



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
Programa de Doctorado de Ciencias de la Salud

# **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA CON ACELEROMETRÍA EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DIARIA INFANTIL Y SU ASOCIACIÓN CON LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA**

*Identification of vigorous intensity activities with accelerometry in children's daily physical activity and its association with physical education classes*

**TESIS DOCTORAL**

POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES

DOCTORANDO

JUAN CARLOS BENAVENTE MARÍN

DIRECTORES

JULIA WÄRNBERG

NAPOLEÓN PÉREZ FARINÓS

TUTOR

FRANCISCO JAVIER BARÓN LÓPEZ

**2024**



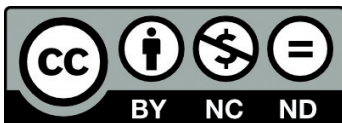


UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

AUTOR: Juan Carlos Benavente Marín

 <https://orcid.org/0000-0002-4037-0239>

EDITA: Publicaciones y Divulgación Científica. Universidad de Málaga



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional:

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Cualquier parte de esta obra se puede reproducir sin autorización pero con el reconocimiento y atribución de los autores.

No se puede hacer uso comercial de la obra y no se puede alterar, transformar o hacer obras derivadas.

Esta Tesis Doctoral está depositada en el Repositorio Institucional de la Universidad de Málaga (RIUMA): [riuma.uma.es](http://riuma.uma.es)

---

*“El que siempre se protege del viento,  
cuyos pies están constantemente calientes,  
y cuyas habitaciones permanecen aisladas del frío,  
peligrará al enfrentarse a la mínima brisa.*

*Todos los excesos son malos,  
pero ninguno peor que el exceso de comodidad.”*

Séneca



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DE LA TESIS PRESENTADA PARA OBTENER EL TÍTULO DE DOCTOR**

D. Juan Carlos Benavente Marín, estudiante del Programa de Doctorado en Ciencias de la Salud de la Universidad de Málaga, y autor de la tesis presentada para la obtención del título de doctor por la Universidad de Málaga titulada **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA CON ACELEROMETRÍA EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DIARIA INFANTIL Y SU ASOCIACIÓN CON LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA**, y realizada bajo la tutorización de Francisco Javier Barón López y la dirección de Julia Wörnberg y Napoleón Pérez Farinós,

### **DECLARO:**

que la tesis presentada es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual, ni los derechos de propiedad industrial u otros, conforme al ordenamiento jurídico vigente (Real Decreto Legislativo 1/1996 de 12 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Propiedad Intelectual, regularizando, aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), modificado por la Ley 2/2019 de 1 de marzo.

Igualmente, asumo ante la Universidad de Málaga y ante cualquier otra instancia, la responsabilidad que pudiera derivarse en caso de plagio de contenidos en la tesis presentada, conforme al ordenamiento jurídico vigente.

En Málaga, a 12 de enero de 2024.

El Doctorando  
Juan Carlos Benavente Marín

El Tutor  
Francisco Javier Barón López

La Directora  
Julia Wörnberg

El Director  
Napoleón Pérez Farinós



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## **DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS**

Tanto el doctorando como los directores de la tesis declaran no tener ningún conflicto, ni interés derivado con terceros como consecuencia del desarrollo de este estudio.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

D<sup>a</sup>. Julia Wörnberg, como directora de la tesis doctoral titulada **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA CON ACELEROMETRÍA EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DIARIA INFANTIL Y SU ASOCIACIÓN CON LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA**, presentada para su admisión a trámite por D. Juan Carlos Benavente Marín,

CERTIFICA:

que dicho trabajo ha sido realizado bajo su dirección y considera que reúne los requisitos y calidad científica necesaria para ser defendido y juzgado por el tribunal de tesis correspondiente, a fin de optar al Grado de Doctor por la Universidad de Málaga.

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expide y firma el presente certificado en Málaga a 12 de enero de 2024.

Fdo.: Dra. Julia Wörnberg



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

D. Napoleón Pérez Farinós, como director de la tesis doctoral titulada **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA CON ACELEROMETRÍA EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DIARIA INFANTIL Y SU ASOCIACIÓN CON LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA**, presentada para su admisión a trámite por D. Juan Carlos Benavente Marín,

CERTIFICA:

que dicho trabajo ha sido realizado bajo su dirección y considera que reúne los requisitos y calidad científica necesaria para ser defendido y juzgado por el tribunal de tesis correspondiente, a fin de optar al Grado de Doctor por la Universidad de Málaga.

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expide y firma el presente certificado en Málaga a 12 de enero de 2024.

Fdo.: Dr. Napoleón Pérez Farinós



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

D. Francisco Javier Barón López, como tutor de la tesis doctoral titulada **IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA CON ACELEROMETRÍA EN LA ACTIVIDAD FÍSICA DIARIA INFANTIL Y SU ASOCIACIÓN CON LAS CLASES DE EDUCACIÓN FÍSICA**, presentada para su admisión a trámite por D. Juan Carlos Benavente Marín,

CERTIFICA:

que dicho trabajo ha sido realizado bajo su tutorización y considera que reúne los requisitos y calidad científica necesaria para ser defendido y juzgado por el tribunal de tesis correspondiente, a fin de optar al Grado de Doctor por la Universidad de Málaga.

Y para que conste a los efectos oportunos, en cumplimiento de las disposiciones vigentes, expide y firma el presente certificado en Málaga a 12 de enero de 2024.

Fdo.: Dr. Francisco Javier Barón López



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## INFORME DE LA DIRECCIÓN SOBRE LAS PUBLICACIONES QUE AVALAN LA TESIS

La realización de la presente tesis doctoral ha dado lugar los siguientes artículos de investigación:

**Artículo 1:** Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. Accelerometry-Assessed Daily Physical Activity and Compliance with Recommendations in Spanish Children: Importance of Physical Education Classes and Vigorous Intensity. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:[10.7717/peerj.16990](https://doi.org/10.7717/peerj.16990).

*Categoría:* Multidisciplinary sciences (Science Citation Index Expanded, SCIE).  
*Factor de impacto en 2022:* 2,7. Ranking: 36 de 73 (Q2).

**Artículo 2:** Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Gómez, S.F.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. The Physical Education Class as a Reference for Identifying Vigorous Activities Using Accelerometry in 8- and 9-Year-Old Children. *Rev.Ib.CC. Act. Fis. Dep.* **2023**, *12*, 65–84, doi:[10.24310/riccafd.12.3.2023.17979](https://doi.org/10.24310/riccafd.12.3.2023.17979).

*Categoría:* Sport sciences (Emerging Sources Citation Index, ESCI).  
*Factor de impacto en 2022:* 0,4. Ranking: 110 de 121 (Q4).

**Artículo 3:** Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. Adherence to the WHO Recommendation of Three Weekly Days of Vigorous Intensity Activities in Children: An Accelerometry Study of Vigorous Physical Activity Bouts. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:[10.7717/peerj.16815](https://doi.org/10.7717/peerj.16815).

*Categoría:* Multidisciplinary sciences (Science Citation Index Expanded, SCIE).  
*Factor de impacto en 2022:* 2,7. Ranking: 36 de 73 (Q2).

D<sup>a</sup>. Julia Wörnberg y D. Napoleón Pérez Farinós, como directores de la tesis doctoral, presentada por D. Juan Carlos Benavente Marín

INFORMAN:

- Que dichas publicaciones han sido publicadas con posterioridad a la fecha de la primera matrícula del doctorando en el Programa de Doctorado.
  - Que en dichas publicaciones consta la Universidad de Málaga en la afiliación de sus directores, de su tutor y del doctorando.
  - Que el doctorando consta como primer autor en todas ellas.
  - Que dichas publicaciones NO han sido utilizadas en tesis doctorales previas.
- Lo que firma a los efectos oportunos, en Málaga a 12 de enero de 2024

La Directora y autora  
Julia Wörnberg

El Director y autor  
Napoleón Pérez Farinós

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Lista de publicaciones

### *Artículo 1* [1] (Anexo 1):

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. Accelerometry-Assessed Daily Physical Activity and Compliance with Recommendations in Spanish Children: Importance of Physical Education Classes and Vigorous Intensity. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:[10.7717/peerj.16990](https://doi.org/10.7717/peerj.16990).

### *Artículo 2* [2] (Anexo 2):

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Gómez, S.F.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. The Physical Education Class as a Reference for Identifying Vigorous Activities Using Accelerometry in 8- and 9-Year-Old Children. *Rev.Ib.CC. Act. Fís. Dep.* **2023**, *12*, 65–84, doi:[10.24310/riccafd.12.3.2023.17979](https://doi.org/10.24310/riccafd.12.3.2023.17979).

### *Artículo 3* [3] (Anexo 3):

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wörnberg, J. Adherence to the WHO Recommendation of Three Weekly Days of Vigorous Intensity Activities in Children: An Accelerometry Study of Vigorous Physical Activity Bouts. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:[10.7717/peerj.16815](https://doi.org/10.7717/peerj.16815).



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Consideraciones preliminares

Para una lectura precisa de esta tesis doctoral, se ha considerado oportuno realizar las siguientes aclaraciones preliminares.

En la presente tesis se registró el sexo de los participantes, reportado por sus padres/madres/tutores legales a través del consentimiento informado firmado que devolvieron aceptando la participación de sus hijos (*Anexo 4*). Por lo tanto, cuando se haga alusión al sexo es en referencia al sexo reportado por los tutores legales del participante. El género no está registrado y no se puede asumir la equivalencia entre sexo y género.

Por otro lado, para evitar la confusión que se puede generar entre el uso de la palabra “niños” como palabra de género neutro o como palabra de género masculino, siempre que sea posible se denominarán “escolares”, “participantes”, “sujetos” o “individuos” a los participantes de ambos sexos (es decir, con género neutro). Se denominarán “niños” a los participantes de sexo masculino y “niñas” a las participantes de sexo femenino. Sin embargo, en favor de la precisión requerida en ciertos contextos, en algunas ocasiones se han denominado a los participantes de ambos sexos como “niños” de género neutro. Por ejemplo, cuando se hace alusión al colectivo infantojuvenil como “niños y adolescentes”.

Para evitar posibles confusiones generadas por la traducción de términos específicos del campo de estudio, tras ser definidos en castellano y asociar dicha definición al término, se ha considerado más apropiado mantener dicho término en inglés para el resto de las apariciones en el texto. Sirva como ejemplo la confusión que se podría generar entre la traducción de los términos *bout* y *epoch*, que se podrían traducir ambos como intervalo o periodo de tiempo. También se ha utilizado la versión en inglés de algunas abreviaturas de conceptos muy arraigados en la investigación de la actividad física habitual. Por ejemplo, para la actividad física moderada-vigorosa se ha usado la abreviatura MVPA (es decir, *moderate to vigorous physical activity*).

### *Preliminary Considerations for Non-Spanish Speakers*

*This doctoral thesis is written in Spanish. It is a compilation of publications, specifically comprising three original articles published in English scientific journals [1–3]. These articles have been included in the current manuscript as appendices: Anexo 1 (pg. 161), Anexo 2 (pg. 193), and Anexo 3 (pg. 213). Therefore, all relevant information contained in this doctoral thesis is captured within these three original articles published in English, which can be found in the “Anexos” (Appendices) section (pg. 159) of this manuscript. Additionally, a **Brief abstract** and a **Long abstract** in English are provided (pg. 31 and 41, respectively).*

---



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Agradecimientos

Recuerdo con nitidez el día que recibí la llamada del Dr. Aritz Urdampilleta quien, junto con la Dra. Nancy Babio, consideraron que mi perfil podría ser apropiado para un proyecto de investigación que estaba pidiendo a gritos la ayuda de un profesional de la actividad física y el deporte. Por lo tanto, a las primeras personas que quiero agradecer su contribución para que esta tesis haya tocado puerto es a ellos. Aritz, Nancy, gracias.

La siguiente llamada fue la de la Dra. Julia Wärnberg, la investigadora que lideraba la sección sobre actividad física del proyecto al que pretendía aplicar. En esa primera conversación ya lo percibí, hoy puedo confirmarlo. ¡Qué suerte tuve de cruzar mi camino con Julia! Todos los atributos que uno desearía que atesorase un superior, Julia contaba con ellos. Líder, trabajadora, persistente, perfeccionista, inteligente, atrevida, pero, sobre todo, empática. Gracias a ella, esta tesis doctoral ha llegado a término. Julia, gracias.

Y claro, una buena líder siempre sabe rodearse bien. Y es que el grupo de investigación EpiPHAAN no sería lo mismo sin el Dr. F. Javier Barón-López ni el Dr. Napoleón Pérez-Farinós. No hay explicación racional, más allá del puro azar, para entender cómo es posible que estas tres personas hayan coincidido en el espacio-tiempo. La combinación perfecta entre lo humano y lo analítico. Desde el primer día me hicieron sentir como uno más, asumiendo mis disparatadas ideas como tan válidas para ser exploradas como las suyas, llevándome en volandas en mi crecimiento académico. Javier, Napo, y Julia de nuevo, gracias.

Hago extensivo el agradecimiento al resto de personas que han formado parte del grupo de investigación EpiPHAAN y que, de una forma u otra, han hecho posible que esta tesis doctoral sea una realidad. Jéssica, Edelys, Virginia, Olga, Patricia, Amanda..., gracias.

El proyecto al que me incorporé en primera instancia fue el Estudio PREDIMED-Plus, el cual me ha mantenido a flote en este arduo camino que es la investigación científica, sobre todo en sus etapas tempranas. Bien es cierto que la experiencia que he adquirido trabajando en un proyecto de tal envergadura ha contribuido –¡y de qué manera! – a que mi crecimiento científico haya sido más exponencial que lineal. Por ello, quiero agradecer su buen hacer a todas las personas que forman parte de los grupos de trabajo del Estudio PREDIMED-Plus.

Aunque el mayor aprendizaje que extraigo del Estudio PREDIMED-Plus es el humano. No solo en el trato con mis compañeros, sino, principalmente, en el trato con los participantes del nodo de la Universidad de Málaga. Me acogieron como a un nieto, como a un amigo, me sentí y me siento muy apreciado por ellos. A pesar de la lata que les he dado con que “hay que moverse más”. Gracias a todos y cada uno de los participantes en el Estudio PREDIMED-Plus de Arroyo de la Miel, de Benalmádena y de Fuengirola (Málaga), gracias de corazón.

Sin embargo, en esto de la Salud Pública, sentía que a través del Estudio PREDIMED-Plus llegábamos tarde, muy tarde. Si el objetivo era prevenir futuros

---

problemas de salud, quizás hay que intentarlo en etapas más tempranas de la vida. Y fue entonces cuando llegó la propuesta del Estudio PASOS a la mesa de Julia. Un estudio que pretendía profundizar en el conocimiento de los hábitos de niños y adolescentes, liderado por la Gasol Foundation. ¡Menuda energía positiva que se respira en este proyecto! Fue una bocanada de aire fresco, y la puerta de entrada a un grupo etario en el que sí llegamos a tiempo a esto de la prevención.

Mi más sincero agradecimiento al equipo de la Gasol Foundation por su predisposición a implementar todas nuestras propuestas, sobre todo aquella en la que les pedimos realizar un estudio piloto con nuestro propio material de acelerometría en los escolares de 8 y 9 años asignados a nuestro grupo de investigación. Esto nos permitió poner en práctica el protocolo que implementaríamos en el resto de evaluaciones que conforman la muestra de la presente tesis doctoral. Clara, Silvia, Paula, Juande..., gracias. Pero, sobre todo, quiero agradecer al Dr. Santi F. Gómez por liderar de la forma que lo hace este proyecto, por su cercanía, por su amabilidad, gracias.

Quiero agradecer también a la Consejería de Salud y Consumo (antes Consejería de Salud y Familias) de la Junta de Andalucía, a la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) y a Demométrica, que nos hayan permitido y facilitado la recogida de datos de acelerometría realizada en el marco del Estudio ALADINO 2019.

Por supuesto, no puedo olvidarme de los verdaderos protagonistas que han posibilitado la realización de la presente tesis doctoral. Un millón de gracias a todos esos niños andaluces que han llevado puesto esa especie de reloj de muñeca, que ni siquiera daba la hora. Gracias a sus familias por permitirles participar. Y gracias a sus colegios, especialmente a aquellos profesores que han posibilitado que este estudio de la actividad física mediante acelerometría se haya llevado a cabo.

Juan, Fátí, gracias. Sólo hay una persona más en el mundo que puede decir que ha tenido la suerte de ser hijo vuestro. Mario, gracias. Esta vez sí, soy el único en el mundo que puede presumir de ser tu hermano. Soy un tipo con suerte, desde luego, por haber nacido y crecido en el seno de nuestra familia.

Y, por último, las personas a las que más tengo que agradecerles su apoyo y su cariño incondicional. María, Pelayo, gracias. Gracias por dejarme entrar en vuestras vidas, gracias por seguir aguantándome, gracias por tener la paciencia y la comprensión necesarias en los momentos más complicados, así como la alegría y el entusiasmo en los menos, gracias por hacerme sentir la persona más afortunada del mundo por haber formado una familia con vosotros, gracias. Y gracias por hacer que esta parte del camino, que culmina en esta obra, haya estado repleta de momentos inolvidables. No sé cuál será el siguiente paso, sólo sé que quiero darlo a vuestro lado.

Juan Carlos Benavente Marín

Málaga, a 10 de enero de 2024

---

# ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS.....	23
ÍNDICE DE FIGURAS.....	25
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	27
RESUMEN BREVE.....	29
<i>Brief abstract</i> .....	31
RESUMEN EXTENSO.....	33
<i>Long abstract</i> .....	41
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>47</b>
<i>Conceptos clave</i> .....	49
Actividad física.....	49
Inactividad física.....	49
Comportamiento sedentario.....	49
Salud.....	50
Acelerometría.....	50
Otros conceptos relacionados.....	50
<i>Breve visión histórica del campo de trabajo</i> .....	51
<i>Justificación del estudio</i> .....	53
MARCO TEÓRICO.....	55
<i>Actividad física y salud en niños</i> .....	55
Recomendaciones sobre actividad física y comportamiento sedentario.....	55
Métodos de evaluación de las recomendaciones sobre actividad física.....	57
Sexo o género, estado ponderal y tipos de día.....	59
<i>Acelerometría</i> .....	61
Criterios de recogida de los datos de acelerometría.....	61
Tratamiento de los datos de acelerometría.....	66
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>73</b>
OBJETIVO GENERAL DE LA TESIS DOCTORAL.....	75
<i>Objetivos específicos de los artículos publicados</i> .....	75
<b>METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>77</b>
DISEÑO DEL ESTUDIO.....	79
<i>Cálculo del tamaño muestral mínimo</i> .....	79
<i>Criterios de inclusión y de exclusión</i> .....	80
<i>Aspectos éticos y consentimiento informado</i> .....	81
RECOGIDA DE DATOS.....	82
<i>Criterios de recogida de los datos de acelerometría</i> .....	83
PROCESAMIENTO DE DATOS DE ACELEROMETRÍA.....	83
<i>Tipos de día, segmentos diarios y evaluaciones válidas</i> .....	86
<i>Clases de educación física grupales</i> .....	88
<i>Recomendaciones de actividad física</i> .....	89

OTRAS VARIABLES .....	90
<i>Actividades físico-deportivas extraescolares organizadas</i> .....	91
ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	91
<b>RESULTADOS.....</b>	<b>95</b>
RESULTADOS GENERALES.....	97
<i>Resumen de los resultados principales</i> .....	98
ARTÍCULO 1 .....	99
ARTÍCULO 2 .....	106
ARTÍCULO 3 .....	109
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>115</b>
HALLAZGOS DESTACADOS.....	117
ESTUDIO DE LAS VIAS MEDIANTE ACELEROMETRÍA.....	117
<i>Identificación de VPA-Bouts</i> .....	119
<i>VPA-Bouts y actividades físico-deportivas extraescolares</i> .....	120
<i>Cumplimiento de Recomendación OMS sobre VIAs</i> .....	121
MVPA Y VPA MEDIA DIARIA .....	122
<i>Tipos de día: importancia de la clase de educación física</i> .....	124
<i>VPA y actividad física a menor intensidad</i> .....	126
<i>Diferencias por sexo o género</i> .....	128
<i>Sobrepeso-obesidad y obesidad central</i> .....	131
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>133</b>
CONCLUSIONES.....	135
<b>FORTALEZAS Y LIMITACIONES .....</b>	<b>137</b>
FORTALEZAS Y LIMITACIONES .....	139
<i>Fortalezas</i> .....	139
<i>Limitaciones</i> .....	139
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>159</b>
ANEXO 1 – ARTÍCULO 1: RECOMENDACIONES DE ACTIVIDAD FÍSICA MEDIA DIARIA.....	161
ANEXO 2 – ARTÍCULO 2: IDENTIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA .....	193
ANEXO 3 – ARTÍCULO 3: ACTIVIDADES DE INTENSIDAD VIGOROSA.....	213
ANEXO 4 – INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LAS FAMILIAS .....	237
ANEXO 5 – INFORME DE RESULTADOS INDIVIDUALES PARA LAS FAMILIAS .....	241
ANEXO 6 – INFORME DE RESULTADOS GRUPALES PARA LOS COLEGIOS.....	247
ANEXO 7 – INFORME DE RESULTADOS GRUPALES PARA LOS COLEGIOS (PÓSTER A3).....	253
<b>APORTACIONES DEL DOCTORANDO .....</b>	<b>255</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Métricas para resumir los datos brutos de acelerometría.
<b>Tabla 2</b>	Tipos de día, segmentos diarios y evaluaciones válidas analizados en los artículos.
<b>Tabla 3</b>	Recomendaciones sobre actividad física analizadas en la presente tesis doctoral.
<b>Tabla 4</b>	Estadísticas descriptivas de los tipos de día analizados en el <i>Artículo 1</i> .
<b>Tabla 5</b>	Estadísticas descriptivas de los participantes analizados en el <i>Artículo 1</i> .
<b>Tabla 6</b>	Resultados de los análisis de curvas ROC para las asociaciones entre la actividad física moderada-vigorosa, la actividad física vigorosa y la obesidad central en 324 niños de 8-9 años.
<b>Tabla 7</b>	Porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física moderada-vigorosa y actividad física vigorosa según sexo y obesidad central.
<b>Tabla 8</b>	Minutos de actividad física media diaria durante los días escolares con clase de educación física, los días escolares sin clase de educación física y los días de fin de semana.
<b>Tabla 9</b>	Proporción de escolares que cumplen con las recomendaciones sobre actividad física media diaria en los días escolares con clase de educación física, días escolares sin clase de educación física y días de fin de semana.
<b>Tabla 10</b>	Estadísticas descriptivas de los participantes incluidos en el <i>Artículo 2</i> .
<b>Tabla 11</b>	Proporción (%) media de actividad física y percentil 66,7 y 33,3 realizada por escolares de 8-9 años durante las clases de educación física.
<b>Tabla 12</b>	Proporción de actividad física realizada por escolares en el total de clases de educación física (CEF), en las clasificadas como CEF saludablemente activas y en las clasificadas como CEF menos activas.
<b>Tabla 13</b>	Estadísticas descriptivas de los tipos de día y segmentos diarios analizados en el <i>Artículo 3</i> .
<b>Tabla 14</b>	Estadísticas descriptivas de los participantes analizados en el <i>Artículo 3</i> .
<b>Tabla 15</b>	Duración media del día y de los segmentos diarios, y actividad física media semanal, por sexo.
<b>Tabla 16</b>	Porcentaje medio de días y segmentos diarios con <i>bouts</i> de actividades vigorosas en diferentes tipos de día, por sexo.
<b>Tabla 17</b>	Porcentaje medio de días y segmentos diarios con <i>bouts</i> de actividades vigorosas en diferentes tipos de día, por sexo y por participación declarada en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.
<b>Tabla 18</b>	Porcentaje promedio de escolares de 8-9 años que cumplen con la recomendación de la OMS de incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días semanales, por sexo y por participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Índice de figuras

