIPÓTESIS</b> .....	17
<b>OBJETIVOS</b> .....	17
<b>Objetivo general</b> .....	17
<b>Objetivos particulares</b> .....	18
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	18
<b>Diseño del estudio</b> .....	18
<b>Descripción general del estudio</b> .....	18
<b>Criterios de selección</b> .....	19
<i>Criterios de inclusión</i> .....	19
<i>Criterios de exclusión</i> .....	20
<i>Criterios de eliminación</i> .....	20
<b>Definición de variables</b> .....	20
<b>Medición del IOS</b> .....	21
<b>Análisis estadístico</b> .....	22
<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS</b> .....	22
<b>RESULTADOS</b> .....	23
<b>DISCUSIÓN</b> .....	29
<b>REFERENCIAS</b> .....	30

---

## RESUMEN

---

**Cambios de la función pulmonar evaluada por oscilometría de impulso ante un estímulo emocional de alegría o tristeza en niños.** Carlos Antonio Reyes Semoloni, Mario Humberto Vargas Becerra, Laura Patricia Thomé Ortiz, Carlos Alberto Zaragoza Cortés. Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Respiratoria y Departamento de Neumología, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS.

**ANTECEDENTES:** La emoción es una experiencia subjetiva y consciente caracterizada por reacciones biológicas y estados mentales de diferente matiz. Las emociones se han categorizado en dos grandes grupos, positivas y negativas, y las más representativas de estos grupos son la alegría y la tristeza, respectivamente. Las respuestas corporales que acompañan a las emociones incluyen modificaciones de las frecuencias cardíaca y/o respiratoria, de la transpiración, de la expresión facial, entre muchas otras. Estas respuestas son producidas principalmente por cambios en el grado de activación del sistema nervioso autónomo, tanto simpático como parasimpático, generando cada emoción un patrón diferente de respuestas. Desde hace tiempo se sabe que en pacientes con asma los estados de estrés o de emociones intensas pueden desencadenar una crisis de broncospasmo (aumento de la resistencia de las vías aéreas). Sin embargo, no es claro si los estados emocionales pueden inducir cambios significativos de la mecánica pulmonar en sujetos sanos pulmonares, en especial en niños. El sistema de oscilometría de impulso (IOS, por sus siglas en inglés) y la medición de la resistencia por el método de la interrupción (Rint) son técnicas relativamente novedosas que permiten evaluar ya sea la impedancia del sistema respiratorio, en el caso de la IOS, o la resistencia total de las vías aéreas, en el caso del Rint. Ambas técnicas tienen la gran ventaja de ser no invasivas, sencillas de realizar, que no requieren participación activa del sujeto y que se pueden hacer a cualquier edad. **OBJETIVO:** Identificar los cambios en los parámetros del IOS, así como del Rint, que ocurren en niños que son sometidos a una emoción de alegría o tristeza. **MATERIAL Y MÉTODOS:** El presente fue un estudio clínico experimental de dos grupos, aleatorizado y abierto, en el cual se midieron los diversos parámetros del IOS y el Rint antes y durante un estímulo emocional de alegría o de tristeza. De entre los niños de 6 a 12 años de edad que acudían a los servicios de Neumología, Ortopedia, Urología, Oftalmología u otros servicios del Hospital de Pediatría del CMN siglo XXI, se platicó con los padres acerca del estudio y si por interrogatorio el niño cumplía los criterios de selección se le invitó a participar. A los padres que aceptaron se les pidió que firmaran la carta de consentimiento informado, y a los niños mayores de 8 años se les pidió que firmaran la carta de asentimiento. Después de una medición basal de IOS y Rint se llevó a cabo un sorteo donde el niño podía tener la posibilidad de ganar un regalo, con el propósito de que el niño se pusiera alegre si ganaba, o triste si perdía. Posterior a eso, en los minutos siguientes se le realizó una segunda medición de IOS. Una vez concluidas las mediciones, se aplicó un cuestionario para saber el grado de alegría o tristeza que había tenido. **Análisis estadístico:** Después de corroborar la distribución normal de las variables de intervalo, los cambios (antes vs después) de cada uno de los parámetros del IOS y el

Rint se evaluaron mediante prueba t de Student pareada. Para evaluar diferencias entre ambos grupos (niños alegres vs niños tristes) se aplicó prueba t de Student no pareada. **RESULTADOS:** Se estudiaron 34 niños sanos pulmonares, de los cuales 17 recibieron regalo y 17 no lo recibieron. La edad de los niños varió entre 5 y 16.1 años de edad, con promedio  $\pm$  error estándar de  $10.6 \pm 0.62$  años; 24 eran hombres y 10 mujeres. En 8 niños, 4 en cada grupo, la técnica de IOS no cumplió los criterios de calidad por lo que estos registros de IOS se eliminaron del análisis. Encontramos que el estímulo de tristeza (perder el regalo) se acompañó de una disminución de las resistencias respiratorias a IOS, en especial R10Hz ( $p=0.007$ ), R15Hz ( $p=0.0095$ ) y R20Hz ( $p=0.039$ ), así como un aumento de la reactancia a 20 Hz (X20Hz,  $p=0.0054$ ). Representados como porcentaje de la medición final con respecto a la basal, estos cambios correspondieron a 91.77%, 92.81%, 93.41% y 190.89%. La medición de la Rint y sus parámetros asociados no mostró diferencias significativas en ninguno de los grupos. El estímulo de alegría (ganar el regalo) no se acompañó de cambios significativos en el IOS o el Rint. No hubo diferencias significativas entre ambos grupos con respecto a edad, sexo, antecedentes y otras variables de caracterización. **CONCLUSIÓN:** La tristeza se asocia con una disminución de las resistencias respiratorias en niños sanos pulmonares.

---

## ANTECEDENTES

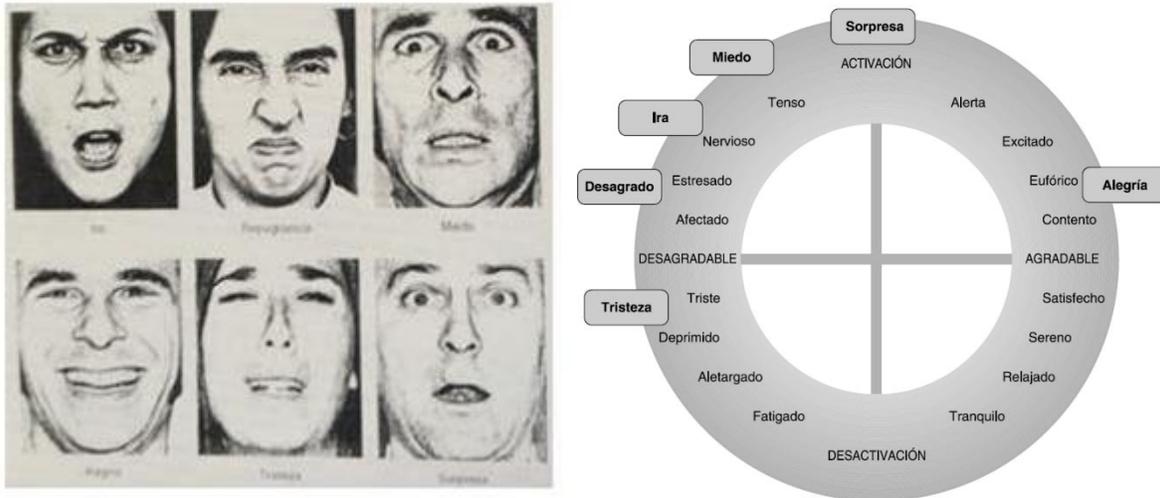
---

### Generalidades de la alegría y la tristeza

#### *Definición de emoción*

El término emoción se define como una experiencia subjetiva y consciente caracterizada por reacciones biológicas y estados mentales [1]. Hace referencia a una serie de reacciones de duración limitada que representan una forma de adaptación a ciertos estímulos como la percepción de objetos, personas, acontecimientos, situaciones, recuerdos, etc., y que además de la experiencia subjetiva se acompaña de respuestas corporales tales como cambios en la frecuencia cardiaca, transpiración, modificaciones de la expresión facial, entre otras.

Cualquier proceso psicológico conlleva una experiencia emocional de mayor o menor intensidad, pero la calidad de esta experiencia puede ser de matices muy diferentes. En este sentido, las emociones humanas suelen clasificarse en ocho grandes grupos: miedo, ira, alegría, tristeza, confianza, asco, anticipación, sorpresa [2]. Algunos autores, como Paul Ekman, han estudiado la expresión facial de la emoción y han sugerido que existen seis expresiones básicas de emoción correspondientes a la ira, el desagrado, el miedo, la alegría, la tristeza y la sorpresa [3, 4] (**Figura 1**). Cada una de las expresiones se caracteriza por un subconjunto distintivo de movimientos de los músculos faciales y la habilidad para realizarlos parece innata. Los niños manifiestan estas expresiones faciales, al igual que la personas ciegas de nacimiento y que, por lo tanto nunca han tenido la oportunidad de imitarlas. Parece ser que dichas expresiones faciales son universales y similares en variedad, apariencia, e interpretación.



**Figura 1.** En el panel izquierdo se aprecian las seis expresiones faciales que se encuentran prácticamente en todas las culturas, cada una de ellas llevada a cabo mediante un subconjunto único de movimientos faciales. En el panel derecho, en el eje horizontal se muestra el valor o cualidad de la emoción, mientras que en el eje vertical se muestra el grado de activación, lo que permite dar una gama de estados emocionales, resaltando las emociones básicas en recuadros. Modificado de Smith y Kosslyn 2008.

### Conceptos de alegría y tristeza

Las emociones también se han agrupado en dos grandes categorías, las emociones positivas y las emociones negativas, y las más representativas de estos grupos son la alegría y la tristeza, respectivamente.

La palabra alegría deriva del latín *alicer* o *alecris*, que significa *rápido, vivaz, animado*. La alegría o felicidad es una emoción positiva que surge cuando la persona experimenta una atenuación en su estado de malestar, cuando consigue alguna meta u objetivo deseado o cuando tiene una experiencia estética [2].

La palabra tristeza proviene del latín *tristis*, cuyo significado corresponde precisamente a dicho estado emocional. La tristeza abarca los sentimientos de soledad, apatía, autocompasión, desconsuelo, melancolía, pesimismo y desánimo, entre otros [5]. Se dice que la persona está triste cuando, a nivel cognitivo, se produce una falta de interés y de motivación por actividades que antes eran satisfactorias y se vislumbra la realidad desde un ángulo negativo; sólo se ve lo malo de las situaciones, a nivel conductual la persona suele restringir las actividades físicas, haciendo muy poco o nada, y presenta

modificaciones en las facciones y en la postura. La tristeza, clasificada como emoción primaria se considera una emoción negativa [6]. Se ha de destacar que las emociones negativas duran más y son más frecuentes que las emociones positivas debido a que en la cotidianidad se suceden más hechos y situaciones frustrantes que satisfactorias [7].

### **Efectos fisiológicos de la alegría y la tristeza**

Puesto que las emociones son experiencias multidimensionales, con al menos tres tipos de respuestas: cognitivas/subjetivas, conductuales/expresivas y fisiológicas/adaptativas [2], una característica implícita es su capacidad para generar respuestas fisiológicas en diversos órganos, producidas principalmente a través de cambios en el grado de activación del sistema nervioso autónomo, tanto simpático como parasimpático.

#### *Cambios fisiológicos en las emociones*

Desde 1884 William James propuso una teoría que tomaba en consideración los hechos conocidos en su época sobre las manifestaciones neurovegetativas de las emociones y sobre los comportamientos concomitantes [5, 8, 9]. Afirmaba que la emoción es de naturaleza consciente y se explica por la repercusión sobre la conciencia de las manifestaciones periféricas provocadas por la percepción del objeto que causa la emoción. Es decir que la percepción mental excita la aparición de la emoción, y que este último estado de la mente origina la expresión física. James diferencia dos tipos de emociones: unas que tienen manifestaciones corporales más intensas, como la ira, el amor, el miedo, el odio, la alegría, la aflicción, la vergüenza y el orgullo, y otras que generan respuestas menos intensas, entre las que se encuentran reacciones morales, intelectuales y estéticas. Por ejemplo, durante el estado emocional de miedo ante un peligro el corazón acelera su ritmo, la respiración se agita, los músculos se tensan, las pupilas se dilatan, los vasos sanguíneos de la piel se contraen, es decir se activa el sistema nervioso autónomo para poder huir. Estos cambios son producidos por la activación el

sistema nervioso simpático, y una vez pasado el peligro el sistema nervioso parasimpático se encargara de reducir la excitación gradualmente.

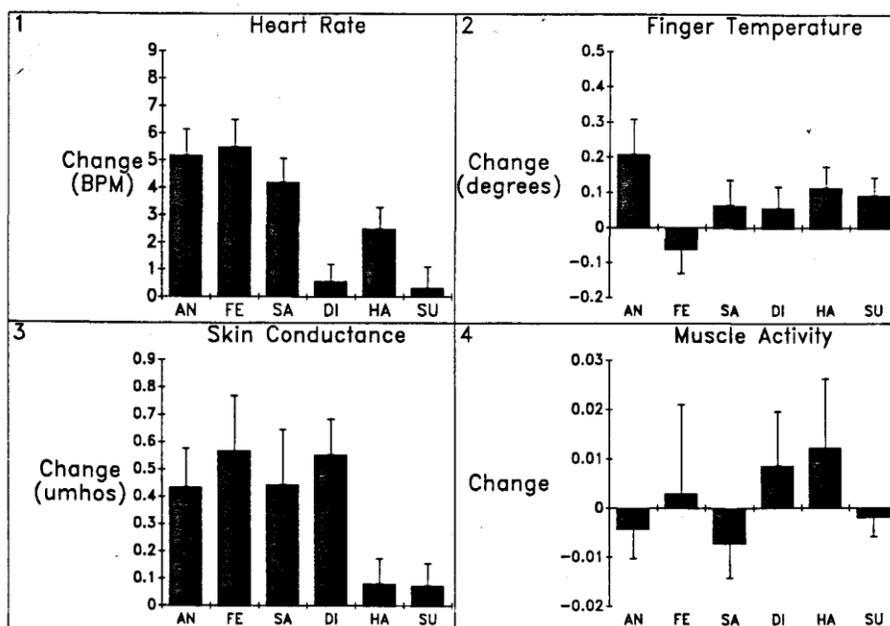
#### *Cambios fisiológicos en la alegría*

La alegría se acompaña de una ligera aceleración de la frecuencia cardiaca, aumento de la presión sistólica y diastólica, y del volumen sanguíneo, fluctuaciones notorias en la actividad electrodérmica, disminución del tono muscular, mayor frecuencia espiratoria (aunque no se altera el ritmo respiratorio) y movimientos rápidos de baja amplitud y alta frecuencia que se corresponden con el carcajeo y tienen su origen en las contracciones del diafragma y los músculos abdominales [9]. La alegría también hace modificaciones endocrinas diversas (incremento de endorfinas).

#### *Cambios fisiológicos en la tristeza*

Durante un estado de tristeza se observa elevación del tono muscular o, cuando la intensidad de la tristeza es alta, una reducción del mismo; el ritmo respiratorio de mantiene estable y se observan cambios en la amplitud de respiración [9]. El corazón late con frecuencia algo mayor, pero el volumen de sangre bombeado se reduce. Aumenta la resistencia vascular periférica y los niveles de presión sanguínea sistólica y diastólica. Aumenta el nivel de conductancia de la piel, siendo la emoción que alcanza los niveles más altos. En la depresión, aumenta considerablemente el nivel de cortisol en sangre lo que refleja una disfunción en el eje HPA que puede constituir una causa de algunos cuadros depresivos.

Estudios más recientes han corroborado que los distintos tipos de emociones generan patrones diferentes de respuestas autonómicas [10, 11]. Así, tanto la alegría como la tristeza provocan un aumento de la frecuencia cardiaca y de la conductancia de la piel, pero la tristeza lo hace en una mayor medida que la alegría. La tonicidad de los músculos voluntarios aumenta con la alegría pero disminuye discretamente con la tristeza (**Figura 2**).



**Figura 2.** Cambios en la frecuencia cardiaca (panel 1), la temperatura de los dedos (panel 2), la conductancia de la piel (panel 3) y la actividad muscular (panel 4) durante seis estados emocionales. AN=ira, FE=miedo, SA=tristeza, DI=disgusto, HA=alegría o felicidad, SU=sorpresa. (Figura 1 del estudio de Levenson y col, 1990).

En contraste con la caracterización de las respuestas cardiovasculares o neurohormonales en la alegría y tristeza, son pocos los estudios que hay sobre los efectos de estas emociones sobre la mecánica pulmonar. Las vías aéreas están ricamente innervadas por el sistema nervioso parasimpático, y contienen además una alta densidad de receptores adrenérgicos, por lo que es razonable suponer que las emociones también impactan sobre su fisiología al modificar la actividad del sistema nervioso autónomo y de forma secundaria liberar hormonas como la adrenalina.