<b>Figura 1</b>	Ejercicio físico, la verdadera polipíldora.
<b>Figura 2</b>	Logotipo del Grupo de Investigación EpiPHAAN (Epidemiología, Actividad física, Acelerometría y Nutrición).
<b>Figura 3</b>	Logotipo de las <i>Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario</i> . Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
<b>Figura 4</b>	Recomendaciones para niños y adolescentes de las <i>Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario</i> . Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
<b>Figura 5</b>	Un niño y una niña con un acelerómetro colocado en la muñeca de la mano no dominante.
<b>Figura 6</b>	Acelerómetro GENEActiv (Activinsights Ltd., Kimbolton, UK).
<b>Figura 7</b>	Escolar con un acelerómetro GENEActiv colocado en la muñeca de la mano no dominante.
<b>Figura 8</b>	Visualización de tres días consecutivos de la evaluación de acelerometría de un escolar participante, donde se observa un <i>non-wear SIB</i> en el Día 2 entre las 16:00 y las 18:00 horas aproximadamente.
<b>Figura 9</b>	Visualización de las intensidades de la actividad física realizada durante dos tardes consecutivas, donde se muestra una actividad físico-deportiva reportada por un escolar participante.
<b>Figura 10</b>	Imputación de <i>non-wear time</i> por el promedio de tiempo a diferentes intensidades de actividad física realizado durante una actividad conocida.
<b>Figura 11</b>	Visualización de las intensidades de actividad física en las jornadas escolares de un grupo de participantes de la misma aula, con las clases de educación física resaltadas en naranja.
<b>Figura 12</b>	Diagrama de flujo de los participantes del estudio de la actividad física habitual mediante acelerometría en niños de 8-9 años, incluidos en los análisis de los tres artículos publicados.
<b>Figura 13</b>	Odds ratio e intervalo de confianza al 95% para cumplir las recomendaciones en días escolares con CEF y en días de fin de semana para los escolares que cumplían las recomendaciones en días escolares sin CEF (grupo de referencia).
<b>Figura 14</b>	Visualización de las intensidades de la actividad física realizada durante un partido de fútbol por un niño de 8-9 años.
<b>Figura 15</b>	Diferencias relativas en la actividad física de intensidad vigorosa, moderada y ligera entre distintos tipos de día.
<b>Figura 16</b>	Diferencias relativas entre niños y niñas (grupo de referencia) en la actividad física realizada en el día medio semanal.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Índice de abreviaturas

<b>OMS</b>   Organización Mundial de la Salud. <b>WHO</b>   <i>World Health Organization</i>	<b>RecMVPA- WHO</b>   <i>Recomendación OMS sobre MVPA.</i> Realizar al menos 60 minutos de MVPA media diaria.
<b>VPA</b>   Actividad física vigorosa. <i>Vigorous physical activity</i>	<b>RecMVPA</b>   <i>Recomendación sobre MVPA.</i> Realizar al menos 75 minutos de MVPA media diaria.
<b>MPA</b>   Actividad física moderada. <i>Moderate physical activity</i>	<b>RecVPA-15</b>   <i>Recomendación sobre VPA-15.</i> Realizar al menos 15 minutos de VPA media diaria.
<b>LPA</b>   Actividad física ligera. <i>Light physical activity</i>	<b>RecVPA</b>   <i>Recomendación sobre VPA.</i> Realizar al menos 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria.
<b>MVPA</b>   Actividad física moderada-vigorosa. <i>Moderate-vigorous physical activity</i>	<b>RecVIAs- WHO</b>   <i>Recomendación OMS sobre VIAs.</i> Acumular al menos 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas de VPA en un <i>bout</i> de mínimo 60 minutos, al menos 3 días a la semana.
<b>LMVPA</b>   Actividad física a cualquier intensidad. <i>Light-moderate-vigorous physical activity</i>	<b>curvas ROC</b>   Curvas de características operativas del receptor. <i>Receiver operating characteristic curves</i>
<b>SED</b>   Comportamiento sedentario.	<b>AUC</b>   Área bajo la curva <i>Area under the curve</i>
<b>SIB</b>   <i>Bout</i> de inactividad sostenida. <i>Sustained inactivity bout</i>	<b>DE</b>   Desviación estándar. <b>SD</b>   <i>Standard deviation</i>
<b>VIAs</b>   Actividades de intensidad vigorosa. <i>Vigorous intensity activities</i>	<b>OR</b>   Odds ratio.
<b>OSA</b>   Actividades físico-deportivas organizadas. <i>Organized sports activities</i>	<b>IC</b>   Intervalo de confianza. <b>CI</b>   <i>Confidence interval.</i>
<b>CEF</b>   Clase de educación física. <b>PEC</b>   <i>Physical education class</i>	<b>ENMONZ</b>   <i>Euclidian norm minus one with negative values set to zero</i> <b>ENMO</b>
<b>CEF-SA</b>   Clase de educación física saludablemente activa. <b>HE-PEC</b>   <i>Health-enhancing physical education class</i>	<b>IMC</b>   Índice de masa corporal. <b>BMI</b>   <i>Body mass index</i>
<b>CEF-MA</b>   Clase de educación física menos activa. <b>LA-PEC</b>   <i>Less active physical education class</i>	<b>WHtR</b>   Ratio cintura/talla. <i>Waist-to-height ratio</i>
<b>MET</b>   Equivalente metabólico de una tarea. <i>Metabolic equivalent of task</i>	



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Resumen breve

**Introducción:** El estudio de las recomendaciones sobre actividad física mediante métodos objetivos está afrontando algunos retos, como la falta de concreción de la recomendación de la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre actividades de intensidad vigorosa (VIAs). La acelerometría es una herramienta especialmente útil para estudiar la actividad física vigorosa (VPA).

**Objetivo:** Evaluar, mediante acelerometría, la actividad física y el cumplimiento de las recomendaciones en niños, con un enfoque particular en la VPA y en el papel de las clases de educación física (CEF).

**Métodos:** Se realizó un estudio transversal de la actividad física mediante acelerometría en escolares andaluces de 8 y 9 años. Se definieron recomendaciones sobre actividad física media diaria, y se propuso un nuevo método para operacionalizar la recomendación sobre incorporar VIAs al menos tres días semanales. Se registró la participación en actividades físico-deportivas extraescolares mediante cuestionario. Se utilizaron curvas ROC para seleccionar umbrales de actividad física asociados con la obesidad.

**Resultados:** En el *Artículo 1* se incluyeron 360 escolares. El 66,7% cumplió la recomendación sobre VPA media diaria (RecVPA:  $\geq 12,5$  minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria), con diferencias significativas por sexo y obesidad. Se realizó más VPA media diaria en los días con CEF (con CEF (media minutos; DE): 22,0; 12,8; sin CEF: 14,4; 10,2; fin de semana: 11,0; 9,6;  $p < 0,001$ ). Fue más probable cumplir la RecVPA en días con CEF que en días sin CEF (OR; IC 95%: 5,47; 4,09; 7,32) y, a su vez, fue menos probable cumplirla en el fin de semana.

En el *Artículo 2* se incluyeron 490 escolares. El 68,5% de las CEF analizadas fueron clasificadas como CEF saludablemente activas, en las que los niños y las niñas acumularon en promedio 16,3% (DE 7,4) y 12,0% (DE 6,0) de VPA, respectivamente. Las VIAs se identificaron como un intervalo de al menos 60 minutos con al menos 16,7% en niños y 12,5% en niñas de VPA (10,0 y 7,5 minutos/hora de VPA).

En el *Artículo 3* se incluyeron 353 escolares. El 23,8% de los participantes cumplió con la recomendación de las Directrices de la OMS de incorporar VIAs al menos tres días semanales. Se identificaron VIAs en el 28,6% (DE 36,0) de las mañanas escolares con CEF y en el 2,1% (DE 9,6) sin CEF. Se identificó mayor proporción de VIAs en las tardes escolares, fuera del colegio, entre los participantes que realizaban al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas ( $\geq 3$  horas/semana: 27,5%;  $< 3$  horas/semana: 9,3%;  $p < 0,001$ ).

**Conclusiones:** La VPA es especialmente relevante en la evaluación mediante acelerometría de la actividad física de la población infantil. Se proponen recomendaciones específicas sobre VPA media diaria. Se presenta

## **Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física**

---

un nuevo método para identificar VIAs mediante acelerometría para conocer el cumplimiento de la recomendación sobre incorporar VIAs al menos tres días semanales. Las CEF y las actividades físico-deportivas extraescolares organizadas son dos potentes herramientas para la salud pública, fáciles de comunicar y de conseguir, que contribuyen al cumplimiento de las recomendaciones.

---

## Brief abstract

**Introduction:** The study of physical activity recommendations using objective methods is facing some challenges, such as the lack of concreteness of the World Health Organization (WHO) recommendation on vigorous intensity activities (VIAs). Accelerometry is a particularly useful tool for studying vigorous physical activity (VPA).

**Objective:** To evaluate, using accelerometry, physical activity and compliance with recommendations in children, with a particular focus on VPA and the role of physical education classes (PECs).

**Methods:** A cross-sectional study of physical activity was carried out using accelerometry in Andalusian children aged 8 and 9. Daily physical activity recommendations were defined, and a new method was proposed to operationalize the recommendation to incorporate VIAs at least three days a week. Participation in extracurricular sports activities was recorded through a questionnaire. ROC curves were used to select physical activity thresholds associated with obesity.

**Results:** In *Article 1*, 360 children were included. 66.7% met the recommendation on daily average VPA (RecVPA,  $\geq 12.5$  minutes in boys and 9.5 minutes in girls of daily average VPA), with significant differences by sex and obesity. More daily average VPA was performed on days with PEC (with PEC (average minutes, SD): 22.0, 12.8; without PEC: 14.4, 10.2; weekend: 11.0, 9.6;  $p < 0.001$ ). It was more likely to meet the RecVPA on days with PEC than on days without PEC (OR, 95% CI: 5.47, 4.09, 7.32) and, in turn, it was less likely to meet it on the weekend.

In *Article 2*, 490 children were included. 68.5% of the PECs analyzed were classified as Health-Enhancing PECs, in which boys and girls accumulated on average 16.3% (SD 7.4) and 12.0% (SD 6.0) of VPA, respectively. VIAs were identified as a bout of at least 60 minutes with at least 16.7% in boys and 12.5% in girls of VPA (10.0 and 7.5 minutes/hour of VPA).

In *Article 3*, 353 children were included. 23.8% of the participants met the WHO Guidelines recommendation to incorporate VIAs at least three days a week. VIAs were identified in 28.6% (SD 36.0) of school mornings with PEC and in 2.1% (SD 9.6) without PEC. A higher proportion of VIAs was identified in school afternoons, outside of school, among participants who performed at least three weekly hours of organized extracurricular sports activities ( $\geq 3$  hours/week: 27.5%;  $< 3$  hours/week: 9.3%;  $p < 0.001$ ).

**Conclusions:** VPA is especially relevant in the evaluation of the physical activity using accelerometry in children. Specific recommendations on daily average VPA are proposed. A new method is presented to identify VIAs using accelerometry to know the compliance with the WHO recommendation to incorporate VIAs at least three days a week. PECs and

## **Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física**

---

organized extracurricular sports activities are two powerful tools for public health, easy to communicate and achieve, which contribute to the fulfillment of the recommendations.

---

## Resumen extenso

### Introducción

La Organización Mundial de la Salud (OMS) sitúa a la inactividad física como el cuarto riesgo global de mortalidad, responsable del 6% de las muertes a nivel mundial, incluso por delante del sobrepeso y la obesidad. En niños y adolescentes, la inactividad física no sólo representa un problema de salud pública actual, sino que también amenaza el futuro de nuestra sociedad. Los patrones de comportamiento establecidos durante las etapas tempranas de la vida pueden tener un impacto significativo en la salud a largo plazo.

La OMS publicó en 2020 sus Directrices sobre actividad física y comportamiento sedentario, donde recoge la evidencia científica más relevante hasta la fecha sobre actividad física y formula una serie de recomendaciones por grupo etario para evitar los problemas derivados de la inactividad física, así como disfrutar de los beneficios de la realización de suficiente actividad física.

En los últimos años, la acelerometría ha adquirido una gran relevancia en la evaluación de la actividad física. Sin embargo, su uso para conocer el nivel de actividad física de la población infantojuvenil está enfrentando algunos retos. Uno de estos retos es la falta de concreción de algunas de las recomendaciones de la OMS, como aquellas que hacen alusión a las actividades de intensidad vigorosa o al comportamiento sedentario. La acelerometría es una herramienta especialmente útil para estudiar la actividad física vigorosa (VPA) en la población infantil.

Una ventaja para aplicar políticas de salud pública encaminadas a evitar la inactividad física en la población infantil es que, de manera obligatoria, los niños deben asistir al colegio donde se pueden promover e implementar herramientas para favorecer la realización de actividad física. Por otro lado, se puede incentivar la participación en actividades físico-deportivas extraescolares con las que complementar los logros conseguidos durante la jornada escolar. Por ello, las clases de educación física y las actividades físico-deportivas extraescolares se perfilan como herramientas efectivas para incrementar el cumplimiento de las recomendaciones de actividad física.

### Objetivos

Esta tesis tiene como objetivo general evaluar, mediante acelerometría, la actividad física habitual y el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física en escolares de 8 y 9 años, con un enfoque particular en la VPA y en el papel de las clases de educación física; así como, proponer un método para identificar objetivamente actividades de intensidad vigorosa para posibilitar el estudio del cumplimiento de la recomendación de la OMS de incorporar este tipo de actividades al menos tres días a la semana.

## **Métodos**

Se llevó a cabo un estudio transversal de la actividad física habitual evaluada mediante acelerometría en escolares de 8 y 9 años en Andalucía (España). Como muestra principal, se invitó a participar a los 40 colegios de educación primaria de Andalucía que participaron en el Estudio ALADINO 2019. Como muestra complementaria, se invitó a seis de los colegios que participaron en el Estudio PASOS 2019-20 y PASOS 2022-23 en Andalucía. En los colegios que aceptaron participar, se invitó a los escolares de 3º de educación primaria al estudio de la actividad física habitual mediante acelerometría.

### *Acelerometría*

A los escolares que aceptaron participar, se les colocó un acelerómetro GENEActiv (Activinsights Ltd., Kimbolton, UK) en la muñeca de la mano no dominante durante al menos ocho días consecutivos (protocolo de 24 horas), con una frecuencia de muestreo de 40 Hz.

Los archivos de datos brutos del acelerómetro se procesaron utilizando R (<http://cran.r-project.org>) con el paquete de R *accelerator* (versión 0.4.0). El procesamiento incluyó funciones del paquete de R *GGIR* (versión 2.9.2). Los datos brutos se simplificaron calculando valores ENMONZ o ENMO en intervalos (*epochs* en inglés) de 5 segundos. Se aplicaron los puntos de corte publicados en una población, ubicación anatómica y modelo de acelerómetro compatibles con el presente trabajo. Se clasificó la actividad física por intensidad en VPA, actividad física moderada (MPA), actividad física ligera (LPA) y comportamiento sedentario (SED), así como la combinación de estas (por ejemplo, actividad física moderada-vigorosa, MVPA).

Se definieron tres tipos de día principales: día escolar con clase de educación física, día escolar sin clase de educación física y día de fin de semana. Los días festivos diferentes al fin de semana y días de absentismo escolar fueron excluidos de los análisis. También se definieron los siguientes segmentos diarios: jornada escolar, clase de educación física, tiempo de vigilia previo a las 14:00 horas y tiempo de vigilia posterior a las 14:00 horas. Se ponderó el valor de los días escolares (5/7) y de los días de fin de semana (2/7) para definir el día medio semanal.

Las recomendaciones de actividad física en niños se estudiaron según el patrón de actividad física promovido en cada una de las recomendaciones de la OMS. Por un lado, se definieron recomendaciones sobre actividad física media diaria, entre las que se estudió la recomendación propuesta en las Directrices de la OMS (es decir, realizar al menos 60 minutos de MVPA media diaria en la semana). Por otro lado, se propuso un nuevo método para operacionalizar mediante acelerometría la otra recomendación sobre actividad física de las Directrices de la OMS (es decir, incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana).

---

La información sobre la participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas se obtuvo a través del cuestionario para las familias del Estudio ALADINO 2019, cumplimentado por los tutores legales de los participantes, en el que se les preguntaba durante cuántas horas semanales participaban sus hijos en este tipo de actividades.

El sexo y la fecha de nacimiento se recopilaron a través del consentimiento informado. La información antropométrica (es decir, peso corporal, talla y circunferencia de cintura) fue evaluada individualmente mediante herramientas calibradas y protocolos válidos para tal fin, durante el mismo curso escolar en el que se llevó a cabo la evaluación de acelerometría. Se definió el índice de masa corporal (IMC) como el peso dividido por la talla al cuadrado y la ratio cintura-talla (WHtR) como la circunferencia de cintura dividida por la talla. Se clasificó a los participantes en normo peso, sobrepeso y obesidad según su IMC, así como, sin y con obesidad central según su WHtR. También se recogió el nivel educativo de los tutores legales y la titularidad del colegio.

#### *Análisis estadístico*

Se realizó una descripción de los tipos de día y de los segmentos diarios estudiados, así como, una descripción de la muestra de participantes. Se calculó el tiempo medio y la desviación estándar (DE) para la actividad física a diferentes intensidades en los días o segmentos diarios estudiados en cada análisis. Además, se calculó en percentil 66,7 para el tiempo medio de VPA y MVPA realizada en las clases de educación física.

Se utilizaron curvas ROC (es decir, curvas de características operativas del receptor) para seleccionar los umbrales de actividad física asociados con la obesidad central o el sobrepeso-obesidad. Se propuso recomendaciones de actividad física media diaria basadas en estos umbrales, y se clasificó las clases de educación física grupales como clases de educación física saludablemente activas (CEF-SA) o clases de educación física menos activas (CEF-MA) en función de si alcanzaban en promedio dichos umbrales. Se utilizó la duración y la VPA media de las CEF-SA para definir mediante acelerometría a las “actividades de intensidad vigorosa”, protagonistas de una de las recomendaciones de las Directrices de la OMS. Se calculó la proporción de escolares que cumplían dicha recomendación (es decir, incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días semanales).

Se calculó el porcentaje medio y la DE de los días donde se identificó al menos una de estas actividades de intensidad vigorosa en todos los tipos de días y segmentos diarios estudiados. También se calculó para los participantes clasificados según el número de horas semanales que participaron en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.

Se utilizaron modelos de regresión logística condicional para calcular las odds ratio (OR) para el cumplimiento de las recomendaciones de

actividad física media diaria en los días escolares con clase de educación física y en los días de fin de semana entre aquellos escolares que cumplieron las recomendaciones en los días escolares sin clase de educación física.

Para todos los análisis se estableció un nivel de significación estadística de  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó utilizando IBM® SPSS® Statistics versión 25 para macOS (IBM Software Group, Chicago, IL), excepto para la regresión logística condicional, que se realizó usando R.

## **Resultados**

En el estudio de acelerometría participaron 33 de los 44 colegios que aceptaron la participación en este estudio (22 del Estudio ALADINO 2019, 6 del Estudio PASOS 2019-20 y 5 del Estudio PASOS 2022-23). Los 11 colegios que no participaron fue como consecuencia del cierre de estos durante la primavera de 2020 debido a la pandemia de COVID-19.

De la muestra derivada del Estudio ALADINO 2019, 376 participantes disponían de datos de acelerometría, de los cuales, 360 escolares disponían de al menos cuatro días semanales válidos (con al menos dos días escolares y uno de fin de semana). De estos, 355 escolares disponían, además, de al menos un día escolar con y otro sin clase de educación física. Y de ellos, 353 disponían, además, de un segmento del tiempo de vigilia previo y otro posterior a las 14:00 horas en todos los tipos de día estudiados. Del total de los participantes (es decir, los del Estudio ALADINO 2019, PASOS 2019-20 y PASOS 2022-23 en conjunto), 490 disponían de al menos tres jornadas escolares válidas, de las cuales al menos una era con y otra sin clase de educación física.

La presente tesis doctoral es un compendio de tres artículos originales publicados en revistas científicas.

### *Artículo 1*

Los escolares de la muestra principal ( $n=360$ ; 176 niños; 184 niñas) tenían en promedio 8,5 (DE 0,4) años con un IMC de 18,4 (DE 3,7)  $\text{kg/m}^2$ . 79 (24,2%) y 87 (26,7%) fueron clasificados con sobrepeso y obesidad, respectivamente. 84 (25,8%) fueron clasificados con obesidad central.

Los niños realizaron más VPA y MVPA que las niñas, con un promedio diario de 19,9 (DE 10,5) y 97,2 (DE 31,7) minutos de VPA y MVPA, respectivamente, mientras que las niñas realizaron 11,4 (DE 5,1) y 76,3 (DE 31,9) minutos de VPA y MVPA, respectivamente ( $p < 0,001$ ).

Las recomendaciones sobre actividad física media diaria para prevenir la obesidad central, específicas para la metodología aplicada en este estudio de acelerometría, fueron: al menos 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria (RecVPA), y al menos 75 minutos de MVPA media diaria para ambos sexos (RecMVPA).

El porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria fue de 80,6% para la recomendación sobre MVPA de las Directrices de la OMS (es decir, al menos 60 minutos de MVPA media diaria (RecMVPA-WHO)), 63,6% para la RecMVPA y 66,7% para la RecVPA. En todas ellas se hallaron diferencias significativas por sexo y por obesidad central.

En los días escolares con clase de educación física, los participantes (n=355) realizaron 22,0 (DE 12,8) y 104,3 (DE 36,3) minutos de VPA y MVPA media diaria, respectivamente. En los días escolares sin clase de educación física realizaron 14,4 (DE 10,2) y 81,7 (DE 31,3) minutos de VPA y MVPA media diaria, respectivamente. Y en los días de fin de semana realizaron 11,0 (DE 9,6) y 76,0 (DE 36,4) minutos de VPA y MVPA media diaria, respectivamente. En la realización de VPA se hallaron diferencias significativas por sexo, estado de obesidad central y tipo de día en todas las categorías analizadas.

Había una mayor probabilidad de cumplir las recomendaciones en los días escolares con clase de educación física para aquellos que ya las cumplían en los días escolares sin clase de educación física (RecMVPA-WHO (OR, intervalo de confianza (IC) 95%): 6,05; 4,26; 8,58; RecMVPA: 4,31; 3,23; 5,75; RecVPA: 5,47; 4,09; 7,32). Sin embargo, era menos probable que los participantes que cumplían las recomendaciones en los días escolares sin clase de educación física las cumplieran en los días de fin de semana (RecMVPA-WHO (OR, IC 95%): 0,50; 0,39; 0,64; RecMVPA: 0,63; 0,50; 0,80; RecVPA: 0,39; 0,31; 0,49).

## *Artículo 2*

Los escolares (n=490) participaron en promedio en 2,1 (DE 0,9) clases de educación física. El tercio de niños más activos realizaron al menos 16,1% de VPA y 45,4% de MVPA en las clases de educación física, mientras que el tercio de niñas más activas realizaron al menos 12,8% de VPA y 39,8% de MVPA.

De las 73 clases de educación física grupales confirmadas como válidas, 50 (68,5%) fueron clasificadas como CEF-SA. Se estableció que una clase de educación física grupal era considerada como CEF-SA cuando se acumulaba en promedio al menos 14,0% de VPA o 32,5% de MVPA durante la clase.

Entre los escolares que participaron en CEF-SA, los niños y las niñas acumularon en promedio 16,3% (DE 7,4) y 12,0% (DE 6,0) de VPA, respectivamente. La duración promedio de las clases de educación física fue de 54,2 (DE 11,3) minutos. Estos valores fueron empleados para definir la proporción de VPA y la duración del intervalo de tiempo necesarios para identificar sesiones de “actividades de intensidad vigorosa” en una evaluación de acelerometría de varios días consecutivos y sin registro de diario.

Se identificó una sesión de actividades de intensidad vigorosa (VPA-Bout) si se acumulaba al menos 16,7% en niños y 12,5% en niñas de VPA durante un periodo de al menos 60 minutos (es decir, al menos 10,0 y 7,5 minutos/hora de VPA, respectivamente).

### *Artículo 3*

En el tiempo extraescolar, se identificó la duración media diaria de los VPA-Bouts y de las actividades físico-deportivas organizadas declaradas por los tutores legales, que fue de 17,2 (DE 25,6) minutos y de 20,8 (DE 18,5) minutos, respectivamente. En los niños fue de 23,9 (DE 31,2) y 21,3 (DE 19,8) minutos, respectivamente, mientras que en las niñas fue de 11,0 (DE 16,9) y 20,2 (DE 17,4) minutos, respectivamente.

Los participantes realizaron en promedio al menos un VPA-Bout en el 23,8% (DE 23,1) de los días de la semana. Se identificó un VPA-Bout durante las mañanas escolares en el 28,6% (DE 36,0) de los días escolares con clase de educación física y en el 2,1% (DE 9,6) de los días escolares sin clase de educación física. En el tiempo extraescolar, no se encontraron diferencias significativas entre las tardes de días con y sin clase de educación física (18,9% vs 17,6%;  $p=0,417$ ), mientras que sí hubo diferencias entre las tardes de días escolares y los días completos de fin de semana (17,8% vs 13,4%;  $p=0,004$ ). El día escolar con clase de educación física fue el único tipo de día donde se observó una mayor proporción de VPA-Bout por las mañanas que por las tardes (28,6% vs 18,9%;  $p<0,001$ ).