Desde hace mucho tiempo se sabe que en los pacientes con asma los períodos de estrés o las emociones intensas pueden desencadenar una crisis de broncoespasmo con aumento de la resistencia de las vías aéreas. Recientemente un grupo de investigadores alemanes ha empleado la misma técnica que usaremos nosotros (oscilometría de impulso) para corroborar que adultos asmáticos a quienes se les induce un estado emocional de desagrado al ver películas y fotos presentan un aumento de las resistencias del sistema respiratorio [12-14]. Sin embargo, no es claro si los estados emocionales pueden inducir

cambios significativos de la mecánica pulmonar en sujetos sanos pulmonares o con otras neumopatías diferentes del asma, en especial en niños.

### **El sistema de oscilometría de impulso (IOS)**

Las bases del IOS fueron descritas desde hace casi 60 años por DuBois y col. [15], pero no fue sino hasta finales de los años 1990s que se desarrolló la tecnología apropiada para la comercialización de los equipos. Esta técnica se está popularizando pues es no invasiva, sencilla de realizar y al no requerir participación activa del sujeto se puede realizar a cualquier edad, desde neonatos hasta ancianos. En 2007 la *American Thoracic Society* y la *European Respiratory Society* publicaron guías para la estandarización del IOS en niños [13].

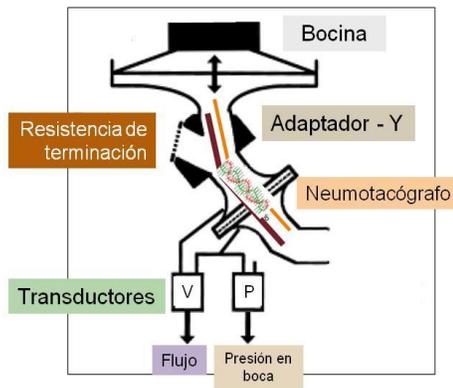
Para comprender mejor los parámetros que mide el IOS, vale la pena recordar que para que el aire ambiental entre y salga de los pulmones primero deben vencerse tres elementos:

1. La *elastancia* propia de los tejidos, que en la inspiración se oponen a ser estirados para dar cabida al volumen de aire que ingresa, mientras que en la espiración actúan en sentido contrario favoreciendo la salida del aire.
2. La *resistencia* al flujo del aire, debido a la fricción a su paso por las vías aéreas.
3. La *inertancia* del aire y de los tejidos, es decir, la tendencia (inercia) de éstos a mantenerse en reposo. La oposición a ponerse en movimiento es progresivamente menor conforme el flujo de aire se acelera cada vez más.

Por lo tanto, la presión necesaria para vencer estos tres elementos está caracterizada por la siguiente fórmula:

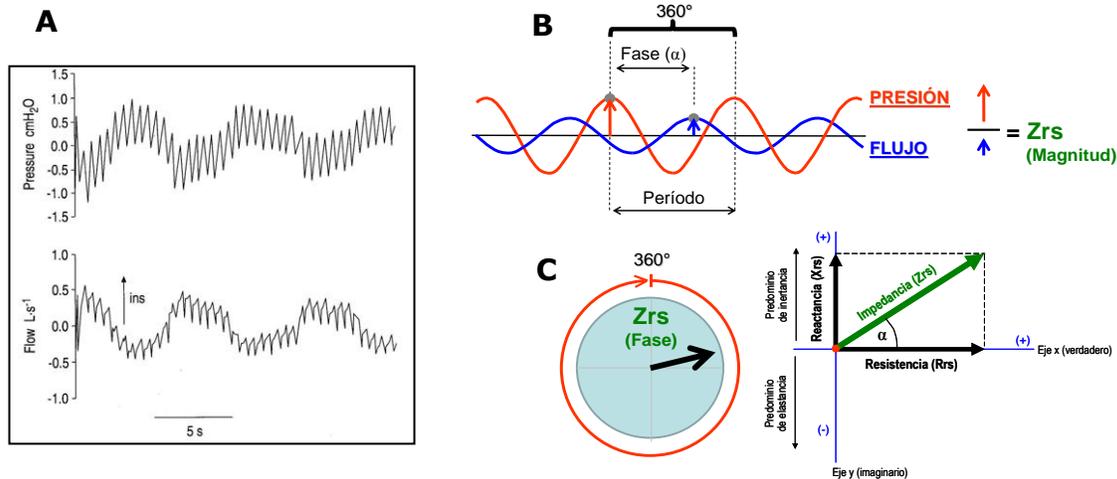
$$\text{Presión} = (\text{Elastancia} \times \text{Volumen}) + (\text{Resistencia} \times \text{Flujo}) + (\text{Inertancia} \times \text{Aceleración del flujo}).$$

La medición con el IOS se lleva a cabo de la siguiente manera (**Figura 3**). El sujeto respira tranquilamente a través de una mascarilla o boquilla provista de filtro antimicrobiano. El equipo tiene una bocina que envía sonidos (“clicks”) breves y repetitivos



**Figura 3.** Medición de las resistencias y reactancias pulmonares a través del sistema de oscilometría de impulso.

(aproximadamente 5 “clics” por segundo) que generan pequeños pulsos de presión que se superponen al flujo respiratorio normal. Cada “clic” está compuesto por una combinación de ondas sonoras a diferentes frecuencias de oscilación (5, 10, 15 y 20 Hz). Cada “clic” genera perturbaciones en el aire inspirado y espirado, tanto en la curva de presión como en la de flujo (**Figura 4A**). El equipo entonces evalúa automáticamente el efecto que estos “clics” tuvieron sobre ambas curvas, calculando el grado de oposición que presentó el sistema respiratorio ( $r_s$ , por sus siglas en inglés). Al relacionar los cambios absolutos de presión con los cambios absolutos de flujo el equipo calcula la **impedancia** ( $Z$ ) del sistema respiratorio ( $Z_r$ ). Sin embargo, otro dato que se debe tomar en cuenta es el grado de desfase que hay entre la aparición de cambios en la presión y la aparición de cambios en el flujo (**Figura 4B**). Mientras más oposición haya para los cambios, más tarde será la respuesta y por lo tanto más desfasada estará la presión con respecto al flujo. El grado de desfase determina la inclinación que el vector de impedancia tendrá en el plano cartesiano (**Figura 4C**). La proyección de la impedancia en el eje x (verdadero) da la **resistencia** ( $R$ ) del sistema respiratorio ( $R_r$ ), que está determinada principalmente por la resistencia al flujo del aire. Por su parte, la proyección de la impedancia en el eje y (imaginario) da la **reactancia** ( $X$ ) del sistema respiratorio ( $X_r$ ), que está más relacionada con la elastancia y la inertancia.



**Figura 4.** Principios básicos de la medición de la impedancia del sistema respiratorio mediante la oscilometría de impulso. Para su descripción ver el texto.

Mediante análisis complejos (transformación de Fourier) el equipo desglosa los valores de las  $Rrs$  y la  $Xrs$  para cada frecuencia de oscilación (5, 10, 15 y 20 Hz), por lo que los parámetros más relevantes del IOS, que fueron los que se evaluaron en este estudio, son:  **$Rrs5$ ,  $Rrs10$ ,  $Rrs15$  y  $Rrs20$** , en cuanto a resistencias, y  **$Xrs5$ ,  $Xrs10$ ,  $Xrs15$  y  $Xrs20$**  en cuanto a reactividades.

### La medición de la resistencia por el método de la interrupción ( $R_{int}$ )

Al igual que ocurrió con la IOS, los principios básicos de la medición de la resistencia de las vías aéreas por el método de la interrupción fueron descritos hace muchos años, en 1927, pero no fue sino hasta las últimas décadas que la tecnología y la computación avanzaron lo suficiente como para poner el equipo apropiado al alcance de los médicos. Este método también se realiza con el sujeto respirando a volumen corriente y se basa en que mediante el cierre de una válvula el equipo hace una interrupción súbita y completa, pero muy breve (0.1 s) del flujo aéreo [15b]. Durante la interrupción se produce un equilibrio de las presiones en todo el árbol traqueobronquial, por lo que la medición que se hace de la presión a nivel de la boca será la misma que la presión a nivel alveolar. Al dividir esta

presión entre el flujo aéreo que había inmediatamente antes de la obstrucción se puede calcular la resistencia total de las vías aéreas.

---

## **PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN**

---

La alegría y la tristeza son estados emocionales que se acompañan de algunas respuestas fisiológicas mediadas por el sistema nervioso autónomo. Estas respuestas se han estudiado especialmente a nivel del sistema cardiovascular, tono muscular, piel y perfil bioquímico, pero hay muy poca información sobre su impacto en el sistema respiratorio. Los pacientes con asma tienen una mayor reactividad de las vías aéreas ante estímulos comunes, incluyendo estados emocionales, y en ellos se ha documentado un aumento de las resistencias respiratorias ante emociones. Sin embargo, los posibles cambios en la mecánica pulmonar en sujetos sanos pulmonares es poco conocida, y prácticamente nula en niños. Por lo tanto, en este estudio planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Habrá cambios en los parámetros funcionales respiratorios medidos por el IOS y la Rint durante un estado de alegría o tristeza en niños?

---

## **JUSTIFICACIÓN**

---

Al igual que numerosas ramas de la medicina, el conocimiento de la fisiología pulmonar ha avanzado mucho en las últimas décadas. Sin embargo, el impacto que las emociones tienen sobre el calibre de las vías aéreas es un área que aún no ha recibido mucha atención. Se sabe que sistema nervioso parasimpático brinda una amplia inervación aferente y eferente a las vías aéreas, favoreciendo la disminución de su calibre [16, 17]. Por su parte, aunque la inervación por el sistema nervioso simpático es muy escasa y cuando mucho limitada a vías aéreas centrales, el músculo liso bronquial tiene una alta densidad de receptores beta adrenérgicos que pueden ser estimulados por adrenalina

circulante, favoreciendo la broncodilatación [16, 17]. Por lo tanto, es razonable suponer que durante los estados emocionales la activación de estos sistemas nerviosos autónomos podría modificar la impedancia de las vías aéreas y, más aún, las respuestas podrían ser diferentes en estados emocionales tan disímiles como la alegría y la tristeza. De corroborarse esta posibilidad con el presente estudio, se tendría un avance en el conocimiento de la fisiología pulmonar que, a la vez, podría tener implicaciones clínicas ya que, por ejemplo, al realizar un estudio de IOS se podría pedir como requisito previo que el sujeto no haya pasado por un estado emocional intenso en los minutos previos a la prueba.

---

## HIPÓTESIS

---

1. Un estímulo emocional de alegría se acompañará de una disminución de más del 20% de la impedancia respiratoria en alguno de los parámetros medidos por el IOS, en comparación con la impedancia basal antes del estímulo.
2. Un estímulo emocional de tristeza se acompañará de un incremento de más del 20% de la impedancia respiratoria en alguno de los parámetros medidos por el IOS, en comparación con la impedancia basal antes del estímulo.

---

## OBJETIVOS

---

### **Objetivo general**

Identificar los cambios en los parámetros del IOS que ocurren en niños cuando son sometidos a una emoción de alegría o tristeza, y evaluar si éstos son diferentes en ambas emociones.

### **Objetivos particulares**

1. Identificar los cambios en los parámetros del IOS que ocurren en niños cuando son sometidos a un estímulo de alegría, en comparación con la medición de IOS basal.
2. Identificar los cambios en los parámetros del IOS que ocurren en niños cuando son sometidos a un estímulo de tristeza, en comparación con la medición de IOS basal.
3. Evaluar si los cambios observados en los parámetros del IOS ante un estímulo de alegría son diferentes de los que ocurren ante un estímulo emocional de tristeza.

---

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

---

### **Diseño del estudio**

Fue un estudio clínico prospectivo, longitudinal, analítico y experimental de dos ramas, en el cual se midieron los diversos parámetros del IOS antes y durante un estímulo emocional de alegría o de tristeza.

### **Descripción general del estudio**

El estudio se realizó en el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI. Las mediciones del IOS se hicieron siempre teniendo presentes en el Laboratorio de Fisiología Pulmonar a dos niños. Se realizó la siguiente secuencia con cada pareja de niños:

**1. Reclutamiento e IOS basal.** De entre los niños que acudieron a los servicios de Neumología, Ortopedia, Urología, Oftalmología u otros servicios, se platicó con los padres acerca del estudio y si por interrogatorio el niño cumplió los criterios de selección se le invito a participar. A los padres que aceptaron se les pidió que firmaran la carta de consentimiento informado (**anexo 1**), y a los niños mayores de 7 años se les pidió que

firmen la carta de asentimiento (**anexo 2**). Los niños reclutados fueron llevados al laboratorio de Fisiología Pulmonar, donde se midió su estatura y su peso y se les hizo una medición basal de IOS y de Rint.

**2. Maniobra para inducir alegría o tristeza.** Se le explicó al niño que como agradecimiento de su participación se haría un sorteo donde tenía la posibilidad de ganar un regalo (pelota, carrito, cuadernos para colorear y/o bolsa de dulces). Se metieron dos papeles doblados en una bolsa de plástico transparente y si el niño sacaba el papel marcado ganaba el regalo. Se esperaba que el ganador estuviera alegre y el perdedor estuviera triste.

**3. Realización de una segunda IOS durante la alegría o tristeza.** Inmediatamente después del sorteo, se realizó la segunda medición de IOS y de Rint.

**4. Recompensa para el niño perdedor y cuestionario.** Una vez finalizada la segunda medición de IOS, se le dio al niño perdedor el mismo regalo que se le hizo al otro niño y se le pidió que contestara un cuestionario (**anexo 3**) para señalar qué tanta alegría o tristeza había tenido al ganar o perder el regalo.

## **Criterios de selección**

### *Criterios de inclusión*

1. Cualquier sexo.
2. Edad entre 6 y 12 años. (La edad mínima se escogió porque consideramos que a esa edad el niño está suficientemente socializado como para manifestar tristeza más bien que enojo como sería el caso en niños de menor edad.)
3. Que por interrogatorio no tengan antecedente o datos sugestivos de cardiopatía (por ejemplo, palpitaciones, fatiga al ejercicio, etc.) y que la exploración del área cardíaca sea normal.
4. Que firmen la carta de asentimiento (**anexo 2**) y que sus padres o tutores legales firmen la carta de consentimiento (**anexo 1**).

### *Criterios de exclusión*

1. Niños con alguna condición que impida la realización de los procedimientos o la correcta interpretación de los mismos, tales como traqueostomía o deformidad evidente de la caja torácica.
2. Niños con diagnóstico de alguna enfermedad psiquiátrica o deficiencia mental.
3. Infección respiratoria aguda en las últimas 3 semanas.

### *Criterios de eliminación*

1. Que el niño o el padre solicite la terminación del estudio.
2. Que el niño no logre realizar de forma confiable el IOS.

### **Definición de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Escala y unidad de medición</b>
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>			
Emoción (de alegría o tristeza)	Proceso mental y físico que incluye aspectos de experiencia subjetiva, evaluación y valoración, motivación y respuestas corporales tales como cambios en la frecuencia cardiaca, transpiración y modificaciones de la expresión facial.	La misma que la conceptual. Para desencadenar un estado emocional temporal de alegría o tristeza, estando dos niños presentes se hará una rifa para que uno de los dos gane un regalo (pelota y bolsa de dulces). Se espera que este niño se ponga alegre mientras que el niño que no ganó el regalo se ponga triste (ver la descripción completa de la maniobra está en el inciso 2 de la Descripción general del estudio). La presencia de estas emociones se corroborará con un cuestionario aplicado después de la segunda medición de IOS.	Catagórica, dicotómica - alegría - tristeza
<b>VARIABLES DEPENDIENTE</b>			
Oscilometría de impulso	Técnica que mide la impedancia pulmonar (compuesta por resistencias y reactancias) mediante el envío de pulsos sonoros cortos y repetitivos, con medición subsecuente de las perturbaciones que originan sobre la presión y el flujo de una respiración a volumen corriente.	La misma que la conceptual. Se empleará un equipo IOS Jaeger, evaluando por separado cada una de las resistencias (Rrs) y reactancias (Xrs) del sistema respiratorio a las frecuencias sonoras de 5, 10, 15 y 20 Hz ( <b>Rrs5, Rrs10, Rrs15, Rrs20, Xrs5, Xrs10, Xrs15, Xrs20</b> )	De intervalo, continua: - KPa/L/s

VARIABLES DE GRUPO O UNIVERSALES			
Sexo	Características anatómicas que distinguen en una misma especie al individuo masculino y femenino.	Hombre o mujer según su fenotipo.	Categórica dicotómica: -masculino -femenino
Edad	Tiempo cronológico que ha transcurrido desde el nacimiento hasta un momento determinado.	Se calculará mediante la fecha de nacimiento y la fecha del estudio.	Cuantitativa, continua: -años
Peso	Fuerza con que la Tierra atrae a un cuerpo.	Medida que se obtuvo al momento del estudio colocando al niño en una báscula de precisión.	Cuantitativa, continua: -kilogramos
Estatura	Medición de la base de los pies al plano superior de la cabeza.	Medida que se obtuvo al momento del estudio colocando al niño en un estadímetro.	Cuantitativa, continua: -centímetros
Índice de masa corporal	Medida de asociación entre el peso y la estatura de un individuo.	La misma que la conceptual, que será calculada empleando el peso y la estatura.	Cuantitativa, continua: -kg/m <sup>2</sup>

### Medición del IOS

Esta medición se llevó a cabo empleando un equipo comercial (MS IOS, Erich Jaeger, CareFusion, San Diego, California, USA) que fue calibrado diariamente en cuanto a flujo con una jeringa de 3 L y en cuanto a presión colocando una impedancia conocida de 0.2 Kpa suministrada por el fabricante del equipo. La medición se hizo siguiendo las recomendaciones internacionales de la siguiente manera [18-20]:

1. Con el niño sentado y con una pinza en la nariz se le pidió al niño que presionara sus mejillas con ambas manos y respirara tranquilamente a través de la boquilla del filtro antibacteriano desechable conectado al equipo, sellándola con sus labios y sin obstruirla con la lengua.
2. Se le demostró que el ruido que realiza el aparato cada vez que hace las mediciones y se le explico que no debe asustarse y que debe seguir respirando tranquilamente.
3. Se inició la medición, en la cual el equipo envía pequeños pulsos de presión a una frecuencia aproximada de 5 “clicks” por segundo y durante 30 s; después de un minuto de descanso se hizo otra medición de 30 s, y posterior a un nuevo minuto de descanso se hizo una tercera medición de 30 s.