Se observó una mayor proporción de tardes de días escolares con VPA-Bouts entre los participantes que declararon realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas ( $\geq 3$  horas/semana: 27,5%,  $<3$  horas/semana: 9,3%,  $p<0,001$ ). En la proporción de mañanas escolares con VPA-Bouts no se observaron diferencias significativas según la participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas ( $\geq 3$  horas/semana: 14,0%,  $<3$  horas/semana: 12,7%,  $p=0,477$ ).

El 23,8% de los participantes cumplió con la recomendación de las Directrices de la OMS de “incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana”. Los escolares que declararon realizar más tiempo de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas mostraron una proporción significativamente mayor de cumplimiento de esta recomendación ( $\geq 3$  horas/semana: 35,1%;  $<3$  horas/semana: 12,7%;  $p<0,001$ ).

### **Conclusiones**

La VPA es especialmente relevante en la evaluación mediante acelerometría de la actividad física de la población infantil, la cual presenta una mayor sensibilidad a la hora de relacionar el nivel de actividad física con el estado ponderal, la obesidad central o el sexo. Por ello, es importante

implementar protocolos de recogida y procesamiento de datos de acelerometría que no sesguen los resultados de VPA.

Se proponen recomendaciones específicas sobre VPA y MVPA media diaria para la población y protocolo del presente estudio. Además, se presenta un nuevo método para identificar sesiones de actividades de intensidad vigorosa mediante acelerometría. Este método permite conocer el cumplimiento de la recomendación de las Directrices de la OMS para niños y adolescentes sobre incorporar este tipo de actividades al menos tres días a la semana.

La realización de actividad física y el cumplimiento de las recomendaciones en niños dependen en gran medida de las clases de educación física y de las actividades físico-deportivas extraescolares organizadas. Estos dos tipos de actividades organizadas son especialmente relevantes para la realización de VPA y el cumplimiento de las recomendaciones relacionadas con la VPA, siendo por ello dos potentes herramientas para la salud pública, fáciles de comunicar y de conseguir.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Long abstract

### Introduction

The World Health Organization (WHO) ranks physical inactivity as the fourth global risk of mortality, responsible for 6% of deaths worldwide, even ahead of overweight and obesity. In children and adolescents, physical inactivity not only represents a current public health problem, but also threatens the future of our society. The behavior patterns established during the early stages of life can have a significant impact on long-term health.

In 2020, the WHO published its Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behavior, which collects the most relevant scientific evidence to date on physical activity and formulates recommendations by age group to avoid the problems derived from physical inactivity, as well as to enjoy the benefits of performing sufficient physical activity.

In recent years, accelerometry has gained great relevance in the evaluation of physical activity. However, its use to know the level of physical activity in children and adolescents is facing some challenges. One of these challenges is the lack of specificity in some of the WHO recommendations, such as those referring to vigorous intensity activities or sedentary behavior. Accelerometry is an especially useful tool for studying vigorous physical activity (VPA) in the child population.

An advantage of implementing public health policies aimed at preventing physical inactivity in the child population is that children are required to attend school, where tools can be promoted and implemented to encourage physical activity. On the other hand, participation in extracurricular sports activities can be encouraged to complement the achievements obtained during the school time. Therefore, physical education classes and extracurricular sports activities are outlined as effective tools to increase compliance with physical activity recommendations.

### Objectives

This thesis has the general objective of evaluating the habitual physical activity and compliance with health recommendations on physical activity in 8- and 9-year-old children through accelerometry, with a particular focus on VPA and the role of physical education classes; as well as, proposing a method to objectively identify vigorous intensity activities to enable the study of compliance with the WHO recommendation to incorporate this type of activities at least three days a week.

### Methods

A cross-sectional study of habitual physical activity evaluated by accelerometry was carried out in 8- and 9-year-old children in Andalusia (Spain). As the main sample, the 40 primary schools in Andalusia participating in the ALADINO 2019 Study were invited to participate in this

study. As a complementary sample, six of the schools participating in the PASOS 2019-20 and PASOS 2022-23 Studies in Andalusia were invited. In the schools that agreed to participate, 3<sup>rd</sup> grade primary schoolchildren were invited to this study of habitual physical activity through accelerometry.

### *Accelerometry*

For the children who agreed to participate, a GENEActiv accelerometer (Activinsights Ltd., Kimbolton, UK) was placed on the non-dominant wrist for at least eight consecutive days (24-hour protocol), with a sampling frequency of 40 Hz.

The raw accelerometer data files were processed using R (<http://cran.r-project.org>) with the R accelerator package (version 0.4.0). The processing included functions from the R GGIR package (version 2.9.2). The raw data were simplified by calculating ENMONZ or ENMO values in 5-second epochs. The cut-off points published in a population, anatomical location, and accelerometer model compatible with the present work were applied. Physical activity was classified by intensity into VPA, moderate physical activity (MPA), light physical activity (LPA) and sedentary behavior (SED), as well as the combination of these (for example, moderate to vigorous physical activity, MVPA).

Three main types of day were defined: school day with physical education class, school day without physical education class and weekend day. Holidays different from the weekend and school absenteeism days were excluded from the analyses. The following daily segments were also defined: school time, physical education class, wake time prior to 2:00 PM and wake time after 2:00 PM. The value of school days (5/7) and weekend days (2/7) was weighted to define the average weekly day.

Physical activity recommendations for children were studied according to the pattern of physical activity promoted in each of the WHO recommendations. On the one hand, recommendations on average daily physical activity were defined, among which the recommendation proposed in the WHO Guidelines was studied (i.e., at least 60 minutes of average daily MVPA in the week). On the other hand, a new method was proposed to operationalize through accelerometry the other recommendation on physical activity of the WHO Guidelines (i.e., to incorporate vigorous intensity activities at least three days a week).

Information on participation in organized extracurricular sport activities was obtained through the questionnaire for families of the ALADINO 2019 Study, completed by the legal guardians of the participants, in which they were asked how many weekly hours their children participated in this type of activities.

---

Sex and date of birth were collected through informed consent. Anthropometric information (i.e., body weight, height, and waist circumference) was individually evaluated using calibrated tools and valid protocols for this purpose, during the same school year in which the accelerometry evaluation was carried out. Body mass index (BMI) was defined as weight divided by height squared and waist-to-height ratio (WHtR) as waist circumference divided by height. Participants were classified as normal weight, overweight and obesity according to their BMI, as well as, with and without central obesity according to their WHtR. The educational level of the legal guardians and the school status were also collected.

### *Statistical analysis*

A description of the types of day and the daily segments studied was made, as well as a description of the sample of participants. The average time and standard deviation (SD) for physical activity at different intensities on the days or daily segments studied in each analysis was calculated. In addition, the 66.7 percentile was calculated for the average time of VPA and MVPA performed in physical education classes.

ROC curves (i.e., receiver operating characteristic curves) were used to select the thresholds of physical activity associated with central obesity or overweight-obesity. Recommendations for average daily physical activity based on these thresholds were proposed, and group physical education classes were classified as health-enhancing physical education classes (HE-PECs) or less active physical education classes (LA-PEC) depending on whether they reached these thresholds on average. The duration and average VPA of the HE-PECs were used to define through accelerometry the “vigorous intensity activities”, protagonists of one of the recommendations of the WHO Guidelines. The proportion of children who met this recommendation (i.e., to incorporate vigorous intensity activities at least three days a week) was calculated.

The average percentage and SD of days where at least one of these vigorous intensity activities was identified in all types of days and daily segments studied was calculated. It was also calculated for participants classified based on the number of weekly hours they participated in organized extracurricular sport activities.

Conditional logistic regression models were used to calculate the odds ratios (OR) for compliance with the recommendations for average daily physical activity on school days with physical education class and on weekends among those children who met the recommendations on school days without physical education class.

For all analyses, a significance level of  $p < 0.05$  was established. The statistical analysis was performed using IBM® SPSS® Statistics version 25 for macOS (IBM Software Group, Chicago, IL), except for conditional logistic regression, which was performed using R.

## Results

In the accelerometry study, 33 of the 44 schools that agreed to participate finally took part. The 11 schools that did not participate did so as a result of their closure during the spring of 2020 due to the COVID-19 pandemic.

Of the sample derived from the ALADINO 2019 Study, 376 participants had accelerometry data, of which, 360 children had at least four valid weekly days (with at least two school days and one weekend day). Of these, 355 children also had at least one school day with and another without physical education class. And of them, 353 also had a segment of wake time before and another after 2:00 PM on all types of day studied. Of the total participants (i.e., those from the ALADINO 2019 Study, PASOS 2019-20 Study and PASOS 2022-23 Study together), 490 had at least three valid school times, of which at least one was with and another without physical education class.

This doctoral thesis is a compendium of three original articles published in scientific journals.

### *Article 1*

The children in the main sample ( $n=360$ ; 176 boys, 184 girls) were 8.5 (SD 0.4) years old with a BMI of 18.4 (SD 3.7)  $\text{kg}/\text{m}^2$ . 79 (24.2%) and 87 (26.7%) were classified with overweight and obesity, respectively. 84 (25.8%) were classified with central obesity.

Boys performed more VPA and MVPA than girls, with a daily average of 19.9 (SD 10.5) and 97.2 (SD 31.7) minutes of VPA and MVPA, respectively, while girls performed 11.4 (SD 5.1) and 76.3 (SD 31.9) minutes of VPA and MVPA, respectively ( $p<0.001$ ).

The recommendations on average daily physical activity to prevent central obesity, specific to the methodology applied in this accelerometry study, were: at least 12.5 minutes in boys and 9.5 minutes in girls of average daily VPA (RecVPA), and at least 75 minutes of average daily MVPA for both sexes (RecMVPA).

The percentage of compliance with the recommendations on average daily physical activity was 80.6% for the recommendation on MVPA of the WHO Guidelines (i.e., at least 60 minutes of average daily MVPA (RecMVPA-WHO)), 63.6% for the RecMVPA and 66.7% for the RecVPA. In all of them, significant differences were found by sex and by central obesity.

On school days with physical education class, the participants ( $n=355$ ) performed 22.0 (SD 12.8) and 104.3 (SD 36.3) minutes of average daily VPA and MVPA, respectively. On school days without physical education class, they performed 14.4 (SD 10.2) and 81.7 (SD 31.3) minutes of

average daily VPA and MVPA, respectively. And on weekend days, they performed 11.0 (SD 9.6) and 76.0 (SD 36.4) minutes of average daily VPA and MVPA, respectively. In the performance of VPA, significant differences were found by sex, central obesity status and type of day in all categories analyzed.

There was a higher probability of meeting the recommendations on school days with physical education class for those who already met them on school days without physical education class (RecMVPA-WHO (OR, confidence interval (CI) 95%): 6.05, 4.26, 8.58; RecMVPA: 4.31, 3.23, 5.75; RecVPA: 5.47, 4.09, 7.32). However, it was less likely that participants who met the recommendations on school days without physical education class would meet them on weekend days (RecMVPA-WHO (OR, CI 95%): 0.50, 0.39, 0.64; RecMVPA: 0.63, 0.50, 0.80; RecVPA: 0.39, 0.31, 0.49).

### *Article 2*

The children (n=490) participated on average in 2.1 (SD 0.9) physical education classes. The most active third of boys performed at least 16.1% of VPA and 45.4% of MVPA in their physical education classes, while the most active third of girls performed at least 12.8% of VPA and 39.8% of MVPA.

Of the 73 confirmed valid group physical education classes, 50 (68.5%) were classified as HE-PECs. A group physical education class was considered as HE-PECs when an average of at least 14.0% of VPA or 32.5% of MVPA was accumulated during the class.

Among the children who participated in HE-PECs, boys and girls accumulated on average 16.3% (SD 7.4) and 12.0% (SD 6.0) of VPA, respectively. The average duration of physical education classes was 54.2 (SD 11.3) minutes. These values were used to define the proportion of VPA and the duration of the bout necessary to identify sessions of “vigorous intensity activities” in an accelerometry evaluation of several consecutive days and without a diary record.

A session of vigorous intensity activities (VPA-Bout) was identified if at least 16.7% in boys and 12.5% in girls of VPA was accumulated during a bout of at least 60 minutes (i.e., at least 10.0 and 7.5 minutes/hour of VPA, respectively).

### *Article 3*

In extracurricular time, the average daily duration of the VPA-Bouts and the organized sport activities declared by the legal guardians was identified, which was 17.2 (SD 25.6) minutes and 20.8 (SD 18.5) minutes, respectively. In boys it was 23.9 (SD 31.2) and 21.3 (SD 19.8) minutes, respectively, while in girls it was 11.0 (SD 16.9) and 20.2 (SD 17.4) minutes, respectively.

Participants performed on average at least one VPA-Bout on 23.8% (SD 23.1) of the weekly days. A VPA-Bout was identified during school mornings on 28.6% (SD 36.0) of school days with physical education class and on 2.1% (SD 9.6) of school days without physical education class. In extracurricular time, no significant differences were found between the afternoons of days with and without physical education class (18.9% vs 17.6%;  $p=0.417$ ), while there were differences between the afternoons of school days and full weekend days (17.8% vs 13.4%;  $p=0.004$ ). The school day with physical education class was the only type of day where a higher proportion of VPA-Bout was observed in the mornings than in the afternoons (28.6% vs 18.9%;  $p<0.001$ ).

A higher proportion of school day afternoons with VPA-Bouts was observed among participants who reported performing at least three weekly hours of organized extracurricular sport activities ( $\geq 3$  hours/week: 27.5%,  $< 3$  hours/week: 9.3%,  $p<0.001$ ). In the proportion of school mornings with VPA-Bouts, no significant differences were observed according to participation in organized extracurricular sport activities ( $\geq 3$  hours/week: 14.0%,  $< 3$  hours/week: 12.7%,  $p=0.477$ ).

23.8% of the participants meet the WHO Guidelines recommendation to “incorporate vigorous intensity activities at least three days a week”. Students who reported spending more time on organized extracurricular sport activities showed a significantly higher proportion of compliance with this recommendation ( $\geq 3$  hours/week: 35.1%;  $< 3$  hours/week: 12.7%;  $p<0.001$ ).

## **Conclusions**

VPA is especially relevant in the evaluation of physical activity in the child population through accelerometry, which presents a greater sensitivity when relating the level of physical activity with weight status, central obesity or sex. Therefore, it is important to implement data collection and processing protocols for accelerometry that do not bias VPA results.

Specific recommendations on daily average VPA and MVPA are proposed for the population and protocol of the present study. In addition, a new method is presented to identify sessions of vigorous intensity activities through accelerometry. This method allows to know the compliance with the recommendation of the WHO Guidelines for children and adolescents to incorporate this type of activities at least three days a week.

The performance of physical activity and compliance with recommendations in children largely depend on physical education classes and organized extracurricular sport activities. These two types of organized activities are especially relevant for the performance of VPA and compliance with recommendations related to VPA, making them two powerful tools for public health, easy to communicate and achieve.

---

# INTRODUCCIÓN





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Conceptos clave

### Actividad física

La actividad física se define como todo movimiento corporal producido por el aparato locomotor con gasto de energía y puede realizarse a distintas intensidades durante el trabajo, las tareas domésticas, los desplazamientos o el tiempo libre, o mediante la participación en actividades deportivas o de ejercicio físico [4,5]. En esta tesis, la actividad física determinada mediante acelerometría abarca todos los tipos, intensidades y dominios de actividad física, con especial atención a la realizada en las clases de educación física.

### Intensidad de la actividad física

La intensidad de la actividad física se cuantifica de manera relativa al equivalente metabólico de una tarea (en inglés *metabolic equivalent of task*, MET). Los METs indican el gasto energético relativo de la actividad física en términos de mililitros de oxígeno consumidos por kilogramo de peso durante un minuto (ml/kg/min). Un MET se deriva de la medición del consumo de energía de cada individuo o grupo de referencia en condiciones basales. Por ejemplo, los adultos consumen en promedio 3,5 ml/kg/min en condiciones basales, lo que a menudo se utiliza como referencia absoluta (es decir, 1,0 MET = 3,5 ml/kg/min). En el campo de actividad física y salud, las intensidades de actividad física se han clasificado generalmente en actividad física ligera (LPA: 1,5 – 3,0 METs), actividad física moderada (MPA: 3,0 – 6,0 METs) y actividad física vigorosa (VPA: más de 6,0 METs) [5].

### Inactividad física

La inactividad física representa un nivel insuficiente de actividad física para cumplir las presentes recomendaciones sobre actividad física para la salud [5]. En contra, ser físicamente activo se refiere a cumplir con dichas recomendaciones. No se debe confundir la inactividad física con el comportamiento sedentario. De hecho, una persona puede ser físicamente activa (es decir, cumplir con las recomendaciones) y a la vez invertir periodos de tiempo prolongados en comportamiento sedentario.

### Comportamiento sedentario

Se refiere a cualquier comportamiento en estado de vigilia caracterizado por un escaso gasto energético (es decir, menor o igual a 1,5 MET), sea en posición sentada, reclinada o acostada [5,6]. Debido a la limitación en la medición del componente posicional a través de acelerómetros, la presente tesis doctoral se centrará en el estudio de la actividad física.

## **Salud**

En el Preámbulo de la Constitución de la Organización Mundial de la Salud (OMS), que entró en vigor el 7 de abril de 1948, se definió la salud como “un estado de completo bienestar físico, mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” [7]. Esta definición no ha sido modificada desde entonces. Por lo tanto, en la presente tesis doctoral se entiende que un individuo físicamente inactivo (es decir, que no cumple con las vigentes recomendaciones sobre actividad física) no se puede considerar una persona sana.

## **Acelerometría**

La acelerometría es una tecnología capaz de detectar aceleraciones a través de sensores denominados acelerómetros. Esta tecnología se encuentra en infinidad de dispositivos digitales como teléfonos móviles, relojes inteligentes, monitores de actividad, podómetros o vehículos motorizados. En el campo de la actividad física y la salud se utilizan para estimar comportamientos físicos, como la actividad física, el comportamiento sedentario o el sueño. Si bien es cierto que los acelerómetros se refieren a los sensores, en la presente tesis doctoral se hará alusión a los dispositivos que incorporan esta tecnología como acelerómetros igualmente.

## **Otros conceptos relacionados**

### **Ejercicio físico**

El término ejercicio se refiere a una subcategoría de la actividad física, que ha sido programada, es estructurada y repetitiva, y responde a un propósito, en el sentido de mejorar o mantener uno o más componentes de la forma física [5].

### **Deporte**

Este término abarca una diversidad de actividades realizadas con arreglo a unas reglas, practicadas por placer o con ánimo competitivo. Las actividades deportivas consisten en actividades físicas realizadas por equipos o individualmente, en ocasiones con sujeción a un marco institucional (por ejemplo, un organismo deportivo) [5].

### **Educación física**

La educación física es una disciplina educativa que se encarga de desarrollar el cuerpo y las habilidades motrices a través de ejercicios y actividades físicas, con un componente educativo, terapéutico, recreativo y competitivo que incentiva la convivencia, el disfrute y el compañerismo entre los participantes. En España es una asignatura obligatoria tanto en la educación primaria como secundaria, y está dirigida por un profesional con formación universitaria específica.

---

## Breve visión histórica del campo de trabajo

Desde los inicios de la vida en la Tierra, el movimiento ha sido un componente esencial para la supervivencia y la evolución de los organismos vivos. Los primeros organismos unicelulares desarrollaron mecanismos para moverse en respuesta a su entorno, alejándose de estresores potencialmente letales y acercándose a fuentes de nutrientes. Este movimiento simple, impulsado por la azarosa presencia de mutaciones, que promovían la supervivencia de aquellos individuos que se veían beneficiados, sentó las bases para la complejidad del movimiento que observamos hoy en día en los animales.

A medida que los organismos evolucionaron y se volvieron más complejos, también lo hizo su capacidad de movimiento. Los animales desarrollaron sistemas musculares y nerviosos que les permitieron moverse de formas cada vez más sofisticadas y eficientes. El movimiento se convirtió en una herramienta esencial para la caza, la evasión de depredadores, la reproducción y, en última instancia, la supervivencia. En un entorno natural, los individuos que destacan en su capacidad de movimiento ven optimizada su supervivencia y probabilidad de transmitir sus genes. De esta forma, el movimiento se ha convertido en la máxima expresión de salud en la gran mayoría de animales complejos.

En los seres humanos, cada vez más alejados del entorno natural en el que evolucionaron nuestros genes, la **actividad física** adquiere una importancia aún mayor. Aunque ha dejado de ser vital para nuestra supervivencia a corto plazo, es indispensable para el mantenimiento de nuestra salud, en definitiva, de nuestra supervivencia y bienestar a medio y largo plazo.

La relación entre la actividad física y la salud ha sido un tema de interés desde la antigüedad. Hipócrates, el padre de la medicina moderna, ya reconocía en el siglo V a.C. la importancia de la actividad física para la salud. A lo largo de la historia, esta relación ha sido estudiada y confirmada por numerosos estudiosos e investigadores. Pero no fue hasta el siglo XX, con la llegada de la medicina basada en la evidencia, cuando se empezó a estudiar la relación entre la actividad física y la salud de forma objetiva y decidida.

Uno de los primeros y más icónicos trabajos científicos que mostró una clara relación entre la actividad física y la salud fue el publicado en 1953 en *Lancet* por Morris et al. [8], que estudió el impacto de distintas ocupaciones laborales en la salud coronaria. En este estudio destacó la diferencia hallada entre los conductores y los revisores de billetes de los famosos autobuses de dos plantas de Londres. Los primeros padecían el doble de enfermedad coronaria que los segundos, y la única diferencia aparente era que los revisores de billetes tenían que moverse constantemente a través de las dos plantas de los autobuses mientras que los conductores

permanecían sentados. A estos hallazgos le siguieron un número creciente de investigaciones que han ido demostrando de manera concluyente los beneficios de la actividad física para la salud.

En los últimos años se ha desarrollado un prometedor campo de trabajo sobre la importancia del **ejercicio físico** como medicina. La evidencia acumulada no sólo apoya la tesis de que la actividad física es una de las más efectivas herramientas de prevención para las enfermedades crónicas que causan mayor morbimortalidad en la actualidad [9], si no que, la correcta prescripción de ejercicio físico como terapia es tan efectiva como el tratamiento médico y, en situaciones especiales, es más efectiva o amplifica su efecto [10]. Por todo ello, no resulta exagerado el título del artículo publicado por Fiuza-Luces et al. [11], considerando al ejercicio físico como la verdadera “polipíldora” que tanto tiempo lleva buscando la medicina, ya que combina los efectos preventivos y multisistémicos beneficiosos para la salud con pocas consecuencias adversas y un coste económico menor (Figura 1).



**Figura 1**  
Ejercicio físico, la verdadera polipíldora.

A pesar de este conocimiento, la **inactividad física** se ha convertido en un problema de salud pública a nivel global. La OMS sitúa a la inactividad física como el cuarto riesgo global de mortalidad, responsable del 6 % de las muertes a nivel mundial, incluso por delante del sobrepeso y la obesidad [12]. De hecho, prevenir la inactividad física mediante la realización de suficiente actividad física incidiría positiva y directamente en cuatro de los cinco mayores riesgos globales de mortalidad (es decir, presión arterial alta, glucemia alta, inactividad física y exceso de peso), e indirectamente en el riesgo global restante (es decir, tabaquismo).

Una de las consecuencias más evidentes de la realización de suficiente actividad física es la mejora del estado de forma, el cual (concretamente la capacidad cardiorrespiratoria) ha mostrado ser un predictor más potente de la mortalidad que el índice de masa corporal o la adiposidad. Por tanto, mejorar la capacidad cardiorrespiratoria es más importante que perder grasa corporal para reducir el riesgo de enfermedad cardiovascular y mortalidad por todas las causas [13]. De hecho, en un estudio llevado a cabo en más de un millón de adolescentes varones de 16 a 19 años, seguidos una media de 28,3 años, se asoció una buena capacidad cardiorrespiratoria durante la adolescencia (independientemente del índice de masa corporal) con un menor riesgo de jubilación temprana por enfermedad incapacitante [14].

## Justificación del estudio

En niños y adolescentes, la inactividad física no sólo representa un problema de salud actual, sino que también amenaza el futuro de nuestra sociedad. Los patrones de comportamiento establecidos durante las etapas tempranas de la vida pueden tener un impacto significativo en la salud a largo plazo [14].

Las actuales *Directrices sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* de la OMS recogen una serie de recomendaciones para estar físicamente activo y evitar los riesgos derivados de la inactividad física [5]. Sin embargo, la relativa juventud del campo científico de la actividad física y la salud se ve reflejada en dichas recomendaciones, parte de ellas aun basadas en información recogida mediante cuestionarios.