4. Cada medición de 30 s se evaluó para corroborar que haya sido adecuada, para lo cual debió de cumplir lo siguiente: a) la morfología de las curvas estuvo libre de artefactos, y b) la coherencia (que es calculada por el equipo y determina la correlación que existe entre las señales que entran y salen) fue por lo menos de 0.6 a 5 Hz y de 0.9 a 10 Hz.
1. La información de cada una de las 3 mediciones de 30 s fue capturada en una hoja electrónica y el resultado final correspondió al promedio de las tres. Las variables de interés fueron **Rrs5**, **Rrs10**, **Rrs15**, **Rrs20**, **Xrs5**, **Xrs10**, **Xrs15** y **Xrs20**, que corresponden a las resistencias (Rrs) y reactancias (Xrs) del sistema respiratorio medidas a 5, 10, 15 y 20 Hz, respectivamente.

### **Análisis estadístico**

Para resumir las variables categóricas se utilizaron frecuencias absolutas y relativas. Después de corroborar la distribución normal de las variables de intervalo, se utilizó promedio y error estándar para caracterizarlas y los cambios (antes vs después) de cada uno de los parámetros del IOS y el Rint se evaluaron mediante prueba t de Student pareada. Para evaluar diferencias entre ambos grupos (niños alegres vs niños tristes) se aplicó prueba t de Student no pareada.

---

## **CONSIDERACIONES ÉTICAS**

---

A los padres o tutores legales de los niños participantes se les explicó el propósito y los métodos del estudio y se les pidió que firmaran la carta de consentimiento informado. A los niños también se les pidió su aprobación, explicando con palabras sencillas cuál sería su participación en el estudio. A aquellos niños mayores de 7 años se les pidió además que manifiesten su aprobación firmando la carta de asentimiento. El proyecto fue evaluado por la Comisión Local de Investigación en Salud del Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI y

fue autorizado con el número de registro R-2015-3603-71. El estudio fue conducido de acuerdo con las normas éticas, el reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud y con la declaración de Helsinki de 1975, revisada en 1996 en Sudáfrica, así como de acuerdo a la buena práctica clínica.

---

## RESULTADOS

---

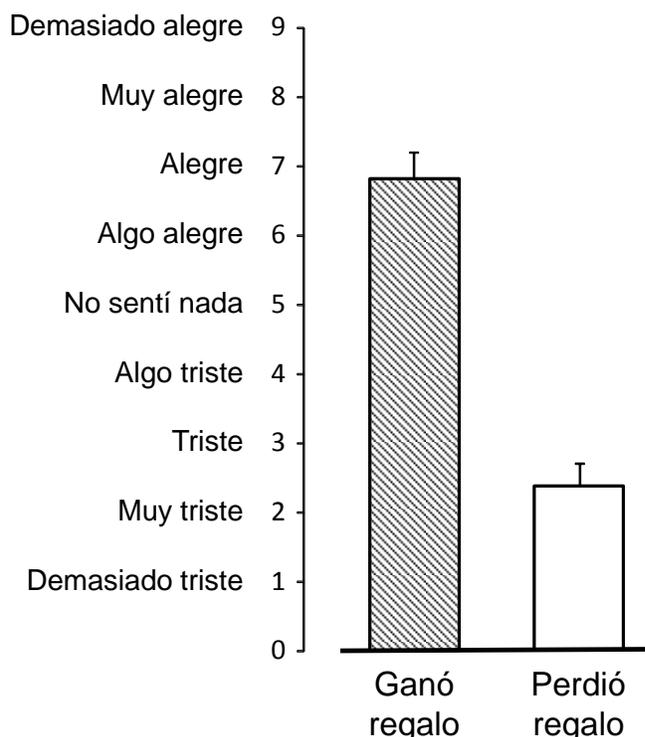
Para el presente estudio se reclutaron 34 niños, de los cuales 28 eran pacientes que acudían a la consulta externa de algún servicio del Hospital de Pediatría, a excepción del servicio de Neumología, y 6 eran familiares que estaban acompañando al paciente. Los diferentes servicios de procedencia se desglosan en la **Tabla 1**. La edad de los niños varió entre 5 y 16.1 años de edad, con promedio  $\pm$  error estándar de  $10.6 \pm 0.62$  años; 24 eran hombres y 10 mujeres.

**Tabla 1. Servicio de procedencia de los pacientes incluidos en el estudio**

	Estímulo de Alegría (n=17)	Estímulo de Tristeza (n=17)
Urología	6	4
Ortopedia	3	5
Ninguno (Familiar)	3	3
Genética	1	2
Endocrinología	1	0
Infectología	1	0
Neurología	1	0
Otorrinolaringología	1	0
Cardiología	0	1
Cirugía de cuello	0	1
Oncología	0	1

En cada niño la función pulmonar se evaluó mediante IOS y Rint en dos ocasiones, la primera en condiciones basales y la segunda después de haber tenido un estímulo de alegría o de tristeza. El estímulo se generó al ganar o perder un sorteo donde el ganador recibió un regalo. El análisis final mostró que la mitad de la población (n=17) había recibido el estímulo de alegría (ganaron el regalo) y la otra mitad el estímulo de tristeza (no ganaron el regalo). Mediante el cuestionario aplicado al final de las mediciones pudimos corroborar que, efectivamente, el obtener el regalo había generado alegría y el no obtenerlo había generado tristeza. Así, la calificación obtenida por los niños que recibieron regalo fue de  $2.35 \pm 0.35$ , mientras que en los niños que no ganaron regalo fue de  $6.32 \pm 0.38$  (**Figura 5**). Al dividir a la población en estos dos grupos, no encontramos diferencias antropométricas entre ellos (**Tabla 2**). De igual forma, tampoco hubo diferencias significativas entre ambos grupos con respecto a antecedentes gestacionales (**Tabla 3**), de exposición a humos o insecticidas antes del estudio (**Tabla 4**) o de alimentación, hábitos y rendimiento escolar (**Tabla 5**).

Al evaluar la calidad de las maniobras de IOS y Rint encontramos que en 8 niños, 4 de cada grupo, la técnica de IOS había sido defectuosa, por lo que estos registros se elimi-



**Figura 5.** Calificaciones otorgadas por los niños para calificar su estado emocional de alegría (barra gris) o tristeza (barra blanca) al ganar o perder el regalo, respectivamente. Las barras corresponden a promedio + error estándar.

**Tabla 2. Características antropométricas de la población estudiada**

	Estímulo de Alegría (n = 17)	Estímulo de Tristeza (n = 17)	p*
Edad (años)	10.1 ± 0.8	11.2 ± 0.9	0.38
Sexo masculino	11 (64.7)	13 (76.5)	0.71
Peso (kg)	39.6 ± 4.6	40.9 ± 4.7	0.84
Estatura (cm)	134.7 ± 5	142.8 ± 5.9	0.31
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20.5 ± 1	19 ± 1	0.30

*Los datos corresponden a promedio ± error estándar o a número de sujetos (%).*

*\*Significancia estadística calculada con prueba t de Student no pareada o prueba exacta de Fisher, según corresponda.*

naron del análisis. La **Tabla 5** muestra los resultados de la evaluación de la función pulmonar antes y después de los estímulos de alegría o tristeza, que fue el objetivo principal del estudio. Como se puede observar en esa tabla, los niños que tuvieron el estímulo de alegría no mostraron cambios relevantes en ninguno de los parámetros de la IOS o de la Rint. Por el contrario, los niños que tuvieron estímulo de tristeza mostraron una disminución estadísticamente significativa de las resistencias medidas por IOS, en especial R10Hz (p=0.007), R15Hz (p=0.0095) y R20Hz (p=0.039), así como un aumento de la reactancia a 20 Hz (X20Hz, p=0.0054). Representados como porcentaje de la medición final con respecto a la basal, estos cambios correspondieron a 91.77%, 92.81%, 93.41% y 190.89%. La medición de la Rint y sus parámetros asociados no mostró diferencias significativas en ninguno de los grupos.

**Tabla 3. Antecedentes gestacionales en la población estudiada.**

	Estímulo de Alegría (n = 17)	Estímulo de Tristeza (n = 17)	p*
Semanas de gestación	36.3 ± 0.5	36.7 ± 0.6	0.567
Tabaquismo activo en embarazo	1 (5.9)	0 (0)	1
Tabaquismo pasivo en embarazo	6 (35.3)	1 (5.9)	0.085
Meses de exposición	8.3 ± 0.7	9 ± --	--
Horas al día	1.2 ± 0.5	3.5 ± --	--
Peso al nacer (kg)	3 ± 0.2	3.1 ± 0.2	0.589

*Los datos corresponden a promedio ± error estándar o a número de sujetos (%).*

*\*Significancia estadística calculada con prueba t de Student no pareada o prueba exacta de Fisher, según corresponda.*

**Tabla 4. Antecedentes de exposición a humos o insecticidas en los últimos 30 días antes del estudio.**

	Estímulo de Alegría (n = 17)	Estímulo de Tristeza (n = 17)	p*
Exposición pasiva a humo de tabaco	8 (47.1)	9 (52.9)	1
Días	9.5 ± 4.5	6.4 ± 3.1	0.572
Horas al día	1.4 ± 0.4	1 ± 0.2	0.361
Exposición a humo de leña	4 (23.5)	4 (23.5)	1
Días	1.5 ± 0.5	1.3 ± 0.3	0.67
Horas al día	1.8 ± 0.4	1.3 ± 0.1	0.315
Exposición a insecticidas	3 (17.6)	2 (11.8)	1
Días	1.7 ± 0.7	16 ± 14	0.265
Horas al día	1.5 ± 0.5	3.8 ± 2.8	0.372

*Los datos corresponden a promedio ± error estándar o a número de sujetos (%).*

*\*Significancia estadística calculada con prueba t de Student no pareada o prueba exacta de Fisher, según corresponda.*

**Tabla 5. Antecedentes de alimentación, hábitos y rendimiento escolar en la población estudiada.**

	Estímulo de Alegría (n = 17)	Estímulo de Tristeza (n = 17)	p*
Leche materna <sup>1</sup>	13 (76.5)	12 (70.6)	1
Ingestión de comida picante <sup>2</sup>	12 (70.6)	12 (70.6)	1
Días <sup>2</sup>	9.9 ± 2.7	12.2 ± 3.5	0.613
Veces al día	1.3 ± 0.1	1.5 ± 0.2	0.476
Ingestión de alimentos enlatados (días/semana)	1.4 ± 0.3	1.1 ± 0.2	0.389
Ingestión de alimentos procesados <sup>3</sup>			
≤ 2 veces por semana	5 (29.4)	4 (23.5)	} 1
> 2 veces por semana	12 (70.6)	13 (76.5)	
Ejercicio intenso (días/semana) <sup>3</sup>	2 ± 0.5	1.3 ± 0.5	0.291
Ver televisión (horas/semana) <sup>3</sup>	24.6 ± 3.8	23.8 ± 3.5	0.884
Horas de sueño <sup>3</sup>	8.4 ± 0.3	8.1 ± 0.3	0.578
Ronquido al dormir <sup>3</sup>			
≤ 2 veces por semana	11 (64.7)	16 (94.1)	} 0.085
> 2 veces por semana	6 (35.3)	1 (5.9)	
Dejar de respirar al dormir <sup>3</sup>			
≤ 2 veces por semana	17 (100)	16 (94.1)	} 1
> 2 veces por semana	0	1 (5.9)	
Rendimiento escolar			
Bueno o muy bueno	12 (70.6)	13 (76.5)	} 1
Regular, malo o muy malo	5 (29.4)	4 (23.5)	

Los datos corresponden a promedio ± error estándar o a número de sujetos (%).

\*Significancia estadística calculada con prueba t de Student no pareada o prueba exacta de Fisher, según corresponda. <sup>1</sup> Alimentación al seno materno en los primeros tres meses de vida. <sup>2</sup> En los últimos 30 días antes del estudio. <sup>3</sup> En los últimos 6 meses antes del estudio.

Tabla 6. Valores de función pulmonar antes y después de un estímulo de alegría o tristeza

Variable	Estímulo de Alegría			Estímulo de Tristeza			p¶
	Antes	Después	Después/Antes (%)	Antes	Después	Después/Antes (%)	
<i>Oscilometría de impulso (n=13)</i>							
VC	0.75 ± 0.11	0.69 ± 0.10	94.49 ± 3.74	0.68 ± 0.08	0.72 ± 0.11	102.39 ± 3.42	0.13
R5Hz	0.56 ± 0.06	0.61 ± 0.09	106.58 ± 5.60	0.49 ± 0.06	0.46 ± 0.05	96.04 ± 3.38	0.12
R10Hz	0.54 ± 0.05	0.54 ± 0.06	99.54 ± 3.11	0.50 ± 0.05	0.46 ± 0.04**	91.77 ± 2.41	0.060
R15Hz	0.46 ± 0.04	0.45 ± 0.04	97.87 ± 1.75	0.44 ± 0.04	0.41 ± 0.04**	92.81 ± 2.35	0.097
R20Hz	0.41 ± 0.04	0.40 ± 0.03	98.11 ± 1.60	0.41 ± 0.03	0.38 ± 0.03*	93.41 ± 2.84	0.16
X5Hz	-0.05 ± 0.06	-0.05 ± 0.05	93.37 ± 16.40	-0.02 ± 0.05	-0.02 ± 0.05	94.13 ± 8.82	0.97
X10Hz	-0.13 ± 0.03	-0.14 ± 0.04	163.90 ± 60.47	-0.06 ± 0.02	-0.05 ± 0.02	209.10 ± 75.68	0.64
X15Hz	-0.12 ± 0.03	-0.12 ± 0.04	92.29 ± 8.47	-0.06 ± 0.02	-0.05 ± 0.02	65.73 ± 25.54	0.33
X20Hz	-0.07 ± 0.02	-0.07 ± 0.03	83.56 ± 14.43	-0.03 ± 0.02	-0.01 ± 0.01**	190.89 ± 104.54	0.32
AX	2.08 ± 0.61	2.16 ± 0.79	106.01 ± 14.67	1.33 ± 0.42	1.61 ± 0.51	132.61 ± 29.68	0.40
Fres	24.3 ± 3.2	20.8 ± 1.3	94.4 ± 6.4	22.4 ± 2.6	19.4 ± 1.5	107.5 ± 23.4	0.59
<i>Método de la interrupción (n=17)</i>							
Rint	0.89 ± 0.05	0.87 ± 0.07	97.41 ± 4.40	0.79 ± 0.06	0.77 ± 0.07	98.39 ± 3.99	0.87
Gint	1.83 ± 0.63	1.90 ± 0.63	105.33 ± 3.86	1.40 ± 0.11	1.47 ± 0.12	106.23 ± 5.35	0.89
Palv	0.70 ± 0.10	0.67 ± 0.07	106.69 ± 11.72	0.53 ± 0.06	0.56 ± 0.07	108.97 ± 9.87	0.88

AX = área de reactancia; Fres = frecuencia de resonancia; Gint = Conductancia de las vías aéreas por el método de la interrupción; Palv = presión alveolar; R = resistencia a cada una de las frecuencias señaladas; Rint = resistencia de las vías aéreas por el método de interrupción; VC = volumen corriente; X = reactancias a cada una de las frecuencias señaladas. Las unidades corresponden a: VC en litros; R, X y Rint en Kpa/L/s; AX en Kpa/L; Fres en Hz; Palv = cmH<sub>2</sub>O.

\*p<0.05 y \*\*p<0.01 comparando Antes vs Después mediante prueba t de Student pareada. ¶Significancia estadística comparando los cambios (Después/Antes) de los grupos de Tristeza vs Alegría mediante prueba t de Student no pareada.