En los últimos años, la irrupción de la acelerometría como método de medición objetivo de la actividad física está transformando este campo científico. De hecho, las *Directrices de la OMS* son una actualización de las recomendaciones que publicó una década antes, que tiene su razón de ser en los avances que viene aportando la evaluación de la actividad física mediante dispositivos [5]. Aun así, sigue siendo una rama científica con enormes retos aun por resolver, como la comparabilidad de los resultados evaluados entre protocolos y dispositivos distintos, o la falta de concreción de algunas de las actuales recomendaciones sobre actividad física, especialmente aquellas relacionadas con la actividad física de mayor intensidad.

Por todo ello, en el grupo de investigación EpiPHAAN (Epidemiología, Actividad física, Acelerometría y Nutrición), de la Universidad de Málaga y el Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA) (Figura 2), se propuso la realización de un estudio de la actividad física evaluada mediante acelerometría en niños de 8 y 9 años. La decisión de evaluar a escolares de 8 y 9 años se basó en varios factores. En primer lugar, este grupo de edad se encuentra en una etapa de desarrollo en la que aún no se han producido cambios significativos en el desarrollo de los participantes, lo que permite una evaluación más precisa de la actividad física, sin la interferencia de la variabilidad en el desarrollo. En segundo lugar, estos escolares son lo suficientemente maduros como para participar en actividades físico-deportivas complejas, como los deportes de equipo. Por último, este grupo de edad ha sido objeto de investigaciones previas en España, como el Estudio ALADINO o el Estudio PASOS, lo que permite una comparación directa de nuestros hallazgos con estos grandes estudios.

Otra de las ventajas que ofrece este grupo poblacional es que pasan buena parte de su tiempo institucionalizados en el colegio, así como tutorizados por sus adultos de referencia tanto dentro como fuera de la escuela.



**Figura 2**

Logotipo del Grupo de Investigación EpiPHAAN (Epidemiología, Actividad física, Acelerometría y Nutrición).

## **Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física**

---

En este contexto, el papel de las actividades físico-deportivas organizadas (es decir, las clases de educación física en el colegio y las actividades extraescolares fuera) se postulan como herramientas, no sólo para la educación, sino también para la salud de esta población.

La salud y el bienestar de nuestros niños y adolescentes es una responsabilidad compartida que requiere la acción colectiva de todos los sectores de la sociedad, incluyendo la generación de conocimiento científico, la aplicación de políticas de salud pública, las intervenciones en las escuelas y la comunidad, y la participación de los padres y cuidadores. Si no tomamos medidas ahora, podríamos enfrentar consecuencias devastadoras para la salud de las futuras generaciones y la sostenibilidad de nuestros sistemas de atención médica.

## Marco teórico

### Actividad física y salud en niños

En 2020, la Organización Mundial de la Salud (OMS) publicó las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* [5] (Figura 3). El objetivo que persiguen estas Directrices es ofrecer recomendaciones de salud pública basadas en pruebas sobre la cantidad y el tipo de actividad física que deben realizar niños, adolescentes, adultos, personas mayores y subpoblaciones, como las mujeres embarazadas y las personas con afecciones crónicas o con discapacidad, para obtener beneficios de salud notables y mitigar los riesgos para la salud. Las directrices también ofrecen recomendaciones basadas en pruebas sobre las asociaciones entre el comportamiento sedentario y los resultados sanitarios.

Se trata de una actualización de sus *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud* de 2010 [15], las cuales fueron las primeras directrices de salud pública por poblaciones para niños, adultos y personas mayores. La OMS justificó la necesidad de actualizar sus recomendaciones de 2010 debido al notable aumento del conjunto de la evidencia sobre los efectos en la salud de distintos tipos de actividad física, en función de su cantidad y su duración, así como sobre los efectos de los comportamientos sedentarios y su interrelación con los niveles de actividad física y la salud [5].

Para el grupo etario de niños y adolescentes (es decir, de cinco a 17 años), en las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* [5], se concluye que la actividad física es beneficiosa en niños y adolescentes para la mejora de la forma física (capacidad cardiorrespiratoria y muscular), la salud cardiometabólica (tensión arterial, dislipidemia, glucemia y resistencia a la insulina), la salud ósea, los resultados cognitivos (desempeño académico y función ejecutiva) y la salud mental (menor presencia de síntomas de depresión) y, además de para una menor adiposidad [16].

### Recomendaciones sobre actividad física y comportamiento sedentario

Para obtener beneficios de salud notables y mitigar los riesgos derivados de la inactividad física, la OMS formula dos recomendaciones diferenciadas sobre actividad física para niños y adolescentes en sus *Directrices OMS* de 2020 [5] (Figura 4): 1) Deben realizar al menos una media de 60 minutos de actividad física diaria principalmente aeróbica de intensidad moderada a vigorosa (MVPA por sus siglas en inglés) a lo largo de la semana (*Recomendación OMS sobre MVPA*); y 2) Deben incorporarse actividades aeróbicas de intensidad vigorosa y actividades que refuercen músculos y huesos al menos tres días a la semana. En la presente tesis doctoral se utilizará la denominación de “actividades de intensidad vigorosa” (VIAs por sus siglas en inglés) para hacer referencia a las “actividades



**Figura 3**

Logotipo de las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario*.

Licencia:

[CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/)

aeróbicas de intensidad vigorosa y actividades que refuercen músculos y huesos” a las que se refiere la OMS en su recomendación. Por lo tanto, esta segunda recomendación sobre actividad física se denominará de manera resumida como *Recomendación OMS sobre VIAs*.



**Figura 4**

Recomendaciones para niños y adolescentes de las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario*.

Licencia:

[CC BY-NC-SA 3.0 IGO](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/)

Con respecto a sus *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud* de 2010 [15], las modificaciones más destacables incorporadas en las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* de 2020 [5] en el grupo etario de niños y adolescentes fueron: 1) La *Recomendación OMS sobre MVPA* ha pasado de recomendar “un mínimo de 60 minutos diarios de MVPA” a recomendar “al menos una media de 60 minutos diarios de MVPA a lo largo de la semana”. 2) La incorporación de información y una recomendación sobre el comportamiento sedentario. Concretamente, en los niños y adolescentes, un mayor sedentarismo se asocia con mayor adiposidad, peor salud cardiometabólica, forma física y comportamiento/conducta prosocial y menor duración del sueño. Para evitar estos efectos adversos, la OMS recomienda que los niños y adolescentes limiten el tiempo que dedican a actividades sedentarias, especialmente el tiempo de ocio que pasan delante de una pantalla (*Recomendación OMS sobre comportamiento sedentario*) [5]. Sin embargo, la *Recomendación OMS sobre VIAs* se ha mantenido sin modificaciones sustanciales en ambas publicaciones [5,15].

Las tres recomendaciones sobre actividad física y comportamiento sedentario para niños y adolescentes (es decir, las *Recomendaciones OMS sobre MVPA, VIAs y comportamiento sedentario*), que forman parte de las *Directrices OMS* de 2020, fueron calificadas como recomendaciones “fuertes” y con una evidencia de certeza moderada [5]. Es decir, la evidencia de certeza moderada hace alusión a que se puede estar moderadamente confiado en la estimación del efecto. O sea, es probable que el verdadero efecto se aproxime a la estimación del efecto, pero existe una posibilidad de que sea sustancialmente diferente. La fuerza de cada recomendación se fundamentó principalmente en la valoración de la relación entre los beneficios y los efectos nocivos. Las recomendaciones se consideran “fuertes” cuando los beneficios para la población destinataria superan a los efectos nocivos de manera sustancial. Por lo tanto, se trata de recomendaciones con un alto grado de confianza en su efectividad para mejorar la salud de los niños y adolescentes. Su estudio e implementación puede tener un impacto significativo en la eliminación de la brecha sanitaria existente, especialmente por cuanto se refiere a las poblaciones desfavorecidas, y en la promoción de estilos de vida saludables.

En la presente tesis doctoral se profundizará en el estudio de la actividad física y su relación con la salud de la población infantil. Ciertamente la actividad física y el comportamiento sedentario son dos caras de una misma moneda, pero se ha demostrado que los beneficios para la salud de

---

la actividad física en la población infantil son independientes del comportamiento sedentario [17,18].

### **Métodos de evaluación de las recomendaciones sobre actividad física**

El campo de la actividad física y la salud se ha sustentado tradicionalmente sobre información recogida mediante cuestionarios, especialmente en estudios poblacionales más grandes [19,20]. Sin embargo, las discrepancias sustanciales halladas entre los métodos comunes de evaluación de la actividad física de manera indirecta y directa son preocupantes, especialmente cuando se intenta establecer relaciones con resultados de salud en población infantil [21]. Una de las premisas que se tuvieron presentes a la hora de actualizar las *Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud* en las actuales *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* fue precisamente dar prioridad a las revisiones de la literatura científica que aportaban información procedente de estudios en los que se habían utilizado medidas de la exposición obtenidas a través de dispositivos [5].

En los últimos años, la rápida expansión tecnológica en este ámbito ha conllevado un mayor uso de las medidas obtenidas a través de dispositivos para evaluar la actividad física y sus asociaciones con los resultados de salud. De todas ellas, la tecnología que está adquiriendo cada vez mayor protagonismo en la valoración objetiva de la actividad física de la población es la *acelerometría*. Se trata de una herramienta para la valoración objetiva de la actividad física que, a diferencia de otros métodos de medición subjetiva (por ejemplo, cuestionarios auto-declarados), ha demostrado ser fiable y válida para la evaluación de la actividad física en niños [20,22,23]. Sin embargo, el estudio de la actividad física mediante acelerometría enfrenta igualmente ciertas limitaciones y retos a resolver a la hora de obtener resultados comparables [18,24–27].

Hasta la fecha, la mayoría de los estudios que pretenden conocer el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física, se han centrado en evaluar el cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA*, con resultados heterogéneos [28]. Sin embargo, la *Recomendación OMS sobre VIAs* está siendo menos estudiada, a pesar de ser igualmente calificada como una recomendación “fuerte” con una evidencia de certeza moderada [5]. La OMS no define de forma objetiva a qué se refiere el concepto de *actividades de intensidad vigorosa (VIAs)*, qué proporción de actividad física vigorosa (VPA por sus siglas en inglés) debería contener o cuál sería la duración mínima para que una sesión de actividad sea considerada como tal [5,15]. Esto dificulta la cuantificación del cumplimiento de esta recomendación mediante métodos de evaluación objetivos.

Son varios los estudios que han usado la acelerometría como método de evaluación de la actividad física y que proponen que sería necesario profundizar en la medición de la VPA, ya que ésta puede tener un mayor

impacto en la salud pública que la actividad física de menor intensidad [18,29,30]. Incluso, alguno de estos estudios sugiere que los 60 minutos diarios de MVPA recomendados por la OMS podrían no ser suficientes para reducir el riesgo cardiovascular [30].

Otros estudios han planteado que acumular entre 10 y 20 minutos de VPA a lo largo del día puede estar relacionado con mejoras en los marcadores cardiometabólicos, la adiposidad, la aptitud cardiorespiratoria, la densidad mineral ósea y el riesgo cardiovascular en la población infantil y adolescente [30–36]. Por lo tanto, incorporar una recomendación específica sobre VPA complementaria y mejoraría la recomendación existente sobre MVPA, haciéndola más útil para la intervención en salud pública y la prevención de la obesidad infantil.

Sin embargo, no habría que confundir la *Recomendación OMS sobre VIAs* con una recomendación sobre VPA media diaria. Se trata de dos patrones de actividad física diferentes entre sí. El hecho de que la OMS incorpore dos recomendaciones sobre actividad física diferenciadas da a entender que se pretende promover la realización de dos patrones de actividad física diferentes. La *Recomendación OMS sobre MVPA* y las recomendaciones sobre VPA diaria, propuestas por otros estudios [30–36], evalúan el mismo patrón de actividad física. De hecho, en cierta medida evalúan lo mismo, ya que la MVPA diaria incorpora la evaluación de la VPA diaria en combinación con la actividad física moderada (MPA por sus siglas en inglés) diaria.

Las VIAs pueden incluir cierta proporción de VPA, pero no necesariamente deben estar compuestas en su totalidad por VPA. De hecho, las sesiones de actividad física realizadas por niños y adolescentes con un componente de intensidad vigorosa importante (por ejemplo, participar en un partido de fútbol) destacan por disponer de una proporción variable de actividad física a todos los niveles de intensidad, pero con una proporción de VPA mayor que otras actividades que no se considerarían actividades o sesiones vigorosas. Por lo tanto, las actividades de intensidad vigorosa de la *Recomendación OMS sobre VIAs* y la VPA obtenida mediante métodos de evaluación objetiva no tienen por qué ser conceptos equivalentes.

Las VIAs podrían definirse como sesiones de actividad física que incorporan suficiente VPA. Algunos ejemplos de VIAs en la población infantil serían algunas actividades deportivas, clases de educación física o juegos activos. Sin embargo, la falta de definición en las *Directrices OMS sobre actividad física* dificulta a los investigadores que utilizan herramientas de evaluación objetiva, como la acelerometría, calcular la prevalencia de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs* o el efecto de las sesiones de VIAs en la salud. Por lo tanto, la evaluación de los patrones de VPA concentrada en sesiones de actividad utilizando acelerometría es importante para el estudio de la relación entre las VIAs y la salud infantil [37,38].

---

Para poder evaluar el patrón de realización de actividad física de las VIAs mediante acelerometría, se hace necesario identificar aquellos intervalos de tiempo (*bouts* en inglés) que dispongan de la suficiente duración para ser considerados como una sesión de actividad física, así como de la proporción de VPA mínima necesaria, para considerar que esas actividades pueden ser clasificadas como VIAs.

Algunas investigaciones han demostrado a través de la acelerometría que las clases de educación física [39–43] y las actividades deportivas organizadas [43–45] contribuyen a la realización de más actividad física en todas las intensidades, así como al cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA*. Sin embargo, ninguno de estos estudios presentó el cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*. De hecho, la participación en clases de educación física y actividades físico-deportivas organizadas puede registrarse fácilmente a través de cuestionarios. El problema del estudio de las VIAs mediante cuestionarios reside en que las actividades registradas no siempre dispondrán de la suficiente intensidad para ser consideradas como VIAs, por lo que, en ciertas ocasiones podrían no ser suficientemente intensas para cumplir con las recomendaciones sobre actividad física, especialmente en las niñas [46].

Sin embargo, las clases de educación física presentan algunas ventajas para su estudio mediante acelerometría como posibles VIAs, como son que en ellas participa todo el alumnado de manera obligatoria y se realizan en un entorno y horario conocido [47]. Sin embargo, no todas las clases de educación física son iguales, y sólo parte de ellas incluyen suficiente tiempo e intensidad dedicados a la realización de actividad física de intensidades saludables [48]. Por ello, el estudio de las clases de educación física saludablemente activas (CEF-SA) permite conocer la proporción de VPA alcanzada por todos los escolares de un grupo etario concreto durante estas sesiones de actividades con un componente vigoroso suficiente. Por tanto, la definición de *bouts* capaces de identificar VIAs mediante acelerometría a partir del desempeño de los escolares en las CEF-SA puede ser una forma válida para operacionalizar la *Recomendación OMS sobre VIAs*.

### **Sexo o género, estado ponderal y tipos de día**

Asimismo, existe una notable disparidad entre sexos en la realización de MVPA, especialmente de VPA, donde se observa de manera consistente que los niños son físicamente más activos que las niñas [19,30–32,49–52] (Figura 5). Se han identificado diferencias entre sexos en los atributos asociados con la actividad física, como la aptitud cardiorrespiratoria, la coordinación ojo-mano, el porcentaje de grasa corporal y la competencia percibida en la educación física [52]. Las niñas también enfrentan barreras específicas para realizar actividad física, como la aversión a la actividad física y la falta de tiempo [53], así como que tienden a preferir deportes individuales con connotaciones artísticas, mientras que los niños a menudo

participan en actividades de mayor intensidad como deportes de contacto en equipo [54,55].

La OMS destaca que uno de los principios y los objetivos primordiales del *Plan de acción mundial sobre actividad física* es reducir las desigualdades y promover que todas las personas estén físicamente más activas cada día [56]. Por lo tanto, a la hora de perseguir dichos principios y objetivos, al igual que no se proponen recomendaciones idénticas para todos los grupos de edad, puede que no sea apropiado promover recomendaciones de actividad física iguales para ambos sexos. De hecho, algunos estudios han propuesto recomendaciones diferentes para niños y para niñas, las cuales optimizaron su capacidad para identificar a aquellos niños y niñas con marcadores de salud desfavorables [32,34,50,51].



**Figura 5**

Un niño y una niña con un acelerómetro colocado en la muñeca de la mano no dominante.

*Imagen generada por el asistente de Microsoft Bing durante una conversación interactiva*

Por otro lado, existe una alta prevalencia de sobrepeso y obesidad en los niños y adolescentes [57–60], lo que aumenta su riesgo de desarrollar enfermedades en la edad adulta [61,62]. Por lo tanto, tener recomendaciones sobre actividad física que estén lo más adaptadas posible a las circunstancias biológicas de los niños y adolescentes, así como, promover programas que contribuyan a cumplir estas recomendaciones, puede desempeñar un papel esencial en la prevención del exceso de peso corporal en esta población [5,16,29,32,33,62,63].

Finalmente, otro aspecto que ha sido insuficientemente explorado son las diferencias en la realización de actividad física entre los diferentes tipos de día a los que deben enfrentarse los escolares a lo largo de la semana. Por un lado, se deben enfrentar a los días escolares, en los cuales han de participar de manera obligatoria en las rutinas de la jornada escolar. Dentro de los días escolares, los días escolares con y sin clase de educación física se presentan como dos tipos de día diferentes en cuanto a sus exigencias físicas. Y, por otro lado, los escolares también han de enfrentarse a otro tipo de día diferente, los días de fin de semana, durante los cuales no tienen la obligación de asistir a ninguna actividad institucionalizada. En España, los niños y adolescentes asisten al colegio de septiembre a junio, cinco días a la semana, con al menos dos de estos días incluyendo clases de educación física. Resultados previos sugieren que los niveles de MVPA suelen ser más altos durante los días escolares, especialmente en días con clases de educación física [64,65].

Es esencial investigar cómo estos diferentes tipos de días podrían influir en los patrones de actividad física, particularmente en la VPA, así como en el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física para la salud. Además, es relevante explorar posibles disparidades basadas en el sexo y el estado de exceso de peso o adiposidad. Adquirir este conocimiento ayudará a identificar oportunidades para mejorar el cumplimiento de las recomendaciones, y con ello la salud infantojuvenil, y facilitará el diseño de estrategias específicas para cada grupo.

---

## Acelerometría

Como ya se ha mencionado, la acelerometría ha ganado protagonismo en los últimos años como herramienta para evaluar la actividad física habitual de la población [20]. Esta técnica se basa en la medición de la aceleración a la que se ve expuesto un dispositivo que va adherido al cuerpo de los sujetos evaluados. A diferencia de los métodos de autoinforme, que pueden estar sujetos a sesgos y errores de memoria, la acelerometría ofrece mediciones precisas y confiables de la intensidad y la duración de la actividad física de individuos y poblaciones [20,22,23]. En el contexto de la presente tesis doctoral, esta tecnología ha permitido recopilar datos sobre la actividad física realizada por una muestra de niños de 8 y 9 años durante varios días consecutivos. Estos datos proporcionaron una base sólida para el análisis de la relación entre la actividad física y la salud en esta población.

Sin embargo, la acelerometría no está exenta de desafíos y limitaciones. Aunque proporciona datos precisos y objetivos, existen factores que pueden afectar la validez y comparabilidad de los resultados. Estos pueden incluir variaciones en la ubicación anatómica del dispositivo, diferencias en los algoritmos de procesamiento de datos utilizados, o la interpretación de los datos en términos de niveles de intensidad de la actividad física [18,24–27]. Además, la acelerometría mide la aceleración, que es sólo una componente de la actividad física, y no puede capturar ciertos tipos de actividad física, como la realizada en posición estática. En particular, puede no evaluar correctamente la intensidad de los ejercicios de fuerza con sobrecarga, ya que estos implican una gran cantidad de esfuerzo muscular, pero con poca aceleración. Dicho esto, el conocimiento de las posibilidades disponibles a la hora de diseñar el protocolo de un estudio de la actividad física habitual mediante acelerometría, así como la transparencia de los procedimientos y análisis realizados pueden optimizar la validez, reproducibilidad y comparabilidad de los resultados, además de futuros reanálisis de los datos de acelerometría para adaptarlos a diferentes protocolos de análisis.

### Criterios de recogida de los datos de acelerometría

#### Marco temporal

En el campo de las ciencias de la actividad física y la salud hay estudios publicados con protocolos que evalúan desde tareas muy acotadas en el tiempo (por ejemplo, la ejecución de un movimiento deportivo) hasta la evaluación del movimiento corporal durante las 24 horas del día y varios días consecutivos. Los marcos temporales que evalúan tareas concretas, muy acotadas en el tiempo, requieren instrumental y protocolos de ejecución diferentes con respecto de aquellos que pretenden evaluar la actividad física habitual.

En la presente tesis doctoral se estudiará la actividad física habitual de una muestra de niños mediante acelerometría. Para ello, en la literatura se han venido utilizando principalmente dos protocolos: evaluación durante el tiempo de vigilia o evaluación del día completo. Estos protocolos se eligen a menudo porque permiten una visión más completa y representativa de la actividad física habitual en comparación con los estudios que se centran en tareas específicas.

### *Evaluación del día completo (24 horas)*

La evolución que han experimentado los acelerómetros en los últimos años, en términos de tamaño, robustez, resistencia al agua y autonomía, ha permitido su colocación de forma permanente durante varios días consecutivos sin que exista la necesidad de retirarlos en toda la evaluación. Este avance ha facilitado la adopción del protocolo de evaluación del día completo, siempre que la ubicación anatómica lo permita [20]. La ubicación en la cadera sigue siendo problemática para aplicar este protocolo. Por ello, se han desarrollado protocolos válidos para ubicaciones que permiten mantener el acelerómetro colocado durante toda la evaluación [66,67]. El protocolo de evaluación de las 24 horas permite conocer el continuum de días completos donde, además de la actividad física, se puede estudiar el comportamiento sedentario y el sueño. Por otro lado, la adherencia puede ser mayor que en otros protocolos en los que el sujeto evaluado tiene que retirarse el acelerómetro para luego volver a colocárselo [68]. Además, el participante tendrá menos presente que está siendo evaluado al poder prestar menos atención al dispositivo.

Para el protocolo de 24 horas, la elaboración de diarios de sueño es opcional. En la actualidad se dispone de algoritmos que pueden estimar el periodo de sueño [69]. Sin embargo, para conocer el tiempo en cama sigue siendo preferible la elaboración de un diario de sueño que aporte información de la entrada y la salida de la cama.

### *Evaluación del tiempo de vigilia*

La evaluación del tiempo de vigilia ha sido el marco temporal más reproducido en los primeros años de investigación de la actividad física mediante acelerometría [70]. Fue el criterio de recogida de datos de elección, asumiendo que durante el descanso nocturno no se realiza actividad física. Por ello, la evaluación de las horas de vigilia se consideraba suficiente para obtener resultados válidos de actividad física. Además, los acelerómetros se colocaban principalmente en la cadera, lo que resultaba molesto para mantenerlo durante el descanso nocturno [67,68]. Por otro lado, tenían dimensiones mayores y eran menos robustos que en la actualidad, lo que dificultaba su uso en otras ubicaciones anatómicas (por ejemplo, en la muñeca).

Sin embargo, el principal hándicap que conlleva este criterio de recogida de datos radica en que, al tener que retirar el acelerómetro todas las

noches, aumentan las posibilidades de olvidar colocarlo al día siguiente [68]. Esta situación acarrea otras limitaciones, como por ejemplo que no es posible saber con certeza si la retirada o la colocación del acelerómetro para el descanso nocturno coincide realmente con el inicio y el fin del tiempo en cama. Por este motivo, la evaluación del tiempo de vigilia suele ir acompañada de un diario de sueño, que puede hacer que se reduzca aún más la adherencia al protocolo o ser de difícil aplicación en estudios con muestras grandes [69], además de los problemas de fiabilidad asociados a la elaboración de diarios. Por ejemplo, el participante puede olvidar la realización del diario parcial o totalmente, cometer imprecisiones o equivocarse en su elaboración. Otro aspecto a tener en cuenta sería que, el sujeto de estudio tendrá más presente que está siendo evaluado al tener que estar pendiente de quitarse y ponerse el acelerómetro o de elaborar un diario de sueño, e inconscientemente tenderá a modificar sus hábitos de comportamiento en favor de lo que crea que se espera.

#### *Otros marcos temporales de interés*

Existe la posibilidad de responder a preguntas de investigación con evaluaciones más acotadas en el tiempo (por ejemplo, la evaluación de la jornada escolar o de una clase de educación física). En estos casos, sería posible colocar el acelerómetro e iniciar la evaluación al comienzo de la tarea, y retirar el acelerómetro y finalizar la evaluación al concluir esta. De esta forma, se obtienen sólo los datos de interés y se ahorra mucho espacio y recursos de procesado. Sin embargo, se pierde la posibilidad de realizar otros análisis paralelos y complementarios al objetivo principal. Por ejemplo, ¿existe compensación en la actividad física realizada en el resto del día en los días que se realiza una clase de educación física con respecto de los días que no se realiza? Por ello, siempre que los recursos informáticos lo permitan y existan intereses científicos paralelos que lo justifiquen, se recomienda la evaluación del día completo.

#### **Número de días de monitorización**

Para obtener información sobre la actividad física habitual de individuos o grupos, lo más conveniente sería monitorizarlos durante varios días. El número de días de monitorización necesarios para obtener resultados de actividad física válidos puede diferir, por ejemplo, dependiendo de la edad, del marco temporal evaluado, etc. Trost et al. [71] concluyeron que, en adultos, se considera suficiente la monitorización de tres a siete días, mientras que en adolescentes se estima que sería necesario monitorizar entre cuatro y nueve días. Por ello, se consideró que evaluar al menos una semana (es decir, al menos siete días completos) es un periodo suficiente para representar los hábitos de los sujetos evaluados, independientemente de su edad, lo que concuerda con otras revisiones más recientes [22,71]. Aun así, si el presupuesto no permite evaluaciones de una semana, con la monitorización de cuatro días completos puede ser suficiente para obtener resultados con una fiabilidad aceptable [71]. Sin embargo, para estudiar los

hábitos de actividad física de los individuos hay estudios que sugieren que se deberían evaluar un mayor número de días consecutivos [72].

Lo más común es monitorizar días consecutivos, pero para algunos objetivos puede ser suficiente la monitorización de días no consecutivos (por ejemplo, estudios sobre actividad física del fin de semana). Para ello, hay modelos de acelerómetro que permiten pausar y retomar una monitorización tantas veces como su configuración y autonomía lo permita.

### Ubicación anatómica

La elección del marco temporal puede estar condicionada por la ubicación anatómica del acelerómetro. Así mismo, la ubicación anatómica condicionará otros aspectos, como los puntos de corte para discriminar la intensidad de la actividad física o el modelo de acelerómetro.

#### *Muñeca*

En los últimos años, la ubicación en la muñeca se ha ido convirtiendo en la ubicación anatómica de preferencia [20]. Estudios como el *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES), que utilizó acelerómetros en la cadera hasta 2006, han cambiado la ubicación anatómica de los mismos a la muñeca a partir de su recogida de datos de 2011 [20,68]. El desarrollo tecnológico ofrece acelerómetros cada vez más pequeños, robustos, resistentes al agua y con mayor autonomía. Esto permite la realización de evaluaciones ininterrumpidas de varios días consecutivos. La ubicación en la muñeca, a modo de reloj de pulsera, mejora significativamente la adherencia, limitando la pérdida de información por periodos de retirada del acelerómetro, y siendo percibido como menos intrusivo [20,66,67]. Por otro lado, permite que el sujeto evaluado preste menos atención al dispositivo durante la evaluación, reduciendo el sesgo provocado por sentirse evaluado.

La principal desventaja radica en que, al estar el dispositivo alejado del centro de gravedad del cuerpo, se podría acumular ruido en los datos [73]. Los miembros superiores son utilizados en infinidad de tareas diarias que no implican el movimiento del resto del cuerpo, y que su movimiento aislado puede hacer que se sobreestime la actividad física que se realiza (por ejemplo, al participar en un juego de mesa). En niños, la colocación en la muñeca mide más actividad, principalmente ligera, y menos sedentarismo durante la jornada escolar [27]. En contraposición, otras actividades pueden verse subestimadas (por ejemplo, montar en bicicleta [74]).

En la actualidad no existe consenso a la hora de determinar si es más adecuada la ubicación del acelerómetro en la muñeca de la mano dominante o de la no dominante. Algunos investigadores recomiendan para el estudio del comportamiento físico que se utilice la ubicación en la mano no dominante, ya que mejora la precisión para distinguir el comportamiento sedentario de la actividad física ligera [20]. Es importante señalar

que no se utiliza por igual la mano dominante que la no dominante. Aun así, parece que ambas opciones son válidas, siempre y cuando se elijan las variables metodológicas correctas para cada caso (es decir, los puntos de corte elaborados para muñeca dominante o para la no dominante, etc.). Por ello, hay que tener cautela a la hora de comparar resultados derivados de protocolos con ubicaciones anatómicas diferentes.

### *Cadera*

La cercanía del acelerómetro situado en la cadera al centro de gravedad del cuerpo humano optimiza la precisión en la medición de la actividad física [73]. Además, los acelerómetros utilizados en las primeras décadas de evaluación objetiva de la actividad física eran de mayores dimensiones y sensibles a la humedad. El principal problema para esta ubicación anatómica es que no resulta cómodo para registros de 24 horas y resulta intrusivo para los sujetos de estudio [20,66,67]. Esto puede derivar en una pérdida de información durante el tiempo en cama, así como una menor adherencia al protocolo de evaluación.

La ubicación en el lado derecho de la cadera es la más utilizada. Pero existen otras ubicaciones similares que se han utilizado en la literatura (por ejemplo, cadera izquierda, cintura, o parte baja de la espalda) [20]. Esta heterogeneidad en la ubicación del acelerómetro reduce la comparabilidad de los estudios y dificulta la investigación.

### **Modelos de acelerómetro**

El aumento en el uso de la acelerometría para la investigación del comportamiento humano ha propiciado que la oferta de modelos de acelerómetro destinados a la investigación de la actividad física sea cada vez más amplia y ofrezcan mejores prestaciones.

A la hora de elegir un modelo de acelerómetro para la evaluación objetiva de la actividad física es importante que las prestaciones que ofrece no sean limitantes para llevar a cabo la metodología de elección. Los modelos de acelerómetro más utilizados en el momento de escribir esta tesis doctoral son:

- Los acelerómetros de la casa comercial ActiGraph, LLC (Pensacola, FL), la más ampliamente utilizada en el estudio de la actividad física mediante acelerometría. El modelo actualmente comercializado es el acelerómetro triaxial *ActiGraph wGT3X-BT*, con resistencia al agua limitada (es decir, un metro de profundidad durante 30 minutos), autonomía de la batería de 14 días y una frecuencia de muestreo entre 30 y 100 Hz. La casa comercial aplica un filtrado previo a la extracción de datos brutos de acelerometría.
- La casa comercial Activinsights Ltd (Kimbolton, UK), comercializa principalmente el modelo de acelerómetro triaxial *GENEActiv* (Figura 6). Es un dispositivo ligero, robusto y resistente al agua.



**Figura 6**  
Acelerómetro  
GENEActiv  
(Activinsights Ltd.,  
Kimbolton, UK).

Tiene una apariencia similar a un reloj deportivo de muñeca. Dispone de sensores para la luz y la temperatura. Permite registros continuados de hasta un mes de duración. La frecuencia de muestreo puede ser entre 10 y 100 Hz. Permite descargar los datos brutos de acelerometría, luz y temperatura sin filtrado previo.

- La casa comercial Axivity Ltd (Newcastle, UK) comercializa el acelerómetro triaxial *Axivity AX3*. Es pequeño, ligero y resistente al agua, con un rango de frecuencia de muestreo entre 12,5 y 3.200 Hz, y dispone de una autonomía de hasta 30 días.

El modelo de acelerómetro elegido puede tener un impacto significativo en los resultados. Por ejemplo, un acelerómetro robusto, con una alta resistencia al agua y una larga duración de la batería, como el GENEActiv, puede ser ideal para estudios que requieren una monitorización continua durante largos periodos de tiempo. Por otro lado, un acelerómetro con una alta frecuencia de muestreo, como el *Axivity AX3*, puede ser más adecuado para estudios que requieren una alta resolución de los datos de aceleración.

### **Frecuencia de muestreo**

La cantidad de datos recogidos por unidad de tiempo es una decisión importante que se debe tomar en el diseño de un estudio de acelerometría. Para la evaluación de la actividad física habitual no se precisa una frecuencia de muestreo alta (es decir, mayor de 100 Hz). Por ejemplo, en adultos, con una frecuencia de muestreo baja (10 Hz) se obtiene una exactitud muy similar a frecuencias de muestreo mayores (80 Hz) [75]. Del mismo modo, en niños se obtienen resultados similares en la aceleración media en un rango de 100 a 30 Hz [76].

Cuanto mayor sea la frecuencia de muestreo, mayor será el número de datos por unidad de tiempo que se acumularán. Esto conlleva la necesidad de una mayor capacidad de almacenamiento, una menor autonomía de la batería del dispositivo y un mayor deterioro de ésta. Aun así, si la capacidad de la batería o de almacenamiento de los datos no es un problema para el diseño y la logística de la investigación, puede ser interesante evaluar con la mayor frecuencia de muestreo posible. Siempre será posible simplificar los datos, pero no al contrario. Así pues, considerando los avances en el campo de la acelerometría de los últimos años, no sería descartable la necesidad de analizar de nuevo los datos de acelerometría para adaptar los resultados a posibles mejoras en el procesamiento de los mismos. También esta estrategia puede ser interesante para poder comparar los resultados con otros estudios.

### **Tratamiento de los datos de acelerometría**

Los datos de acelerometría se recopilan en la memoria interna del acelerómetro y se descargan a través del software proporcionado por cada casa comercial. En el archivo resultante se almacenarán por cada eje decenas de datos por segundo. Además, también pueden almacenar información sobre

la luz o la temperatura con la misma frecuencia. En evaluaciones de varios días consecutivos se acumularán una gran cantidad de datos en bruto, derivando en archivos de cientos de MB, difíciles de manejar computacionalmente. El tratamiento de estos datos en bruto permite filtrarlos para eliminar el ruido provocado por movimientos no humanos (por ejemplo, durante el transporte motorizado), resumirlos para reducir su volumen y traducirlos en variables que permitan responder a las diferentes preguntas de investigación relacionadas con los hábitos de actividad física.

Este proceso de transformación es esencial para convertir los datos de aceleración en bruto, que pueden ser difíciles de interpretar por sí mismos, en medidas de actividad física que pueden proporcionar información valiosa sobre el comportamiento humano.

### Filtrado previo al procesamiento

Algunas métricas para resumir los datos de aceleración aplican un filtrado previo al procesamiento para reducir el ruido acumulado en los datos brutos (por ejemplo, *activity counts*, HFEN, HFEN+, BFEN), o el *UK Biobank Study* [77], que utiliza un filtro en mitad del proceso de cálculo de su métrica de aceleración.

La casa comercial Actigraph, LLC (Pensacola, FL) aplica un filtrado previo a los datos brutos de acelerometría registrados en todos sus dispositivos y descargados a través de su *PC software*. Permite elegir entre dos tipos de filtrado previo: normal o de baja frecuencia (es decir, *low-frequency extension*, LFE). Sin embargo, no ofrece la posibilidad de descargar los datos de aceleración sin filtrar. Los algoritmos utilizados para este filtrado son desconocidos, ya que están registrados y protegidos por la casa comercial. Aun así, parece que el filtro normal detecta aceleraciones en un rango de frecuencia de 0,25 a 2,5 Hz, mientras que el funcionamiento del filtro de baja frecuencia se desconoce [22].

El impacto del filtrado en los resultados puede ser significativo. Por ejemplo, durante actividades físicas a intensidades vigorosas, el cuerpo humano puede producir aceleraciones de hasta 3,4 Hz con el acelerómetro situado en la cadera, siendo aún mayores si se ubica en la muñeca [22]. Estas aceleraciones a intensidad vigorosa (por encima de 2,5 Hz) son eliminadas por el filtrado previo de Actigraph. Por lo tanto, los datos de acelerometría contenidos en un archivo derivado de un acelerómetro Actigraph serán distintos al resto de casas comerciales, lo que puede tener un impacto significativo en la comparabilidad de los resultados entre diferentes estudios. Sin embargo, en una revisión llevada a cabo por Migueles et al. [26] se mostró que mayoría (74 %) de estudios que utilizaron acelerómetros Actigraph no reportaron que sus datos habían sido filtrados previamente al procesamiento.

Ante ciertas poblaciones (por ejemplo, en niños o en deportistas) y ciertas preguntas de investigación, que puedan otorgar mayor protagonismo a

la VPA, el filtrado previo puede tener un impacto significativo en los resultados al subestimar la actividad física de alta intensidad, más aún si se desconoce el proceso de filtrado [26,27].

### Herramientas para el procesamiento de los datos de acelerometría

#### *GGIR*

Se trata de un paquete de código abierto creado en R para procesar datos en bruto de acelerometría de varios días para la investigación en actividad física y sueño. En la actualidad es la herramienta más utilizada para procesar los datos brutos de acelerometría. Está dividido en cinco partes, donde se agrupan todas sus funciones en un orden de procesamiento lógico y de acuerdo con la evolución histórica del paquete [78].

De manera resumida, sus funciones básicas son: cargar datos de acelerometría; autocalibrar las señales en bruto del acelerómetro, utilizando la gravedad local como referencia [79]; extraer métricas de acelerometría; detectar periodos dentro de la evaluación en los que el sujeto se ha retirado el acelerómetro (es decir, *non-wear time* en inglés), permitiendo imputar estos periodos por periodos equivalentes; detectar la ventana de sueño; segmentar los datos de acuerdo con las técnicas convencionales de umbral heurístico; especificar qué partes del registro se deben considerar según el conocimiento de los investigadores sobre el diseño del estudio (por ejemplo, el sujeto se colocó el acelerómetro durante un cierto número de horas después de comenzar el registro de acelerometría); y almacenar informes resumidos en formato .csv y .pdf [78].

#### *Biobank Accelerometer Analysis*

*UK Biobank* es un estudio prospectivo con 500.000 participantes de 40 a 69 años cuando fueron reclutados entre 2006 y 2010 [77]. En este estudio se está recopilando información sobre hábitos comportamentales mediante acelerómetros. Para su procesado han creado una herramienta para extraer resultados de salud de grandes conjuntos de datos de acelerometría, el *Biobank Accelerometer Analysis*. Genera series temporales y métricas resumidas útiles para responder a preguntas clave como cuánto tiempo se pasa dormido, sedentario o realizando actividad física.

Para el procesamiento de los datos de acelerometría se han utilizado dos estrategias. En primer lugar, se desarrolló un algoritmo para calcular resultados de actividad física [80]. Posteriormente se creó una metodología basada en *machine learning* para clasificar los datos en diferentes tipos de actividades [81].

#### *PC Software de las casas comerciales de acelerómetros*

Cada casa comercial suele disponer de su propio *software* para el manejo, configuración y descarga de datos o resultados de los acelerómetros. Cada uno de estos *software* tiene sus propias características, y la elección

del más adecuado depende de las necesidades específicas del estudio, sabiendo que el software utilizado puede influir en la precisión y utilidad de los datos de acelerometría [22,26,27].

Las casas comerciales de los acelerómetros anteriormente descritos disponen de sus propios *PC software* para gestionar la configuración de los dispositivos, y la descarga o visualización de los datos y resultados.

- *ActiLife*, de la casa comercial ActiGraph, LLC (Pensacola, FL), permite configurar, descargar y procesar datos de los dispositivos ActiGraph, entre ellos del *ActiGraph wGT3X-BT*.
- *GENEActiv PC Software*, proporcionado por Activinsights Ltd (Kimbolton, UK), permite descargar y visualizar los datos recogidos por los dispositivos *GENEActiv*, facilitando así el análisis de la actividad física.
- *AX3 Software*, proporcionado por Axivity Ltd (Newcastle, UK), permite configurar los dispositivos *Axivity AX3*, descargar los datos recogidos y visualizar los datos de aceleración en bruto.

## Criterios de procesamiento de los datos de acelerometría

### *Longitud de los epochs*

Una de las primeras decisiones que se han de tomar para el procesamiento de los datos de acelerometría es la longitud de los intervalos de tiempo (*epochs* en inglés) en los que se pretende resumir los datos. Comúnmente se han utilizado *epochs* entre uno y 60 segundos. Sin embargo, el desarrollo en la capacidad de procesamiento de los últimos años ha facilitado que la tendencia sea utilizar *epochs* de menor longitud. En adultos y mayores se han venido utilizando longitudes de *epochs* mayores que en población infanto-juvenil [82]. Sin embargo, el comportamiento sedentario, la VPA y la MVPA se subestima, mientras que la actividad física ligera (LPA por sus siglas en inglés) se sobreestima, conforme se incrementa la longitud de los *epochs*. Por ello, en población infantil se recomienda el uso de *epochs* entre uno y 10 segundos para capturar correctamente la VPA [18].

Otro aspecto a tener en cuenta es que la elección de la longitud de *epochs* debería ser similar a la que se utilizó en los estudios de validación de los algoritmos y puntos de corte que se van a aplicar para generar los resultados del estudio. De hecho, es igualmente importante tener en cuenta que el uso de longitudes de *epochs* diferentes entre estudios hace que los resultados deban ser comparados con mucha cautela.

### *Métricas de aceleración*

Otra decisión clave que se debe tomar para el procesamiento de los datos de acelerometría es la forma en la que se calculará el dato resumido para cada *epoch*.

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

En los primeros años de investigación en este campo, la principal casa comercial distribuidora de acelerómetros (es decir, ActiGraph, LLC, Pensacola, FL) utilizaba su propia métrica de aceleración, los *Activity Counts*. Durante un tiempo se ha asumido esta métrica como la única posibilidad para presentar los resultados de acelerometría en el campo de la actividad física y la salud. Sin embargo, con el auge de la utilización de los datos de acelerometría en bruto, se han desarrollado diferentes métricas de aceleración que pretenden optimizar la precisión y la transparencia de los resultados. En la [Tabla 1](#) se muestran las principales métricas utilizadas en la actualidad.

**Tabla 1**

Métricas para resumir los datos brutos de acelerometría.

Métrica	Descripción
<b>AC</b>	Se obtiene aplicando un filtro ( <i>band-pass frequency filter</i> ) a la señal sin procesar. El resto de información es desconocida.
<b>EN</b>	Corresponde a la magnitud vectorial de la señal de aceleración ( <i>signal vector magnitude</i> en inglés).
<b>ENMO o ENMONZ</b>	Norma euclidiana (magnitud vectorial) menos una unidad gravitacional (g), con los valores negativos resultantes redondeados a cero [79,83,84]. Sensible a una calibración deficiente, se recomienda calcular esta métrica acompañada por la autocalibración propuesta por van Hees et al. [85]. Es la métrica elegida por defecto en el paquete de R GGIR [78,79].
<b>HFEN, HFEN+, BFEN</b>	Se aplica un filtro de frecuencia a cada señal sin procesar. Después, se calcula la magnitud vectorial de las tres señales resultantes y los valores negativos resultantes se redondean a cero. En HFEN y HFEN+ se aplica un filtro de frecuencia de paso alto ( <i>high-pass frequency filter</i> ), mientras que en BFEN se aplica un filtro de frecuencia de paso de banda ( <i>band-pass frequency filter</i> ) [83].
<b>Biobank signal metric</b>	Se calcula la magnitud vectorial de la aceleración en los tres ejes. Seguidamente se elimina el ruido utilizando un filtro de paso bajo ( <i>low-pass frequency filter</i> ). Se elimina una unidad gravitacional de la magnitud del vector, y los valores negativos restantes se truncan a cero [80].
<b>MAD</b>	A la magnitud vectorial de cada punto de datos sin procesar se le resta la media de su <i>epoch</i> correspondiente [84,86].
<b>Otras métricas</b>	AI y AI0 (Physical Activity Index) [87,88]; MIMSunit (Monitor Independent Movement Summary Unit) [89].

AC, activity counts; EN, euclidean norm; ENMO o ENMONZ, euclidean norm minus one gravitational unit with negative values set to zero; MAD, mean amplitude deviation.

La investigación para conocer cuál es la mejor métrica de aceleración no es concluyente [83]. En *GGIR* se propone la utilización de la métrica ENMO o ENMONZ basándose en aspectos prácticos. Argumentan principalmente que es fácil de describir y de replicar. Es más rápida computacionalmente que otras métricas más complejas (por ejemplo, HFEN+) manteniendo una buena correlación con el gasto energético diario. En *Biobank Accelerometer Analysis* se utiliza una métrica similar a ENMONZ, donde

se intercala un filtro entre el cálculo de la magnitud vectorial y la eliminación de una unidad gravitacional.

La elección de la métrica de aceleración puede tener un impacto significativo en la comparabilidad de los resultados entre diferentes estudios. Por ejemplo, si un estudio utiliza la métrica AC y otro estudio utiliza la métrica ENMONZ, los datos de aceleración resultantes pueden ser diferentes, lo que puede afectar a la interpretación y comparación de los resultados.

### *Detección de non-wear time*

Las estrategias de detección de *non-wear time* permiten localizar entre los datos de acelerometría aquellos periodos en los que el sujeto evaluado se ha retirado el acelerómetro. Esto posibilita que no sea necesario la elaboración de un diario de acelerometría. De esta forma, se optimiza la validez de los resultados y se consigue que éstos no dependan del auto-reporte del evaluado.

Cuando el acelerómetro se retira y se deposita sobre una superficie firme y sin movimiento (por ejemplo, sobre una mesa) será fácil de detectar con un sencillo algoritmo. Sin embargo, cuando el acelerómetro es retirado, pero se deposita en algún lugar que sí se mueve (por ejemplo, durante el transporte por mensajería), se complica la posibilidad de detectar correctamente ese *non-wear time*. Por ello, el mayor reto para el diseño de un algoritmo de detección de *non-wear time* será ajustar su precisión para detectar los verdaderos *non-wear time*, discriminándolos de los periodos de inactividad con el acelerómetro puesto.

Entre las funciones de procesamiento del paquete de R GGIR (versión 2.9.2) [78] se incluye la identificación de *non-wear time*. Esta herramienta ha sido asumida en la mayoría de los estudios que utilizan GGIR como herramienta de procesamiento (por ejemplo, en el Whitehall II Study) [90]. En resumen, GGIR divide la evaluación de acelerometría en bloques de 15 minutos y clasifica cada bloque de 15 minutos como *non-wear time* si la desviación estándar (DE) en dos de los tres ejes es inferior a 13 mil unidades gravitacionales (mg) durante la ventana de 60 minutos circundante, o si el rango de valores para dos de los tres ejes es inferior a 50 mg.

Para que un bloque de tiempo sea clasificado como *non-wear time* en el *Biobank Accelerometer Analysis*, la DE debe ser inferior a 13 mg en los tres ejes del acelerómetro durante al menos 60 minutos consecutivos [80].

### *Resultados de los estudios de acelerometría*

Los resultados de actividad física derivados de estudios de acelerometría se pueden presentar de diferentes maneras. Principalmente se pueden encontrar resultados en unidades de aceleración, en tiempo a diferentes intensidades de actividad física o en tipos de actividad.

### Variables de aceleración

Se trata del formato de resultados que requiere un menor nivel de procesamiento y de asunciones. Para obtener estos resultados será necesario elegir una longitud de *epoch* y una métrica de aceleración. Los resultados se expresan en la unidad asociada a la métrica elegida, normalmente en mg (es decir, mili-unidades gravitacionales). Una vez se ha calculado un valor de aceleración para cada *epoch*, se pueden calcular otras variables descriptivas para resumir y responder a diferentes preguntas de investigación (por ejemplo, promedio, DE, percentiles, etc.).

### Variables de intensidad de la actividad física

Una vez calculadas las variables de aceleración en la longitud de *epoch* seleccionada, se puede ir un paso más allá, clasificando cada *epoch* en niveles de intensidad de actividad física. De menor a mayor intensidad, los niveles que se suelen utilizar son: Inactividad o comportamiento sedentario (SED), Actividad Física Ligera (LPA por sus siglas en inglés), Moderada (MPA por sus siglas en inglés), Moderada-Vigorosa (MVPA por sus siglas en inglés) y Vigorosa (VPA por sus siglas en inglés).

Para discriminar entre las diferentes intensidades de actividad física se aplican puntos de corte a los datos resumidos en *epochs*. Los estudios de validación de estos puntos de corte suelen realizarse en dos etapas. En una primera etapa, en un laboratorio se realizan ciertas actividades controladas y conocidas para discriminar la intensidad que requieren estas tareas mediante métodos de valoración del gasto energético. La segunda fase consiste en probar, en actividades de vida libre, los puntos de corte estimados en el laboratorio para determinar su precisión.

Hay que tener especial cautela a la hora de seleccionar los puntos de corte que se aplican a los datos de acelerometría. Para que un punto de corte se pueda utilizar correctamente, es conveniente que el estudio de validación y el estudio donde se quiere aplicar coincidan en el modelo de acelerómetro, la ubicación anatómica, las características de la población, la frecuencia de muestreo, la longitud del *epoch* y la métrica de acelerometría utilizada.

### Variables de tipo de actividad o gasto energético

Para calcular el tipo de actividad se requiere una metodología de procesamiento de los datos brutos basada en el *machine learning*. En resumen, se entrena un modelo con actividades conocidas para determinar una verdad básica (*groundtruth* en inglés), que se utiliza para clasificar las actividades mediante dos etapas: bosques aleatorios (*random forests* en inglés) y modelos de Markov ocultos (*hidden Markov models* en inglés). Esta misma metodología puede aplicarse para determinar el gasto energético al relacionar las actividades clasificadas con su valor medio de gasto energético (MET) [81].

---

# OBJETIVOS



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Objetivo general de la tesis doctoral

Esta tesis doctoral tiene como objetivo principal evaluar, mediante acelerometría, la actividad física habitual y el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física en escolares de 8 y 9 años, con un enfoque particular en la VPA, así como en el papel de las clases de educación física y la participación en actividades físico-deportivas extraescolares.

## Objetivos específicos de los artículos publicados

### *Artículo 1* [1] (Anexo 1):

- 1) Medir la VPA y la MVPA media diaria en niños de 8 y 9 años mediante acelerometría, calcular umbrales en los que la VPA y la MVPA media diaria se asocian con la obesidad, y utilizar estos umbrales como valores en recomendaciones de actividad física para la prevención de la obesidad.
- 2) Evaluar la asociación entre la VPA y la MVPA, así como el cumplimiento de las recomendaciones, entre días escolares con y sin clase de educación física y fin de semana, según sexo y obesidad.
- 3) Evaluar la probabilidad de cumplir con las recomendaciones de VPA y MVPA en función de la presencia de clases de educación física o jornada escolar, según sexo y obesidad.

### *Artículo 2* [2] (Anexo 2):

- 1) Definir mediante acelerometría qué proporción de VPA debe incluir una sesión de actividad física para ser considerada como una sesión de actividades de intensidad vigorosa, a partir de la VPA realizada en las clases de educación física saludablemente activas.

### *Artículo 3* [3] (Anexo 3):

- 1) Identificar objetivamente actividades de intensidad vigorosa en la semana, tanto durante el horario escolar como fuera de él, y comparar la frecuencia diaria de este tipo de actividades según la participación en actividades físico-deportivas organizadas.
- 2) Calcular mediante acelerometría el porcentaje de cumplimiento de la recomendación de la OMS de incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

# METODOLOGÍA Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Diseño del estudio

Se realizó un estudio transversal de la actividad física habitual evaluada mediante acelerometría en una muestra representativa de la población de escolares de 8 y 9 años de Andalucía (España). Andalucía es una de las 17 Comunidades Autónomas en las que está dividida España, situada al sur de la península Ibérica.

Se invitó a participar en este estudio a los 40 colegios de educación primaria de Andalucía participantes en el Estudio ALADINO 2019 (ALimentación, Actividad física, Desarrollo Infantil y Obesidad), realizado por la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) en colaboración con el Plan Integral de Obesidad Infantil (PIOBIN) de la Junta de Andalucía, y desarrollado de acuerdo con los protocolos y recomendaciones de la Iniciativa de Vigilancia de la Obesidad Infantil de la OMS en Europa (COSI Euro WHO) [58].

A modo de estudio piloto, se invitó a participar a los colegios asignados al Grupo de Investigación EpiPHAAN (Universidad de Málaga - Instituto de Investigación Biomédica de Málaga, IBIMA) participantes en el Estudio PASOS (*Physical Activity, Sedentarism and Obesity in Spanish Youth*) 2019-20 [91], liderado por la Gasol Foundation Europe, en los que participaba un aula de 3º de educación primaria. El curso y el aula participante fueron seleccionados aleatoriamente siguiendo el procedimiento descrito en la metodología del Estudio PASOS para obtener representatividad nacional en escolares de ocho a 16 años [92]. Para ampliar la muestra, se invitó a participar a estos mismos colegios y aulas participantes, que repitieron su participación en la segunda edición del Estudio PASOS (es decir, Estudio PASOS 2022-23) [93].

En los colegios que aceptaron participar en el estudio de acelerometría, se invitó a todos los escolares de 3º de educación primaria que habían sido seleccionados previamente para participar en el Estudio ALADINO 2019, en el Estudio PASOS 2019-20 y en el Estudio PASOS 2022-23 en Andalucía.

## Cálculo del tamaño muestral mínimo

Se calculó una predeterminación del tamaño muestral mínimo necesario para cada una de las estimaciones que se iban a realizar para dar respuesta a los objetivos de cada uno de los artículos que integran esta tesis doctoral.

En el *Artículo 1* [1] (*Anexo 1*), la estimación que requirió mayor tamaño muestral fue la estimación de umbrales de VPA que discriminasen entre escolares con y sin obesidad central. Para el cálculo se utilizaron los resultados obtenidos por Schwarzfischer et al. [34], que obtuvieron como resultado más desfavorable un área bajo la curva (AUC por sus siglas en inglés) de 0,64. Además, se estimó que aproximadamente un 25 % de la

población de estudio tendría obesidad central. Utilizando estos datos como referencia, con un nivel de confianza del 95 % ( $\alpha=0,05$ ) y aceptando una potencia ( $1-\beta$ ) de 0,8, el tamaño muestral mínimo necesario fue de 163 escolares. Se estimó que aproximadamente la mitad de los escolares participantes serían niños y la otra mitad niñas, por lo que se consideró una muestra mínima de 326 escolares para obtener resultados representativos para ambos sexos, además de para el total de participantes.

En el *Artículo 2* [2] (*Anexo 2*), la estimación que requirió mayor tamaño muestral fue la estimación de umbrales de VPA y MVPA en las clases de educación física que discriminasen entre escolares según su estado ponderal (es decir, normo peso vs sobrepeso-obesidad). Para la obtención de un AUC de 0,6, con un 50 % de la muestra con sobrepeso-obesidad, un nivel de confianza del 95 % y aceptando un ancho del intervalo de confianza de 0,15, el tamaño muestral mínimo necesario fue de 218 escolares. Se estimó que aproximadamente la mitad de los escolares participantes serían niños y la otra mitad niñas, por lo que se consideró una muestra mínima de 436 escolares para obtener resultados representativos también para ambos sexos.

En el *Artículo 3* [3] (*Anexo 3*), la estimación que requirió mayor tamaño muestral fue el intervalo de confianza al 95 % para el cálculo de la proporción de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*. Se estableció una proporción esperada de 0,25 y se decidió que el ancho total del intervalo de confianza sería de 0,10. Como resultado, se determinó que el tamaño de la muestra debía ser al menos de 307 sujetos.

Se asumió un tamaño medio por aula de 3º de educación primaria de 20 escolares, con un 20 % de negativas a la participación. Por tanto, para alcanzar el tamaño muestral mínimo estimado necesitaríamos evaluar un aula de 3º de educación primaria en 20 colegios en el *Artículo 1* [1], 27 en el *Artículo 2* [2] y 19 en el *Artículo 3* [3]. En el Estudio ALADINO 2019 participaron 40 aulas de 3º de educación primaria en Andalucía (es decir, una por cada colegio participante). Por lo tanto, para alcanzar e incluso superar el tamaño muestral mínimo necesario calculado fueron invitados a participar los 40 colegios participantes en el Estudio ALADINO 2019 en Andalucía. Además, se invitaron a los seis colegios asignados al Grupo de Investigación EpiPHAAN en los que participaba un aula de 3º de educación primaria en el Estudio PASOS 2019-20 y en el Estudio PASOS 2022-23 en Andalucía. No se sustituyó a los colegios que rechazaron participar, ya que se esperaba reunir una muestra que superase el tamaño muestral mínimo calculado.

### Criterios de inclusión y de exclusión

Los criterios de inclusión para participar en este estudio de acelerometría fueron: 1) Estar matriculados en 3º de educación primaria en un colegio de Andalucía participante en el Estudio ALADINO 2019, PASOS 2019-20

y PASOS 2022-23 durante el curso académico en el que se llevaron a cabo dichos estudios; y 2) Disponer de un consentimiento informado firmado por los tutores legales autorizando la participación para este estudio de acelerometría. Se excluyó del análisis a los participantes con limitaciones para la práctica de actividad física durante la evaluación de acelerometría y a los que tenían menos o más de 8,0–9,9 ( $\pm 0,2$ ) años en el inicio de la evaluación de acelerometría.

## Aspectos éticos y consentimiento informado

Esta tesis doctoral es una investigación suplementaria al Estudio ALADINO 2019, Estudio PASOS 2019-20 y Estudio PASOS 2022-23 en Andalucía, la cual incorpora datos de acelerometría que no forman parte del protocolo ni recogida de datos de dichos estudios. Los tres artículos científicos publicados, que integran la presente tesis doctoral, se realizaron de acuerdo con la Guía STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*) [94].

Toda la investigación asociada a la recogida de datos del estudio de acelerometría se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki [95]. Para el estudio de acelerometría asociado al Estudio ALADINO 2019, la investigación fue aprobada por el comité de ética de investigación CEI - Costa del Sol y el Portal de Ética de la Investigación Biomédica de Andalucía-PEIBA, el 26 de septiembre de 2019, con el número de referencia 0114-2019. Para el estudio de acelerometría asociado al Estudio PASOS, la investigación fue aprobada por el CEIm Fundació Sant Joan de Déu, el 17 de diciembre de 2018, con el número de referencia PIC-179-18. Igualmente, el CEIm Fundació Sant Joan de Déu aprobó una enmienda (Enmienda N.º 1) al PIC-179-18, el 27 de enero de 2022, para actualizar el protocolo a la realización de la edición del Estudio PASOS 2022-23.

El tratamiento de los datos se llevó a cabo en conformidad con el Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016, sobre protección de datos, y el Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica española 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales y la Ley 14/2007 de Investigación Biomédica. Los datos clínicos se mantuvieron segregados y cifrados. Todos los participantes disponían de un consentimiento informado debidamente cumplimentado y firmado por sus tutores legales. El consentimiento informado iba acompañado de toda la información relevante sobre la participación y la protección de la confidencialidad y los datos. Se ofrecía una copia para las familias participantes y otra copia para que devolviesen debidamente cumplimentada y firmada (Anexo 4).

En el consentimiento informado se ofreció la posibilidad a las familias de recibir un informe con los resultados individuales del participante (Anexo 5). Del mismo modo, se ofreció a los colegios la posibilidad de

recibir un informe de los resultados agregados del grupo de participantes de su colegio ([Anexo 6](#) y [Anexo 7](#)). Se envió dicho informe a las familias y colegios que aceptaron recibirlo, respetando la confidencialidad de los resultados individuales.

## **Recogida de datos**

En los colegios que aceptaron participar en el estudio de acelerometría, se invitó a todos los escolares del aula de 3º de educación primaria seleccionada para participar en el Estudio ALADINO 2019, Estudio PASOS 2019-20 y Estudio PASOS 2022-23 en Andalucía. Los tutores legales de los escolares recibieron la invitación por escrito con toda la información del estudio ([Anexo 4](#)).

La recogida de datos asociada al Estudio ALADINO 2019 se distribuyó de manera uniforme durante el curso escolar 2019-20 según el tamaño de las poblaciones donde se ubicaban los colegios que aceptaron participar. Las poblaciones se dividieron en cuatro grupos: de 2.000 a 10.000, de 10.000 a 100.000, de 100.000 a 500.000, y más de 500.000 habitantes. Se asignó a un tercio de los colegios participantes de cada grupo poblacional en cada uno de los tres trimestres en que se divide el curso escolar. Cada trimestre coincidía con una estación climática (es decir, primer trimestre con otoño, segundo trimestre con invierno y tercer trimestre con primavera). No estaba previsto evaluar a los participantes durante las vacaciones escolares correspondientes a Navidad, Semana Santa y verano.

La recogida de datos estaba prevista para ser realizada entre los meses de octubre de 2019 y junio de 2020, pero se finalizó en marzo de 2020 debido a la pandemia provocada por el virus SARS-CoV-2. En España, el 15 de marzo de 2020 se cerraron los centros de educación primaria hasta el final del curso académico 2019-20 y se decretó el confinamiento domiciliario de la población. Por este motivo, los resultados derivados de la evaluación de acelerometría y asociados al Estudio ALADINO 2019 en Andalucía son previos a la pandemia de COVID-19.

La recogida de datos asociada al Estudio PASOS 2019-20 se llevó a cabo simultáneamente a la recogida de datos del propio Estudio PASOS 2019-20, en la primavera del curso académico 2018-19. Del mismo modo, la recogida de datos asociada al Estudio PASOS 2022-23 se realizó durante la primavera del curso académico 2021-22.

En todas las ocasiones se realizaron dos visitas presenciales a cada colegio. En la primera visita se realizó una breve explicación sobre la participación en el estudio de acelerometría, y se pidió al profesorado y a los participantes que mantuviesen su actividad habitual durante la evaluación de acelerometría. Seguidamente se colocaron individualmente los acelerómetros a los participantes. En la segunda visita se retiraron los

acelerómetros individualmente y se preguntó a cada participante si se había retirado el acelerómetro o si había faltado a clase durante la evaluación.

Se registró el horario oficial de la jornada escolar, de las clases de educación física y de los recreos de los días evaluados. Todos los colegios participantes comenzaban la jornada escolar a las 9:00 horas y la finalizaban a las 14:00 horas. Todos tenían un recreo diario de 30 minutos en torno a la mitad de la jornada escolar, con inicio entre las 11:00 y las 12:00 horas.

## Criterios de recogida de los datos de acelerometría

Para la evaluación objetiva de la actividad física se utilizaron acelerómetros del modelo *GENEActiv* (Activinsights Ltd., Kimbolton, UK). Es un acelerómetro triaxial, con un rango dinámico de  $\pm 8$  unidades gravitacionales (g), donde 1 g es igual a la fuerza gravitacional de la tierra. Mediante *GENEActiv PC Software* (versión 3,2) se configuraron los acelerómetros con una frecuencia de muestreo de 40 Hz.

Se colocó el acelerómetro en la muñeca de la mano no dominante [66,67], y se pidió a los participantes que lo llevaran ininterrumpidamente durante al menos 8 días consecutivos, con el fin de asegurar la evaluación completa de 5 días lectivos y un fin de semana [90]. Se pidió a los participantes y a sus familias que no retiraran el dispositivo en ningún momento durante la evaluación (protocolo de 24 horas). Se enfatizó que el dispositivo era resistente al agua, y se requería que los participantes lo llevaran puesto mientras dormían (Figura 7).



**Figura 7**

Escolar con un acelerómetro *GENEActiv* colocado en la muñeca de la mano no dominante.

## Procesamiento de Datos de Acelerometría

No se aplicó ningún filtro de ruido previo al procesamiento. Los archivos de datos brutos del acelerómetro se procesaron utilizando R (<http://cran.r-project.org>) con el paquete de R, *accelerator* (versión 0.4.0) [96]. El procesamiento incluyó funciones del paquete R, *GGIR* (versión 2.9.2) [78]. En resumen, las funciones incorporadas del paquete *GGIR* fueron: 1) Auto-calibración de las señales brutas del acelerómetro triaxial utilizando la gravedad local como referencia [79]. 2) Detección de valores sostenidos anormalmente altos (mayores de 5,5 g). 3) Identificación de los periodos en los que el participante se quitó el acelerómetro (*non-wear time* en inglés). Cada bloque de 15 minutos se clasificó como *non-wear time* si la DE en dos de los tres ejes era inferior a 13 mili-unidades gravitacionales (mg) durante la ventana de 60 minutos circundante, o si el rango de valores para dos de los tres ejes era inferior a 50 mg. 4) Cálculo de la magnitud media de la aceleración dinámica, o sea, la magnitud del vector de aceleración corregida por la gravedad con valores negativos redondeados a cero (es decir, *Euclidian norm minus one with negative values set to zero*, ENMONZ). Esta métrica también se puede encontrar en la literatura

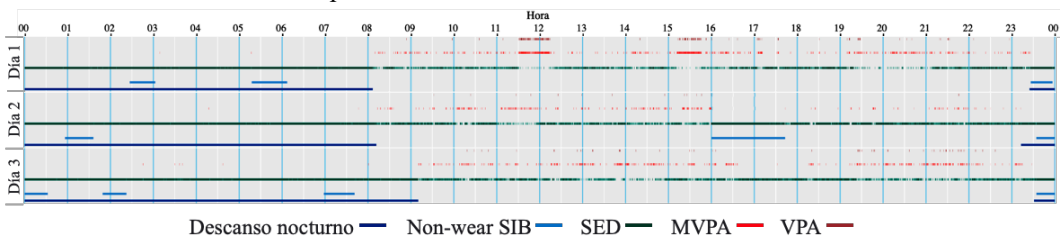
## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

científica como ENMO [83]. Los datos brutos se simplificaron calculando valores de ENMONZ (expresados en mg) en intervalos (*epochs* en inglés) de 5 segundos [18,24].

Se encontró que el algoritmo proporcionado por GGIR para detectar *non-wear time* relativamente cortos era inadecuado. Por ejemplo, algunos participantes reportaron haberse tenido que retirar el acelerómetro para participar en deportes de contacto en equipo durante periodos próximos a una hora. Al revisar visualmente algunos casos, se observó que efectivamente se habían retirado el acelerómetro, pero el algoritmo de GGIR no había podido detectarlo al tratarse de un intervalo próximo al mínimo *non-wear time* contemplado por el propio algoritmo.

Por ello, la definición de *non-wear time* de GGIR se complementó con periodos estrictos de inactividad sostenida (SIB por sus siglas en inglés). Es decir, periodos (*bouts* en inglés) de al menos 30 minutos con cambios en el ángulo del eje Z menores a dos grados, calculados entre las 8:00 y las 22:00 horas. Se excluyó el periodo entre las 22:00 y las 8:00 horas porque durante el descanso nocturno es común encontrar este tipo de *bouts* de inactividad sostenida en periodos de descanso profundo en niños. Durante el descanso nocturno sí funcionaba correctamente el algoritmo de GGIR, pues, si un participante se retiraba el acelerómetro para el descanso nocturno, el algoritmo de GGIR lo solía detectar al tratarse de un *non-wear time* que se prologaría durante varias horas consecutivas.

En la Figura 8 se muestra un ejemplo real, en el que se identificó un *bout* de inactividad sostenida (*non-wear SIB*) en el Día 2 entre las 16:00 y las 18:00 horas aproximadamente. Como se puede observar, durante el periodo de descanso nocturno también se identificaron algunos de estos periodos. Sin embargo, al encontrarse fuera del horario de 8:00 a 22:00 horas, no computaron como *non-wear time*.



**Figura 8**

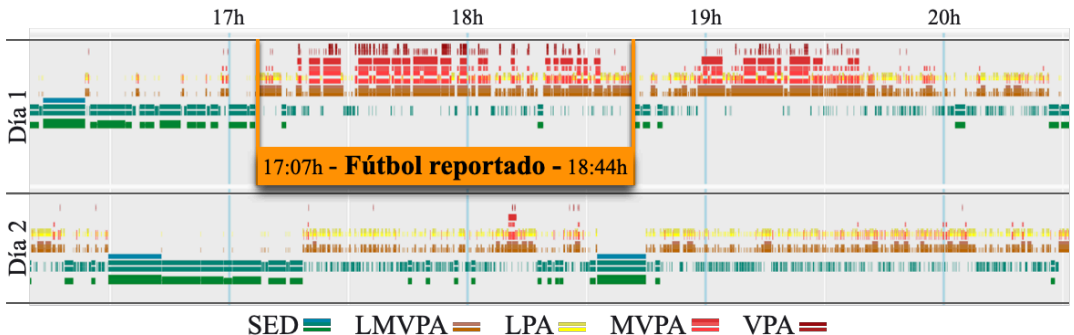
Visualización de tres días consecutivos de la evaluación de acelerometría de un escolar participante, donde se observa un *non-wear SIB* en el Día 2 entre las 16:00 y las 18:00 horas aproximadamente.

Non-wear SIB, *non-wear time* asociado a un periodo de inactividad sostenida (*sustained inactivity bout*, SIB, en inglés); SED, comportamiento sedentario; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; VPA, actividad física vigorosa.

Para clasificar la actividad física por intensidad, se utilizaron los puntos de corte publicados por Hildebrand et al. [97,98], calculados en ENMONZ (mg), en acelerómetros *GENEActiv*. Los puntos de corte seleccionados fueron validados para acelerómetros colocados en la muñeca de la mano no dominante en escolares de siete a 11 años. Los puntos

de corte específicos utilizados fueron los siguientes: comportamiento sedentario (SED, menos de 56,3 mg), actividad física ligera (LPA por sus siglas en inglés, de 56,3 mg a 191,6 mg), actividad física moderada (MPA por sus siglas en inglés, de 191,6 mg a 695,8 mg), actividad física vigorosa (VPA por sus siglas en inglés, más de 695,8 mg), actividad física de cualquier intensidad (LMVPA, más de 56,3 mg), y actividad física moderada-vigorosa (MVPA, más de 191,6 mg).

Algunos participantes reportaron haber realizado actividades físico-deportivas con el acelerómetro puesto, en las cuales, otros tantos participantes reportaron haberse visto obligados a retirarse el acelerómetro para participar en ellas (por ejemplo, un partido de fútbol). El estudio de los casos que realizaron estas actividades con el acelerómetro puesto arrojó información sobre ejemplos reales de actividades de intensidad vigorosa (VIAs) evaluadas en la muestra del presente estudio y procesadas a través de la metodología aquí descrita. En la [Figura 9](#) se muestra la visualización de la actividad física realizada por un escolar durante dos tardes consecutivas. En el Día 1, el escolar reportó haber participado en un partido de fútbol entre las 17:00 y las 18:45 horas.



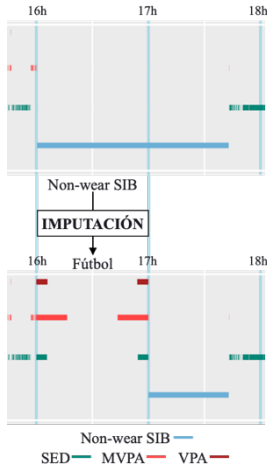
**Figura 9**

Visualización de las intensidades de la actividad física realizada durante dos tardes consecutivas, donde se muestra una actividad físico-deportiva reportada por un escolar participante.

SED, comportamiento sedentario; PA, actividad física; L, ligera, M, moderada; V, vigorosa.

Como se puede observar en la [Figura 9](#), el reporte del participante coincide con una posible sesión de VIAs, con inicio a las 17:07 y final a las 18:44 horas, en la cual se realizaron 22,5 minutos de VPA (es decir, 13,9 minutos de VPA por hora o una proporción de 23,2 % de VPA) y 49,3 minutos de MVPA (es decir, 30,5 minutos de VPA por hora o una proporción de 50,9 % de MVPA).

Cuando los participantes informaron que se habían retirado el acelerómetro para realizar una actividad deportiva conocida, se confirmó visualmente que el reporte correspondía con un *non-wear time*. Si se confirmaba, el *non-wear time* se reemplazaba con los valores medios de una actividad deportiva similar, que se había observado y estudiado en otros participantes de esta misma muestra ([Figura 9](#)). En la [Figura 10](#) se muestra el antes y el después de la imputación de un periodo de *non-wear time* por una actividad conocida.



**Figura 10**

Imputación de *non-wear time* por el promedio de tiempo a diferentes intensidades de actividad física realizado durante una actividad conocida.

Non-wear SIB, acelerómetro quitado; SED, comportamiento sedentario; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; VPA, actividad física vigorosa.

## Tipos de día, segmentos diarios y evaluaciones válidas

Se definieron cinco tipos de días y tres segmentos diarios para los análisis de los tres artículos científicos publicados que conforman la presente tesis doctoral (Tabla 2). Los tipos de día fueron: día semanal, día escolar, día escolar con clase de educación física, día escolar sin clase de educación física y día de fin de semana; mientras que los segmentos diarios fueron: clase de educación física, tiempo de vigilia previo a las 14:00 horas (*Antes de las 14:00 horas*) y tiempo de vigilia posterior a las 14:00 horas (*Después de las 14:00 horas*). También se definió el tiempo de vigilia como el tiempo entre dos descansos nocturnos consecutivos, y el tiempo fuera de la escuela (extraescolar) como el segmento de *Después de las 14:00 horas* de los días escolares y el día completo del fin de semana.

En el *Artículo 1* [1] se estudiaron el día semanal, el día escolar con y sin clase de educación física y el día de fin de semana. En el *Artículo 2* [2] se estudió la clase de educación física. Y en el *Artículo 3* [3] se estudiaron el día semanal, día escolar, día escolar con clase de educación física, día escolar sin clase de educación física y día de fin de semana, además de, los segmentos de *Antes* y *Después de las 14:00 horas* (Tabla 2).

Para que un día fuese considerado válido, el acelerómetro debía estar encendido y recopilando datos durante un mínimo de 20 horas (de 00:00 a 00:00 horas), y no podía acumular más de dos horas de *non-wear time* entre las 8:00 y las 22:00 horas. El tiempo de vigilia era válido si no acumulaba más de dos horas de *non-wear time*, mientras que el segmento de *Antes* o *Después de las 14:00 horas* era válido si no acumulaba más de una hora de *non-wear time*. La jornada escolar era válida si el acelerómetro recopilaba datos al menos cuatro horas sin más de una hora de *non-wear time* durante las horas escolares.

Las clases de educación física se estudiaron de forma individual (es decir, cada una de las clases de educación física que realizó cada participante) y de forma grupal (es decir, las clases de educación física que realizó cada grupo de participantes de la misma aula). A nivel individual, se consideraba válida una clase de educación física si no acumulaba más de un minuto de *non-wear time*, no excedía los 30 minutos de SED y, además, incluía al menos tres minutos de MVPA. De esta forma, se excluyeron las clases de educación física individuales de los escolares que no participaban en las clases de educación física grupales llevadas a cabo por sus compañeros de aula.

En consecuencia, un día escolar válido implicaba disponer de una jornada escolar válida. Si un día escolar válido también incluía una clase de educación física válida, se consideraba un día escolar con clase de educación física. Y si no incluía clase de educación física válida, se consideraba un día escolar sin clase de educación física. Si el día válido era un sábado o un domingo, se consideraba un día de fin de semana. Para calcular el día

medio semanal, los resultados medios diarios se ponderaron con un valor de 5/7 para el promedio de los días escolares y de 2/7 para el promedio de los días de fin de semana [90]. De manera similar, para el tiempo extraescolar, se ponderaron los resultados del segmento *Después de las 14:00 horas* en los días escolares (5/7) y todo el día del fin de semana (2/7). Para mantener la precisión, se excluyeron de todos los análisis a los días festivos y los días de absentismo escolar. En el *Artículo 2* [2], se excluyeron también los días de fin de semana.

**Tabla 2**

Tipos de día, segmentos diarios y evaluaciones válidas analizados en los artículos.

	<b>Artículo 1</b>	<b>Artículo 2</b>	<b>Artículo 3</b>
<b>Tipos de día</b>	Semanal Escolar con CEF Escolar sin CEF Fin de semana		Semanal Escolar Escolar con CEF Escolar sin CEF Fin de semana
<b>Segmentos diarios</b>		CEF	Antes de las 14:00h Después de las 14:00h
<b>Evaluaciones válidas</b>	≥ 4 día semanal ≥ 1 día fin de semana ≥ 2 día escolar	≥ 3 JE ≥ 1 JE con CEF ≥ 1 JE sin CEF	≥ 4 día semanal ≥ 1 día fin de semana ≥ 1 día escolar con CEF ≥ 1 día escolar sin CEF
			en todos los tipos de día: ≥ 1 Antes de las 14:00h ≥ 1 Después de las 14:00h

CEF, clase de educación física; JE, jornada escolar; h, horas; Antes de las 14:00h, tiempo de vigilia previo a las 14:00 horas; Después de las 14:00h, tiempo de vigilia posterior a las 14:00 horas.

Si una evaluación tenía dos días de la semana iguales (por ejemplo, dos lunes), estos se promediaban, y este promedio se utilizaba como el valor medio para ese tipo de día. Si había *non-wear time* en los días válidos resultantes, se imputaban con los valores medios de las diferentes intensidades de actividad física calculados para el mismo tipo de día durante el *non-wear time*. En caso de que no estuviera disponible el valor medio para ese mismo tipo de día, se imputaba con el promedio del día semanal para ese período.

En los *Artículos 1* [1] y *3* [3] se consideró una evaluación válida cuando disponía al menos de cuatro días semanales válidos [99], incluyendo al menos dos días escolares y un día de fin de semana. En el *Artículo 3* [3], al menos uno de los días debía ser un día escolar con clase de educación física y al menos otro día escolar sin clase de educación física. Además, para que la evaluación fuera válida en el *Artículo 3* [3], debía disponer al menos de un segmento de *Antes* y otro de *Después de las 14:00 horas* en cada tipo de día analizado. En el *Artículo 2* [2], se consideró una evaluación válida cuando disponía al menos de tres jornadas escolares válidas, de las cuales,

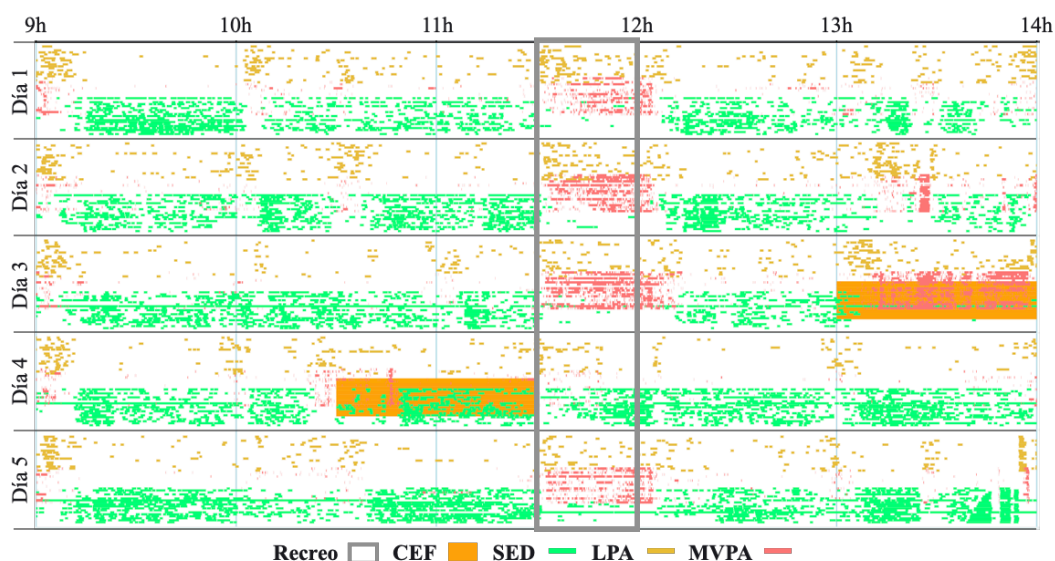
al menos una fuese con clase de educación física y otra sin clase de educación física (Tabla 2).

### Clases de educación física grupales

Para el estudio de las clases de educación física grupales en el *Artículo 2* [2], se agregaron los valores del grupo de escolares que participaron en cada clase de educación física grupal. Para asegurar que realmente se había llevado a cabo cada clase de educación física grupal en el horario oficial establecido, se calculó la proporción promedio de VPA, MVPA y SED del grupo de escolares participantes en cada clase y se comparó con los valores promedio del resto de clases teóricas (es decir, sin incluir las clases de educación física y los recreos). Se comprobó si había diferencias significativas entre el nivel de actividad física realizada en las clases de educación física grupales, programadas en el horario oficial, y el resto de clases teóricas de la jornada escolar. Si no se hallaban diferencias, se pidió al profesorado que confirmase si se había realizado esa clase de educación física grupal con normalidad o se había sustituido por otra clase teórica que no implicase la realización de actividad física. Si el profesorado confirmaba que esa clase de educación física había sido sustituida por una clase teórica, se clasificaba como clase de educación física grupal no realizada o no activa, y se eliminaba de los análisis.

A modo de ejemplo, se muestra en la *Figura 11* un caso real en el que se observó que una de las clases de educación física, la cual debía haberse realizado según el horario oficial el *Día 4* entre las 10:30 y las 11:30 horas, parecía no haberse llevado a cabo. Este mismo grupo de escolares tenía prevista otra clase de educación física que sí parece que se llevó a cabo el día anterior (es decir, el *Día 3* entre las 13:00 y las 14:00 horas). Se contactó con el profesorado, quienes nos confirmaron que la clase de educación física del *Día 4* había sido sustituida por otra actividad sedentaria. Por lo tanto, esta clase se eliminó de los análisis.

Para identificar las clases de educación física grupales más activas, con un componente de actividad física beneficiosa para la salud, se calculó el umbral para la proporción de VPA y MVPA que permitió discriminar a los participantes según su estado ponderal (normo peso vs. sobrepeso-obesidad). Se utilizó el umbral resultante para clasificar las clases de educación física grupales como clase de educación física saludablemente activa (CEF-SA) si superaba el umbral calculado de VPA o de MVPA, y como clase de educación física menos activa (CEF-MA) si no alcanzaba dichos umbrales.



**Figura 11**

Visualización de las intensidades de actividad física en las jornadas escolares de un grupo de participantes de la misma aula, con las clases de educación física resaltadas en naranja.

CEF, clase de educación física; SED, comportamiento sedentario; LPA, actividad física ligera; MVPA, actividad física moderada-vigorosa.

## Recomendaciones de actividad física

Las recomendaciones sobre actividad física se estudiaron a través de dos bloques diferenciados (Tabla 3): las recomendaciones sobre actividad física media diaria (Artículo 1 [1]) y la Recomendación OMS sobre VIAs (Artículo 3 [3]).

En el Artículo 1 [1] se consideraron cuatro recomendaciones diferentes de actividad física media diaria: 1) Recomendación OMS sobre MVPA: Al menos un promedio diario de 60 minutos de MVPA (RecMVPA-WHO); 2) Recomendación de realizar al menos 15 minutos de promedio diario de VPA, publicada previamente en otros estudios (RecVPA-15) [30,34,35]; 3) Recomendación sobre MVPA, resultante del umbral de MVPA calculado en el Artículo 1 [1] asociado con la ausencia de obesidad central (RecMVPA). 4) Recomendación sobre VPA, del mismo modo resultante del umbral de VPA calculado en el Artículo 1 [1] asociado con la ausencia de obesidad central (RecVPA).

Las VIAs se operacionalizaron en el Artículo 3 [3] a través de *bouts* con una concentración de VPA suficiente para ser identificados como tal (VPA-Bouts), los cuales fueron presentados previamente en el Artículo 2 [2]. Se identificó una sesión de VIAs a través de un VPA-Bout cuando se acumuló un mínimo de VPA de 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas durante un *bout* de al menos 60 minutos (es decir, 10,0 y 7,5 minutos de VPA/hora en niños y niñas, respectivamente). El porcentaje de cumplimiento de la recomendación de la OMS sobre “incluir VIAs al menos tres días a la semana” [5], se calculó considerando como cumplidores a aquellos participantes que

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

realizaron un VPA-Bout durante al menos 3/7 días válidos (RecVIAs-WHO).

**Tabla 3**

Recomendaciones sobre actividad física analizadas en la presente tesis doctoral.

	Denominación	Descripción
PA media diaria	RecMVPA-WHO	≥ 60 minutos de MVPA media diaria.
	RecVPA-15	≥ 15 minutos de VPA media diaria.
	RecMVPA	≥ 75 minutos de MVPA media diaria.
	RecVPA	≥ 12,5 minutos en niños y ≥ 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria.
VIAs	RecVIAs-WHO	VPA-Bout (≥ 16,7% en niños y ≥ 12,5% en niñas de VPA durante ≥ 60 minutos) en ≥ 3/7 días válidos.

VIAs, actividades de intensidad vigorosa; PA, actividad física; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; WHO, Organización Mundial de la Salud; VPA, actividad física vigorosa.

### Otras Variables

La información sobre el sexo y la fecha de nacimiento se recogió en los consentimientos informados (Anexo 4). La edad se calculó como la diferencia entre la fecha de inicio de la evaluación de la actividad física mediante acelerometría y la fecha de nacimiento del participante.

El peso corporal, la talla y la circunferencia de la cintura se midieron entre abril y junio de 2019 en los participantes del Estudio PASOS 2019-20, entre octubre y diciembre de 2019 en los participantes del Estudio ALADINO 2019, y entre abril y junio de 2022 en los participantes del Estudio PASOS 2022-23. En el Estudio ALADINO 2019 se utilizaron la báscula TANITA modelo UM-076 y el tallímetro portátil SECA modelo 206, mientras que en el Estudio PASOS 2019-20 y 2022-23 se utilizaron la báscula SECA modelo 869 y el tallímetro portátil SECA modelo 217 [58]. Las básculas utilizadas fueron capaces de registrar pesos entre 0-150 kg con una precisión de 100 gramos, y los tallímetros registraron mediciones al menos entre 20-205 cm con una precisión de 1 mm. En todos los estudios se utilizó la cinta de medir antropométrica modelo 201 de SECA, con un rango de medición de 0 a 205 cm y una precisión de 1 mm. El índice de masa corporal (IMC) se calculó como el peso dividido por la talla al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). El estado ponderal se clasificó en tres categorías (normo peso, sobrepeso y obesidad) utilizando los estándares de crecimiento de la OMS [100] así como los puntos de corte de la *International Obesity Task Force* (IOTF) [101]. La ratio cintura-talla (WHtR por sus siglas en inglés) se calculó como la circunferencia de la cintura (cm) dividida por la talla (cm). Los escolares con obesidad central se clasificaron como aquellos con un WHtR igual o mayor a 0,5 [102].

También se recogió el nivel máximo de educación de los tutores legales, los cuales se clasificaron como nivel de estudios universitarios o no universitarios, así como la titularidad del colegio (público o privado) [103].

## Actividades físico-deportivas extraescolares organizadas

Los tutores legales de los participantes respondieron la siguiente pregunta a través de un cuestionario de auto declarado, el *Formulario familias* del Estudio ALADINO 2019: “¿Es su niño/a miembro de uno o más clubs de tipo deportivo o de baile (ej. fútbol, atletismo, hockey, natación, tenis, baloncesto, judo, taekwondo, gimnasia, ballet, entrenamiento físico, bailes de salón, etc.) o da clases de los mismos?” Las posibles respuestas eran “Sí” o “No”. En caso de una respuesta afirmativa, se hizo la siguiente pregunta: “En una semana normal (incluido el fin de semana), ¿cuántas horas pasa su niño/a en este tipo de actividades deportivas y físicas?” Las posibles respuestas estaban comprendidas entre cero y 11 horas por semana [104,105].

Se consideró que los escolares, cuyos tutores legales respondieron que no participaban en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas, realizaban cero horas semanales de este tipo de actividades. Los participantes se clasificaron en tres categorías: aquellos que informaron realizar cero horas semanales; aquellos que informaron realizar entre una y dos horas semanales; y aquellos que informaron realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas. Además, las dos primeras categorías se combinaron en una, quedando las siguientes dos categorías: aquellos que informaron realizar menos de tres horas semanales y aquellos que informaron realizar al menos tres horas semanales.

## Análisis estadístico

En el *Artículo 1* [1] y en el *Artículo 3* [3] se realizó una descripción de los tipos de día y de los segmentos diarios estudiados. Se estudió el día promedio semanal, el día promedio escolar, el día promedio escolar con clase de educación física, el día promedio escolar sin clase de educación física y el día promedio de fin de semana. En el *Artículo 3* [3], además, se estudió el segmento diario de *Antes de las 14:00 horas* y el de *Después de las 14:00 horas*. Se calcularon la media, la DE, el mínimo, el máximo y los días o segmentos diarios válidos totales para los tipos de día analizados. En el *Artículo 2* [2] se estudió el segmento temporal *clase de educación física*. Se calculó la media, la DE, el total de clases de educación física, así como de aquellas clases que fueron consideradas saludablemente activas (CEFSA). También se calculó la duración media y DE del total de clases de educación física.

En los *Artículos 1* [1], *2* [2] y *3* [3] se realizó una descripción de la muestra de participantes seleccionados para cada artículo. Para las variables cuantitativas, se calcularon la media y la DE, y para las variables cualitativas, se determinaron la frecuencia y la proporción. Para evaluar las diferencias entre niños y niñas en todas las variables analizadas, se empleó la prueba de chi-cuadrado para las variables cualitativas, y se utilizó la

prueba t de Student para las variables cuantitativas si seguían una distribución normal, o la prueba U de Mann-Whitney en caso de no normalidad. Para evaluar las diferencias entre el estado de obesidad central y el nivel máximo de educación de los padres o la titularidad del colegio, se empleó la prueba de chi-cuadrado.

En los *Artículos 1* [1], *2* [2] y *3* [3] se calculó el tiempo medio y la DE, o la proporción de tiempo con respecto al tiempo total del segmento temporal y la DE, para la VPA, MPA, LPA o SED en los días o segmentos diarios analizados para cada artículo. Además, en el *Artículo 2* [2] se calculó en percentil 66,7 para la proporción promedio de VPA y MVPA, así como el percentil 33,3 para la proporción promedio de SED, realizada en las clases de educación física. Y en el *Artículo 3* [3] se calculó el tiempo medio diario y la DE para la VPA realizada dentro de los VPA-Bouts (es decir, *bouts* de al menos 60 minutos con al menos 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas de VPA). Estos cálculos para conocer los resultados de actividad física se realizaron para la muestra total analizada, así como segmentada por sexo, en cada uno de los artículos publicados. En el *Artículo 1* [1] también se calculó la actividad física segmentada por obesidad central, mientras que en el *Artículo 2* [2] se segmentó por estado ponderal.

En el *Artículo 1* [1] y en el *Artículo 2* [2] se utilizaron curvas de características operativas del receptor (curvas ROC por sus siglas en inglés, *Receiver Operating Characteristic*) para seleccionar los umbrales de VPA y MVPA asociados con la obesidad central (*Artículo 1* [1]) o con el sobrepeso-obesidad (*Artículo 2* [2]). El umbral óptimo se determinó en base al índice de Youden (J) [106]:

$$J = \text{sensibilidad} + \text{especificidad} - 1$$

En el *Artículo 1* [1] se calcularon umbrales para el tiempo medio diario de VPA y de MVPA asociados con la obesidad central, mientras que en el *Artículo 2* [2] se calcularon umbrales para la proporción media de VPA y de MVPA realizada en las clases de educación física y asociados con el sobrepeso-obesidad. En el *Artículo 2* [2] se clasificó las clases de educación física grupales como CEF-SA (es decir, clases de educación física saludablemente activas) o clases de educación física menos activas (CEF-MA) en función de si estas clases grupales alcanzaban en promedio al menos uno de los dos umbrales calculados (es decir, el umbral para la proporción de VPA o de MVPA en las clases de educación física).

En el *Artículo 2* [2] se calculó la proporción media y la DE de la VPA y la MVPA realizada en el total de clases de educación física, segmentadas por sexo del participante en cada clase, así como por aquellas clases que fueron clasificadas como CEF-SA y CEF-MA.

En el *Artículo 1* [1] se calculó el porcentaje de participantes que cumplían las cuatro recomendaciones sobre actividad física media diaria analizadas (es decir, la RecMVPA-WHO, la RecVPA-15, la RecMVPA y la

---

RecVPA). Se utilizó la prueba de chi-cuadrado para evaluar las diferencias en el porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria entre los escolares con y sin obesidad central. Asimismo, se evaluó si estas cuatro recomendaciones estaban igualmente asociadas con la obesidad central en niños y en niñas utilizando la prueba de chi-cuadrado. La asociación entre el cumplimiento de las recomendaciones y la obesidad central se evaluó utilizando el coeficiente de correlación Phi para variables binarias, mientras que para evaluar la asociación del cumplimiento de las recomendaciones con el sobrepeso-obesidad se utilizó el coeficiente de contingencia de Cramer.

En el *Artículo 1* [1] se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar las diferencias en los tiempos de realización de actividad física entre sexos, así como entre escolares con y sin obesidad central. Se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para evaluar las diferencias en los tiempos de realización de actividad física entre escolares con normo peso, sobrepeso y obesidad. Se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para evaluar las diferencias en los tiempos de realización de actividad física entre días escolares con clase de educación física, días escolares sin clase de educación física y días de fin de semana.

En el *Artículo 3* [3] se calculó el porcentaje medio y la DE de días donde se identificó al menos un VPA-Bout en el total de participantes, así como segmentados por sexo, en todos los tipos de días (es decir, día semanal, escolar, escolar con clase de educación física, escolar sin clase de educación física y fin de semana) y segmentos diarios (es decir, *Antes* y *Después de las 14:00 horas*) estudiados. También se calculó para los participantes segmentados entre aquellos que declararon realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas y aquellos que declararon realizar menos de tres horas semanales. Si un VPA-Bout se extendió a través de los dos segmentos diarios, se contabilizó como segmento con VPA-Bout a ambos segmentos. Para evaluar si había diferencias entre el porcentaje de segmentos de *Antes* y de *Después de las 14:00 horas* se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon, mientras que para conocer las diferencias entre aquellos que declararon realizar al menos tres o menos de tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas se utilizó la prueba U de Mann-Whitney. También se utilizó la prueba de rangos con signo de Wilcoxon para evaluar si había diferencias entre tipos de día (es decir, días escolares, con y sin clase de educación física, y fin de semana) o segmentos diarios (es decir, *Después de las 14:00 horas* en los días escolares y el día completo en el fin de semana).

En el *Artículo 1* [1] se empleó la prueba de chi-cuadrado para evaluar la asociación entre el porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria (es decir, RecMVPA-WHO, RecMVPA y RecVPA) y el sexo y la obesidad central en los días escolares con clase de

educación física, sin clase de educación física y días de fin de semana. Para evaluar las diferencias en el porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria entre los tres tipos de días estudiados en el *Artículo 1* [1], se utilizó la prueba de McNemar. Se utilizaron modelos de regresión logística condicional para calcular las Odds ratio (OR) para el cumplimiento de las recomendaciones en los días escolares con clase de educación física y en los días de fin de semana para los escolares que cumplieron las recomendaciones en los días escolares sin clase de educación física. Se crearon modelos separados para niños y para niñas, así como para aquellos con y sin obesidad central. Además, se hicieron ajustes basados en el nivel educativo de los tutores legales (es decir, con o sin estudios universitarios) y en la titularidad del colegio (es decir, público o privado).

En el *Artículo 3* [3] se calculó la proporción de escolares que cumplían la recomendación de la OMS de “incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana”. Se utilizó la prueba de chi-cuadrado para evaluar si había diferencias entre categorías.

Para todos los análisis, se estableció un nivel de significación de  $p < 0,05$ . El análisis estadístico se realizó utilizando IBM® SPSS® Statistics versión 25 para macOS (IBM Software Group, Chicago, IL), excepto para la regresión logística condicional utilizada en el *Artículo 1* [1], que se realizó usando R (<http://cran.r-project.org>).

---

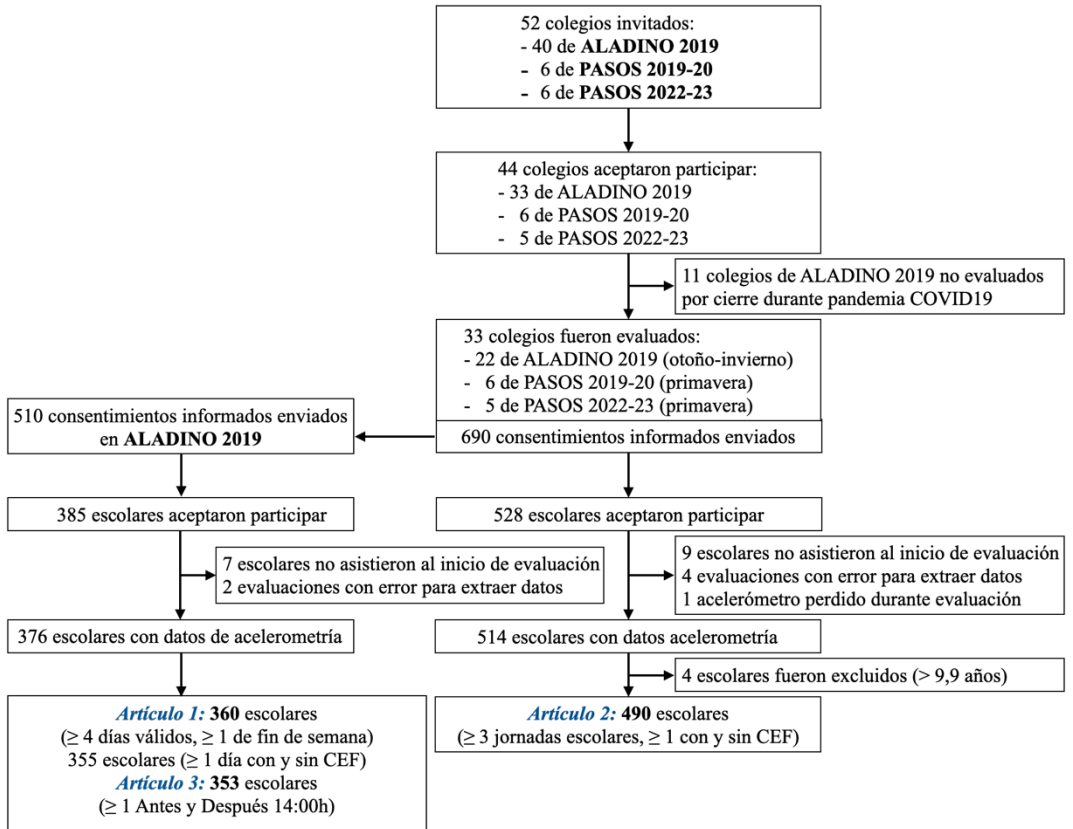
# RESULTADOS



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Resultados generales

En la [Figura 12](#) se muestra el diagrama de flujo de la muestra de los tres artículos que conforman la presente tesis doctoral. Participaron 33 de los 44 colegios que habían aceptado participar (22 del Estudio ALADINO 2019, 6 del Estudio PASOS 2019-20 y 5 del Estudio PASOS 2022-23). Los otros 11 colegios que habían aceptado participar y que no participaron fue como consecuencia del cierre de estos durante la primavera de 2020 debido a la pandemia de COVID-19.



**Figura 12**

Diagrama de flujo de los participantes del estudio de la actividad física habitual mediante acelerometría en niños de 8-9 años, incluidos en los análisis de los tres artículos publicados.

De la muestra derivada del Estudio ALADINO 2019, 376 participantes disponían de datos de acelerometría, de los cuales, 360 escolares disponían de al menos cuatro días semanales válidos (con al menos dos días escolares y uno de fin de semana). De estos, 355 escolares disponían, además, de al menos un día escolar con y otro sin clase de educación física. Y de ellos, 353 disponían, además, de un segmento de *Antes* y otro de *Después de las 14:00 horas* en todos los tipos de día estudiados. Del total de los participantes (es decir, los del Estudio ALADINO 2019, PASOS 2019-20 y PASOS 2022-23 en conjunto), 490 disponían de al menos tres jornadas

escolares válidas, de las cuales al menos una era con y otra sin clase de educación física.

## **Resumen de los resultados principales**

La *Recomendación sobre VPA* media diaria, específica para la metodología aplicada en la presente tesis doctoral, consistió en realizar al menos 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria (RecVPA). Los participantes realizaron más VPA media diaria en los días con clase de educación física (día escolar con clase (media minutos; DE): 22,0; 12,8; día escolar sin clase: 14,4; 10,2; fin de semana: 11,0; 9,6;  $p < 0,001$ ), siendo más probable cumplir la RecVPA en días con clase de educación física que en días escolares sin clase de educación física (OR; IC 95%: 5,47; 4,09; 7,32) y, a su vez, fue menos probable cumplirla en el fin de semana.

En el análisis de las clases de educación física se observó que de las 2,1 (DE 0,9) clases de educación física en las que participaron los escolares analizados en promedio, el 68,5 % fueron clasificadas como CEF-SA. En las CEF-SA se acumuló una proporción de VPA promedio de 16,3 % (DE 7,4) en los niños y de 12,0 % (DE 6,0) en las niñas. En base a estos valores, se propuso un método para identificar VIAs mediante acelerometría (VPA-Bout), que consistió en la identificación de un *bout* de al menos 60 minutos con al menos 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas de VPA (10,0 y 7,5 minutos/hora de VPA, respectivamente).

Esto permitió conocer el porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*, que fue de 23,8 %. Se observó una mayor acumulación de VIAs en las mañanas escolares con clase de educación física (*Antes de las 14:00 horas*; con vs sin clase de educación física: 28,6 % vs 2,1 %;  $p < 0,001$ ). En las tardes de días escolares (tiempo extraescolar), se identificó mayor proporción de VIAs entre los participantes que realizaban al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas (al menos tres horas/semana vs menos de tres horas/semana: 27,5 %; vs 9,3 %;  $p < 0,001$ ).

En el tiempo extraescolar, se calculó la duración media diaria de los VPA-Bouts y de las actividades físico-deportivas organizadas declaradas por los tutores legales, siendo de 17,2 (DE 25,6) minutos y de 20,8 (DE 18,5) minutos, respectivamente. En los niños fue de 23,9 (DE 31,2) y 21,3 (DE 19,8) minutos, respectivamente, mientras que en las niñas fue de 11,0 (DE 16,9) y 20,2 (DE 17,4) minutos, respectivamente.

## Artículo 1

De los 40 colegios de educación primaria invitados a participar a través del Estudio ALADINO 2019, 33 colegios aceptaron participar. De éstos, se evaluaron 22 grupos de escolares de 3º de educación primaria (uno por colegio) entre octubre de 2019 y marzo de 2020. A partir del 15 de marzo de 2020 los colegios de educación primaria cerraron debido al inicio de la pandemia de COVID-19. Por lo tanto, 11 colegios no fueron evaluados debido a la pandemia (Figura 12).

En los 22 colegios participantes, se distribuyeron 510 consentimientos informados (es decir, un promedio de 23,2 escolares por aula). De estos, 401 consentimientos fueron correctamente llenados y devueltos (78,6 %). Entre esos, 385 escolares aceptaron participar (75,5 % del total invitado).

Siete de los escolares con consentimiento en el que se aceptaba la participación, no asistieron al colegio en el primer día de evaluación de acelerometría y no pudieron ser evaluados. En dos evaluaciones, los datos registrados en el acelerómetro no pudieron ser recuperados. No se excluyó a ningún participante por tener más de 9 años o por tener limitaciones para la práctica de actividad física durante la evaluación. Por lo tanto, la muestra con datos derivados de las evaluaciones de acelerometría consistió en 376 escolares (97,7 % del total que aceptaron), de los cuales 360 escolares disponían al menos de cuatro días válidos, incluyendo al menos dos días escolares y un día de fin de semana.

En la [Tabla 4](#), se describen las estadísticas de los tipos de día analizados.

Tipo de día	Participantes	Mínimo	Máximo	Días totales	Media	DE
<b>Todos los días</b>	360	4	11	2782	7,7	1,4
<b>Día semanal</b>	360	4	9	2502	7,0	1,1
<b>Día escolar</b>	360	2	5	1652	4,6	0,6
<b>Día escolar con CEF</b>	357	1	3	689	1,9	0,7
<b>Día escolar sin CEF</b>	358	1	4	964	2,7	0,7
<b>Día fin de semana</b>	360	1	4	850	2,4	0,8
<b>Día festivo</b>	126	1	2	229	1,8	0,4
<b>Absentismo escolar</b>	42	1	3	50	1,2	0,6

DE, desviación estándar, CEF, clase de educación física.

**Tabla 4**

Estadísticas descriptivas de los tipos de día analizados en el [Artículo 1](#).

En la [Tabla 5](#), se presentan estadísticas descriptivas para el conjunto de participantes y para niños y niñas por separado. Incluye el promedio semanal de actividad física en diferentes intensidades, así como el estado ponderal de los escolares basado en los criterios de la OMS y la IOTF. También se muestra la proporción de participantes con obesidad central. Los tiempos promedio diarios para la VPA, MPA y MVPA fueron significativamente más altos en los niños que en las niñas, mientras que la LPA fue más alta en las niñas. Además, los participantes con obesidad central participaron

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

en un tiempo promedio diario de 77,2 minutos (DE 27,4) de MVPA y 12,8 minutos (DE 8,3) de VPA, significativamente menor que aquellos sin obesidad central, que promediaron 88,6 minutos (DE 28,9) de MVPA y 16,2 minutos (DE 9,0) de VPA.

**Tabla 5**

Estadísticas descriptivas de los participantes analizados en el *Artículo 1*.

	Todos		Niños		Niñas		p							
	n = 360		n = 176		n = 184									
<b>Edad (años)</b>	8,5	0,4	8,5	0,4	8,6	0,4	0,410							
<b>Cintura (cm)</b>	61,4	8,9	62,3	9,4	60,7	8,3	0,093							
<b>Peso (kg)</b>	32,2	8,5	32,8	8,7	31,7	8,4	0,181							
<b>Talla (cm)</b>	131,4	6,3	132,0	6,3	130,9	6,3	0,109							
<b>WHtR</b>	0,47	0,06	0,47	0,06	0,46	0,05	0,250							
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	18,4	3,7	18,6	3,7	18,3	3,6	0,337							
<b>Wear time (horas/día)</b>	24,0	0,3	23,9	0,3	24,0	0,4	0,102							
<b>PA día semanal (min/día)</b>	<b>Media, DE</b>													
LPA								218,2	33,4	212,5	33,3	223,6	32,7	<b>0,001</b>
MPA								70,6	21,5	76,8	23,0	64,7	18,0	<b>&lt;0,001</b>
VPA								15,6	9,2	19,9	10,5	11,4	5,1	<b>&lt;0,001</b>
LMVPA								304,7	52,4	309,7	55,4	299,9	49,0	0,075
MVPA								86,5	29,1	97,2	31,7	76,3	21,9	<b>&lt;0,001</b>
<b>Obesidad central</b>								84	25,8	44	28,2	40	23,5	0,335
<b>Estado ponderal (OMS)</b>	<b>n, %</b>													
Normo peso								160	49,1	71	45,5	89	52,4	0,349
Sobrepeso								79	24,2	38	24,4	41	24,1	
Obesidad	87	26,7	47	30,1	40	23,5								
<b>Estado ponderal (IOTF)</b>	<b>n, %</b>													
Normo peso								192	58,9	90	57,7	102	60,0	0,868
Sobrepeso								77	23,6	37	23,7	40	23,5	
Obesidad	57	17,5	29	18,6	28	16,5								
<b>Nivel educativo parental</b>	<b>n, %</b>													
No universitario								182	55,5	87	55,4	95	55,6	0,979
Universitario	146	44,5	70	44,6	76	44,4								
<b>Titularidad del colegio</b>	<b>n, %</b>													
Público								265	73,6	128	72,7	137	74,5	0,710
Privado	95	26,4	48	27,3	47	25,5								

n, número de participantes; DE, desviación estándar; p, valor p para la diferencia entre niños y niñas (prueba U de Mann-Whitney, prueba t de Student o prueba chi-cuadrado); WHtR, ratio cintura/talla; IMC, índice masa corporal; Wear time, tiempo con el acelerómetro puesto; PA, actividad física; L, ligera; M, moderada; V, vigorosa; OMS, Organización Mundial de la Salud; IOTF, *International Obesity Task Force*.

Además, se encontró que el nivel educativo máximo de los padres se relacionó con el estado de obesidad central (con obesidad central; sin estudios universitarios: 35,0 %; con estudios universitarios: 14,1 %;  $p < 0,001$ ). Sin embargo, la titularidad del colegio no mostró una relación significativa

con la obesidad central (con obesidad central; colegio público: 26,0 %; colegio privado: 25,3 %;  $p=0,899$ ).

El umbral para el tiempo promedio diario de MVPA por debajo del cual se asocia con la obesidad fue de 75 minutos (76,4 en niños y 73,8 en niñas). El umbral para el tiempo promedio diario de VPA que se asocia con la obesidad varió significativamente por sexo, por lo que se utilizaron ambos valores calculados, 12,5 minutos en niños y 9,7 (redondeado a 9,5) minutos en niñas (Tabla 6). Estos valores se emplearon como recomendaciones del tiempo promedio diario de MVPA (RecMVPA) y de VPA (RecVPA) para la prevención de la obesidad.

**Tabla 6**

Resultados de los análisis de curvas ROC para las asociaciones entre la actividad física moderada-vigorosa, la actividad física vigorosa y la obesidad central en 324 niños de 8-9 años.

	n	AUC	IC 95%		p	Índice Youden	Umbral (min/día)	Sensibilidad	Especificidad
			menor	mayor					
<b>MVPA</b>									
Niños	156	0,64	0,54	0,74	<b>0,008</b>	0,231	76,4	77%	46%
Niñas	168	0,64	0,55	0,74	<b>0,006</b>	0,307	73,8	59%	71%
<b>VPA</b>									
Niños	156	0,68	0,58	0,78	<b>&lt;0,001</b>	0,298	12,5	83%	47%
Niñas	168	0,64	0,54	0,74	<b>0,007</b>	0,283	9,7	65%	63%

MVPA, actividad física moderada-vigorosa; VPA, actividad física vigorosa; n, número de participantes; AUC, área bajo la curva; IC, intervalo de confianza; p, valor p para el AUC (análisis de curvas ROC); min, minutos.

En la Tabla 7, se muestran los porcentajes de cumplimiento de las recomendaciones analizadas, según el sexo y el estado de obesidad central. El cumplimiento con la *Recomendación OMS sobre MVPA* (RecMVPA-WHO, al menos 60 minutos de MVPA media diaria), de la *Recomendación sobre MVPA* (RecMVPA, al menos 75 minutos de MVPA media diaria) y de la *Recomendación sobre VPA* (RecVPA, al menos 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria) se asociaron estadísticamente de manera significativa con el estado de obesidad central. Sin embargo, la recomendación de realizar al menos 15 minutos de VPA media diaria no se asoció significativamente con la obesidad central en las niñas, sólo en los niños.

En el número total de participantes con datos de WHtR e IMC ( $n=326$ ), se observó una correlación negativa entre el cumplimiento de las recomendaciones y la obesidad central o el exceso de peso (es decir, sobrepeso y obesidad). Específicamente, se observaron los siguientes resultados para la fuerza de la asociación con la obesidad central (RecMVPA-WHO (coeficiente Phi; valor p):  $-0,181$ ;  $p=0,001$ ; RecMVPA:  $-0,213$ ;  $p<0,001$ ; RecVPA-15:  $-0,111$ ;  $p=0,045$ ; RecVPA:  $-0,247$ ;  $p<0,001$ ) y con el exceso de peso (RecMVPA-WHO (coeficiente de contingencia de Cramer; valor p):  $0,142$ ;  $p=0,036$ ; RecMVPA:  $0,141$ ;  $p=0,037$ ; RecVPA-15:  $0,109$ ;  $p=0,142$ ; RecVPA:  $0,174$ ;  $p=0,006$ ).

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

	Todos (n=360)			Niños (n=176)			Niñas (n=184)			p†
	n*	%	p*	n*	%	p*	n*	%	p*	
<b>RecMVPA-WHO</b>	290	80,6		153	86,9		137	74,5		<b>0,003</b>
Con obesidad central	56	66,7	<b>0,001</b>	32	72,7	<b>0,006</b>	24	60,0	<b>0,027</b>	
Sin obesidad central	202	83,5		101	90,2		101	77,7		
<b>RecMVPA</b>	229	63,6		137	77,8		92	50,0		<b>&lt;0,001</b>
Con obesidad central	37	44,0	<b>&lt;0,001</b>	26	59,1	<b>0,003</b>	11	27,5	<b>0,002</b>	
Sin obesidad central	164	67,8		92	82,1		72	55,4		
<b>RecVPA-15</b>	151	41,9		113	64,2		38	20,7		<b>&lt;0,001</b>
Con obesidad central	27	32,1	<b>0,045</b>	21	47,7	<b>0,004</b>	6	15,0	0,420	
Sin obesidad central	108	44,6		81	72,3		27	20,8		
<b>RecVPA</b>	240	66,7		131	74,4		109	59,2		<b>0,002</b>
Con obesidad central	39	46,4	<b>&lt;0,001</b>	24	54,4	<b>&lt;0,001</b>	15	37,5	<b>0,002</b>	
Sin obesidad central	177	73,1		92	82,1		85	65,4		

MVPA, actividad física moderada-vigorosa; VPA, actividad física vigorosa; n, número total de participantes; n\*, número de participantes que cumplen la recomendación; p†, valor p para la diferencia entre niños y niñas (prueba chi-cuadrado); p\*, valor p para la diferencia entre escolares con y sin obesidad central (prueba chi-cuadrado); RecMVPA-WHO, MVPA (media)  $\geq$  60 min/día; RecMVPA, MVPA (media)  $\geq$  75 min/día; RecVPA-15, VPA (media)  $\geq$  15 min/día; RecVPA, VPA (media)  $\geq$  12,5 min/día en niños y  $\geq$  9,5 min/día en niñas.

**Tabla 7**

Porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física moderada-vigorosa y actividad física vigorosa según sexo y obesidad central.

No se encontraron diferencias significativas al comparar el promedio diario de MVPA y VPA entre los escolares clasificados con obesidad central y aquellos clasificados con obesidad. Como se puede observar en la [Tabla 8](#), se encontraron diferencias significativas en la realización de MVPA y VPA entre los escolares clasificados con y sin obesidad central en todos los tipos de día. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la realización de MVPA en ningún tipo de día al comparar las tres categorías de estado de peso basadas en el IMC (es decir, normo peso, sobrepeso y obesidad). Se encontraron diferencias en la realización de VPA basadas en el estado ponderal en los días escolares con clase de educación física ( $p=0,037$ ) y sin clase de educación física ( $p=0,043$ ), mientras que no se encontraron en los fines de semana ( $p=0,373$ ).

En la [Tabla 9](#), se muestra la proporción de escolares que cumplieron con las recomendaciones sobre actividad física media diaria analizadas en diferentes tipos de día, por sexo y por estado de obesidad central. No se muestra el cumplimiento de la recomendación sobre realizar al menos 15 minutos de VPA media diaria, al no estar asociada en el día medio semanal con la obesidad en las niñas. El porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación sobre MVPA* y la *Recomendación sobre VPA* (es decir, al menos 75 minutos de MVPA, y 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria) se asoció estadísticamente de manera significativa con la obesidad central en los tres tipos de días evaluados en el total de la muestra.

		Día con CEF (1)			Día sin CEF (2)			Fin de semana (3)			p†				
		n	Media	DE	p*	Media	DE	p*	Media	DE	p*	1-2	1-3	2-3	
VPA	Todos	355	22,0	12,8		14,4	10,2		11,0	9,6		<0,001	<0,001	<0,001	
	Niños	171	28,0	14,3	<0,001	18,8	12,0	<0,001	14,3	11,7	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
	Niñas	184	16,4	7,9		10,4	6,0		8,0	5,6		<0,001	<0,001	<0,001	
	Todos	SObC	241	23,2	13,2	<0,001	15,1	10,2	0,001	11,2	8,7	0,006	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	81	17,5	10,4		11,5	8,6		9,3	9,2		<0,001	<0,001	0,001
	Niños	SObC	111	30,5	14,3	<0,001	20,1	11,6	<0,001	14,5	10,3	0,048	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	41	20,8	11,9		14,3	10,4		12,0	11,2		<0,001	<0,001	0,017
	Niñas	SObC	130	17,1	8,3	0,016	10,9	6,3	0,049	8,3	5,6	0,025	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	40	14,1	7,4		8,7	4,8		6,6	5,6		<0,001	<0,001	0,024
MVPA	Todos	355	104,3	36,3		81,7	31,3		76,0	36,4		<0,001	<0,001	<0,001	
	Niños	171	118,1	38,4	<0,001	91,6	35,0	<0,001	85,8	41,8	<0,001	<0,001	<0,001	0,035	
	Niñas	184	91,5	28,8		72,6	24,1		66,9	27,7		<0,001	<0,001	0,002	
	Todos	SObC	241	107,8	37,9	<0,001	83,7	31,1	0,002	77,7	34,4	0,003	<0,001	<0,001	0,005
		CObC	81	91,6	30,9		72,6	30,3		66,7	34,8		<0,001	<0,001	0,022
	Niños	SObC	111	125,2	39,2	<0,001	94,9	33,9	0,005	87,1	37,8	0,108	<0,001	<0,001	0,063
		CObC	41	98,7	33,0		79,1	36,4		76,9	42,2		<0,001	0,001	0,309
	Niñas	SObC	130	93,0	29,7	0,034	74,2	25,1	0,052	69,7	29,0	0,005	<0,001	<0,001	0,029
		CObC	40	84,3	27,1		66,0	21,1		56,2	21,1		<0,001	<0,001	0,030

CEF, clase de educación física; n, número de participantes; DE, desviación estándar; PA, actividad física; M, moderada; V, vigorosa; SObC, sin obesidad central; CObC, con obesidad central; p\*, valor p para la diferencia entre categorías (prueba U de Mann-Whitney); p†, valor p para la diferencia entre (1) días escolares con CEF, (2) días escolares sin CEF y (3) días de fin de semana, en cada categoría (prueba de rangos con signo de Wilcoxon).

En la Figura 13, se muestran las OR para el cumplimiento de las recomendaciones en el día escolar con clase de educación física y en el día de fin de semana para aquellos participantes que las cumplieron en el día escolar sin clase de educación física, segmentados por sexo y obesidad central. En el total de participantes, hubo una mayor probabilidad de cumplir las recomendaciones en el día escolar con clase de educación física entre aquellos que ya las cumplían en el día escolar sin clase de educación física (RecMVPA-WHO (OR; IC 95%): 6,05; 4,26; 8,58; RecMVPA: 4,31; 3,23; 5,75; RecVPA: 5,47; 4,09; 7.32). Sin embargo, era menos probable que, los escolares que cumplían las recomendaciones en el día escolar sin clase de educación física, las cumplieran en el día de fin de semana (RecMVPA-WHO (OR; IC 95%): 0,50; 0,39; 0,64; RecMVPA: 0,63; 0,50; 0,80; RecVPA: 0,39; 0,31; 0,49).

### Tabla 8

Minutos de actividad física media diaria durante los días escolares con clase de educación física, los días escolares sin clase de educación física y los días de fin de semana.

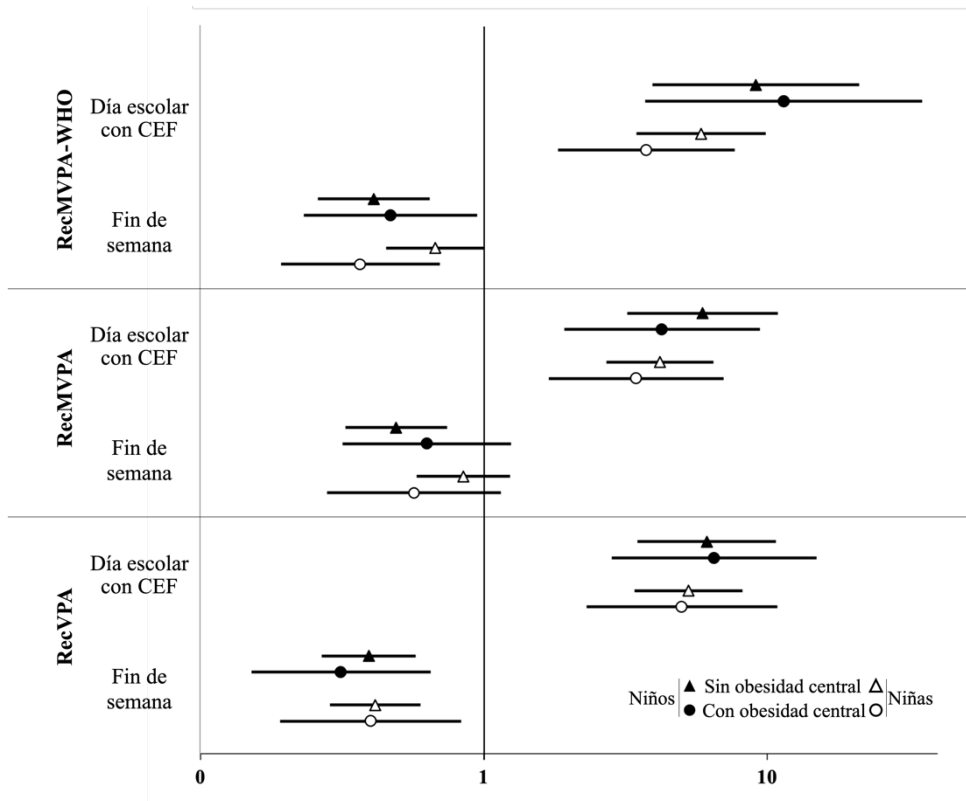
**Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física**

		Día con CEF (1)			Día sin CEF (2)			Fin de semana (3)			p†			
		n	%	p*	n	%	p*	n	%	p*	1-2	1-3	2-3	
<b>RecMVPA-WHO</b>	<b>Todos</b>	327/355	92,1		266/355	74,9		223/355	62,8		<0,001	<0,001	<0,