---

## DISCUSIÓN

---

En este estudio encontramos que un estado de tristeza aguda se asocia con una disminución de la resistencia pulmonar medida por R10Hz, R15Hz y R20Hz, así como un aumento de la reactancia medida por X20Hz. Como es sabido, la técnica de IOS tiene la gran ventaja de que puede dar una idea aproximada del sitio anatómico donde se están produciendo los cambios de la impedancia pulmonar. Esto es debido a que, dentro del espectro de frecuencias usadas en esta técnica (de 5 Hz a 20 Hz), las ondas sonoras de más baja frecuencia (5 Hz) penetran sin problema a todo el sistema respiratorio, pero conforme aumenta la frecuencia su penetración va siendo cada vez menor, de tal forma que a 20 Hz la región evaluada es principalmente la vía aérea proximal (incluyendo boca, orofaringe, laringe, tráquea y tal vez bronquios proximales) [21]. Teniendo esto en mente, el hecho de que la impedancia a 5 Hz no se haya visto alterada por el estímulo de alegría o tristeza, pero si la impedancia a más altas frecuencias, podría indicar que el sitio donde ocurrieron los cambios fue en la vía aérea proximal.

Desde el punto de vista teórico, nuestro planteamiento inicial era que el estímulo de alegría se iba a acompañar de una menor resistencia de las vías aéreas y que, por el contrario, la tristeza se asociaría a un aumento de las mismas. Sin embargo, nuestros resultados fueron sorprendentes en cuanto que la tristeza parece acompañarse de una mejor función pulmonar (menor resistencia al flujo del aire). El mecanismo por el cual se produjo este efecto es incierto. Uno de los principales mecanismos que controla el calibre de las vías aéreas es el músculo liso traqueobronquial. La tristeza pudo haber elevado el tono del sistema nervioso simpático, y la relajación subsecuente del músculo liso traqueobronquial permitió tener un mayor calibre de las vías aéreas [22]. Por otro lado, el calibre de las vías aéreas también está determinado en gran medida por la retracción elástica pulmonar, ya que ésta última jala las paredes de las vías aéreas, permitiendo su apertura [23]. En este sentido, otro sitio donde la tristeza podría haber afectado es produciendo un incremento de la retracción elástica y ampliando así el calibre de las vías aéreas.

Si bien el estímulo de alegría no provocó cambios notables en los parámetros de la IOS o del Rint, en la Tabla XX podemos apreciar que de todos modos hubo una ligera tendencia a la disminución de las resistencias y aumento de las reactancias, tal como lo hizo la tristeza. Baumann y Mattingley estudiaron a 30 adultos jóvenes mediante resonancia magnética funcional mientras veían imágenes que despertaban diferentes emociones (felicidad, ira, disgusto, temor o tristeza) y encontraron que la alegría y la tristeza comparten muchas de las vías neuronales de activación [24]. Así, es posible que el mecanismo final por el que la alegría y la tristeza causan algún efecto sobre el aparato respiratorio sea el mismo, diferenciándose únicamente en que la tristeza lo hace con mucha mayor intensidad que la alegría.

---

## REFERENCIAS

---

1. Luo, J. and R. Yu, *Follow the heart or the head? The interactive influence model of emotion and cognition*. Front Psychol, 2015. **6**: p. 573.
2. Chóliz, M. *Psicología de la emoción: el proceso emocional*. Libro electrónico disponible en la URL: [www.uv.es/=cholz](http://www.uv.es/=cholz). Accesado el 14 de mayo de 2015. 2005.
3. Ekman, P. and W.V. Friesen, *Constants across cultures in the face and emotion*. J Pers Soc Psychol, 1971. **17**(2): p. 124-9.
4. Smith, E. and S.M. Kosslyn, *Procesos cognitivos: modelos y bases neurales*. 1era edición ed. 2008, España: Person Prentice Hall. 345-352.
5. Cuervo-Martínez, A. and R. Izzedin-Bouquet, *Tristeza, depresión y estrategias de autorregulación en niños*. Tesis Psicológica, 2007(2): p. 35-47.
6. Goleman, D., *Inteligencia emocional*. 1995, Buenos Aires, Argentina: Vergara Editor, S.A.
7. Vallés, A. and C. Vallés, eds. *Inteligencia emocional. Aplicaciones educativas*. 2000, Instituto de Orientación Psicológica EOS: Madrid, España.

8. Northoff, G., *From emotions to consciousness - a neuro-phenomenal and neuro-relational approach*. Front Psychol, 2012. **3**: p. 303.
9. Moya, J., P. Valiente-González, and L. García-Vega, *La teoría de las emociones de James-Lange*. Rev Historia Psicol, 1990. **11**(3-4): p. 19-28.
10. Ekman, P., R.W. Levenson, and W.V. Friesen, *Autonomic nervous system activity distinguishes among emotions*. Science, 1983. **221**(4616): p. 1208-10.
11. Levenson, R.W., P. Ekman, and W.V. Friesen, *Voluntary facial action generates emotion-specific autonomic nervous system activity*. Psychophysiology, 1990. **27**(4): p. 363-84.
12. Ritz, T., et al., *Emotional reactivity of the airways in asthma: consistency across emotion-induction techniques and emotional qualities*. Biol Psychol, 2010. **84**(1): p. 74-81.
13. Ritz, T., et al., *Airway constriction in asthma during sustained emotional stimulation with films*. Biol Psychol, 2012. **91**(1): p. 8-16.
14. Ritz, T., et al., *Airway response to emotional stimuli in asthma: the role of the cholinergic pathway*. J Appl Physiol (1985), 2010. **108**(6): p. 1542-9.
15. Dubois, A.B., et al., *Oscillation mechanics of lungs and chest in man*. J Appl Physiol, 1956. **8**(6): p. 587-94.
- 15b. Beydon N. *Interrupter resistance: What's feasible?* Paediatr Respir Rev 2006; 7S:S5–S7.
16. Racke, K. and S. Matthiesen, *The airway cholinergic system: physiology and pharmacology*. Pulm Pharmacol Ther, 2004. **17**(4): p. 181-98.
17. Udem, B.J. and C. Potenzieri, *Autonomic neural control of intrathoracic airways*. Compr Physiol, 2012. **2**(2): p. 1241-67.
18. Beydon, N., et al., *An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: pulmonary function testing in preschool children*. Am J Respir Crit Care Med, 2007. **175**(12): p. 1304-45.
19. Marchal, F. and G.L. Hall, *Forced oscillation technique*. Eur Respir Mon, 2010. **47**: p. 121-136.

20. Oostveen, E., et al., *The forced oscillation technique in clinical practice: methodology, recommendations and future developments*. Eur Respir J, 2003. **22**(6): p. 1026-41.
21. Brashier B, Salvi S. *Measuring lung function using sound waves: role of the forced oscillation technique and impulse oscillometry system*. Breathe 2015; 11:1 57-65.
22. An SS, Bai TR, Bates JHT, Black JL, Brown LH, Brusasco V, et al., *Airway smooth muscle dynamics: a common pathway of airway obstruction in asthma*. Eur Respir J 2007; 29:834–860.
23. Vargas MH. *Fisiopatología del asma*. Rev Alerg Mex. 2009;56 Suppl 1:S24-8.
24. Baumann B, Mattingley JB. *Functional topography of primary emotion processing in the human cerebellum* NeuroImage 2012; 61:805-811.



CARTA DE CONSENTIMIENTO INFORMADO
-----------------------------------

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
**Cambios de la función pulmonar evaluada por  
oscilometría de impulso ante un estímulo  
emocional de alegría o tristeza en niños**

México DF, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Estimado padre o madre de familia:

Lo estamos invitando para que su hijo(a) \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ participe en un proyecto de investigación que estamos realizando  
aquí en el Hospital de Pediatría del Centro Médico Nacional Siglo XXI y que ha sido autorizado por  
el Comité Local de Investigación en Salud con el número de registro \_\_\_\_\_.

Por favor, lea cuidadosamente esta carta y, si está de acuerdo con la participación de su hijo(a),  
ponga su firma al final del documento.

### 1. Título del proyecto

“Cambios de la función pulmonar evaluada por oscilometría de impulso ante un estímulo  
emocional de alegría o tristeza en niños”

### 2. Investigadores participantes del proyecto

- Dr. Mario Humberto Vargas Becerra, Neumólogo, Jefe de la Unidad de Investigación Médica en Enfermedades Respiratorias, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, Tel. 56276900 ext. 22288; mhvargasb@yahoo.com.mx
- Dra. Laura Patricia Thomé Ortiz, Neumopediatra, Departamento de Neumología, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS. Tel. 56276900 Ext. 22289; thome.99@hotmail.com
- Dr. Carlos Antonio Reyes Semoloni, Residente de 3° año de Pediatría, Hospital de Pediatría, CMN Siglo XXI, IMSS, Tel. 55-48777407; semo1612.ca@gmail.com
- Dr. Carlos Alberto Zaragoza Cortés, Médico Pasante de Servicio Social en Investigación,
- Facultad de Medicina, Universidad La Salle, Tel. 56276900 ext. 22288; zcorcamd@gmail.com

### 2. Justificación y objetivos de la investigación

Normalmente el cerebro controla a los pulmones para que siempre estén funcionando bien y de acuerdo a las circunstancias en que vivimos. Nosotros creemos que las emociones pueden modificar ligeramente este funcionamiento pulmonar, pero necesitamos demostrarlo. En este proyecto de investigación estudiaremos a alrededor de 72 niños y les mediremos su función pulmonar por parejas, es decir, estudiaremos dos niños en cada sesión. La medición de la respiración que haremos es muy sencilla, ya que su niño(a) solo tendrá que respirar tranquilamente durante algunos minutos en un aparato. Después de una primera medición, haremos una rifa donde su niño(a) podría ganarse un pequeño regalo (una pelota y una bolsa de dulces). Después haremos una segunda medición de la respiración. Si su niño(a) fue quien ganó el regalo suponemos que estará muy contento(a) y entonces en esta segunda medición veremos si se modificó o no la función pulmonar.

### **3. Procedimientos que le haremos a su hijo(a)**

Si usted acepta que su hijo(a) participe, iremos al Departamento de Neumología, que es donde están los equipos para medir la respiración, y sucederá lo siguiente:

- Le pediremos a usted que conteste algunas preguntas relacionadas con la salud de su hijo.
- Mediremos la estatura y el peso de su niño(a).
- Le explicaremos a su hijo lo que le vamos a hacer, asegurándole que nada de lo que le hagamos le va a doler o a molestar.
- Luego, le mediremos la función pulmonar a su hijo(a) en un equipo que se llama “IOS”. Durante esta medición le pondremos a su hijo(a) una pinza en la nariz, le pediremos que ponga sus manos en los cachetes y que respire tranquilamente en ese equipo a través de una boquilla esterilizada y con filtro antibacteriano. Este equipo mide la respiración haciendo muchos “clics” seguiditos durante unos 30 segundos (sonará como una matraca), y después de un rato de reposo repite esta misma secuencia de “clics” y algunas veces más.
- Después haremos una rifa entre los dos niños, donde a uno de ellos le regalaremos una pelota de plástico y una bolsa de dulces.
- Después de entregar el regalo al niño ganador, volveremos a hacer la misma medición de la función pulmonar en el “IOS” a los dos niños.
- Finalmente, le haremos algunas preguntas a su niño(a) para saber cómo se sintió durante el estudio.

### **4. Tiempo que durará la participación de su hijo(a) en el estudio**

Creemos que todos los procedimientos que le acabamos de describir se completarán en alrededor de 45 minutos. Esa será toda la participación de su hijo(a) en el estudio.

### **5. Molestias o riesgos esperados**

Ninguno de los procedimientos representa un riesgo para su hijo. El filtro antibacteriano nos asegura que su hijo siempre respirará aire limpio. Ocasionalmente también podría ocurrir que durante los 30 segundos de “clics” que hace el IOS el niño(a) sienta rara la respiración, pero esa sensación es muy ligera y se tolera bien.

### **6. Libertad para terminar el estudio**

Usted o su hijo(a) estarán con toda la libertad para decidir ya no seguir participando en el estudio en el momento que quieran, incluso aunque usted ya haya firmado esta carta, y le aseguramos que, si así ocurre, el estudio se suspenderá inmediatamente y nadie se enojará con ustedes ni cambiará para nada la atención que se le brinda en este hospital.

### **7. Beneficios**

Este proyecto de investigación no reportará ningún beneficio directo para usted o su hijo. Página 3 de 3  
A los médicos nos permitirá entender mejor el funcionamiento de los pulmones.

### **8. Costos**

La participación de su hijo(a) en el estudio no tendrá costo alguno para usted.

### **9. Aclaración de dudas**

Antes y durante el estudio usted y su hijo(a) podrán preguntar cualquier cosa relacionada al protocolo y nosotros procuraremos aclarársela.

**10. Confidencialidad de los datos**

Todos los datos que salgan de este estudio se mantendrán bajo resguardo del investigador principal y en ninguna publicación o presentación en congresos se dará el nombre de los participantes ni se mencionará cualquier otra dato que pudiera identificarlos.

---

**Firma de Consentimiento**

Declaro que he leído este documento y que los investigadores han aclarado todas mis dudas respecto a este proyecto de investigación, por lo cual acepto la participación de mi hijo(a) en el estudio.

FIRMA DEL PADRE O LA MADRE

Nombre:

FIRMA DEL TESTIGO 1

FIRMA DEL TESTIGO 2

Nombre:

Relación con el niño(a):

Nombre:

Relación con el niño(a):

FIRMA DEL INVESTIGADOR RESPONSABLE

Dr. Mario Humberto Vargas Becerra

*Este documento se firmó por duplicado, quedando una copia con el padre o madre y la otra con el investigador responsable*



CARTA DE ASENTIMIENTO
-----------------------

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
**Cambios de la función pulmonar evaluada por  
oscilometría de impulso ante un estímulo  
emocional de alegría o tristeza en niños**

México DF, a \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

**¿Por qué te pedimos que leas esto?** Porque queremos platicarte de una investigación que estamos haciendo y queremos saber si quieres participar. Hemos platicado con tus padres acerca de esta investigación y ellos saben que te estamos preguntando a ti para saber si aceptas participar o no. Puede que haya algunas palabras que no entiendas o cosas que quieras que te las explique, así que solo dímelo y te las explicaré.

**¿Tienes que participar en el estudio?** Si no lo deseas no tienes que participar en la investigación y nadie se enojará contigo ni pasará nada malo. Es tu decisión y sea la que sea, la atención que recibes en el IMSS seguirá siendo la misma de siempre. Si vas a participar en la investigación, tus padres también tienen que aceptarlo. Pero si no deseas tomar parte en la investigación no tienes por qué hacerlo, aun cuando tus padres lo hayan aceptado. Es más, aunque ya hayas aceptado participar, si en cualquier momento cambias de opinión y ya no quieres continuar, suspenderemos el estudio y no pasará nada malo.

**¿Cuánto dura el estudio?** El estudio completo durará menos de una hora.

**¿Causa dolor o molestias el estudio?** Si decides participar, ninguna de las cosas que haremos te causará molestias o dolor.

**¿Por qué se está haciendo este estudio?** Estamos haciendo este estudio porque queremos saber si la función de los pulmones se modifica cuando un niño se pone alegre.

**¿De qué se trata el estudio?** Si aceptas participar en el estudio, tú y tu mamá o papá nos acompañarán al Departamento de Neumología de este mismo hospital, donde tenemos un equipo que mide la respiración. También invitaremos a otro niño para que estudiemos a los dos al mismo tiempo. Después pasará lo siguiente:

- A tus papás y a los papás del otro niño les haremos algunas preguntas sobre la salud de ustedes.
- A cada niño le pediremos que se siente en una silla y le mediremos la función de los pulmones en un equipo que se llama "IOS". Lo único que tú y el otro niño tienen que hacer es respirar tranquilamente por la boca a través de un tubito que se conecta al equipo. Para asegurarnos que solo respiren por la boca, les pondremos una pinza en la nariz. También les pediremos que cuando el equipo esté funcionando coloquen sus manos en los cachetes. Deberán respirar en el equipo durante más o menos 5 minutos.
- Cuando estén respirando en el equipo ("IOS") oirán que el equipo hace tronidos seguiditos como si fuera una matraca durante unos 30 segundos. Durante ese tiempo el equipo está midiendo la función de los pulmones. Tal vez alcances a sentir que esos tronidos sacuden un poco tu respiración, pero no será molesto y no debes dejar de respirar tranquilamente. Después de descansar un rato, tú y el otro niño repetirán la respiración en el equipo algunas

veces más. Luego tendremos una rifa donde a uno de ustedes le regalaremos una pelota de plástico y una bolsa de dulces. Después de la rifa, tú y el otro niño volverán a hacer el estudio de la respiración en el "IOS". Ya para terminar, te preguntaremos cómo te sentiste durante tu participación en la investigación.

**¿Quién sabrá que participaste en el estudio?** Cualquier información que proporciones y se obtenga en el estudio será privada (secreta). Tu nombre no aparecerá en ningún papel del estudio, sólo los doctores y tu familia sabrán que participaste en el estudio.

**Si estás de acuerdo en participar en el estudio, por favor pon tu nombre y Firma en el cuadro de abajo**

---

He leído este documento y los investigadores han aclarado todas mis dudas respecto a esta investigación, por lo cual **acepto** participar en el estudio.

FIRMA DEL PARTICANTE EN LA INVESTIGACIÓN

---

Nombre: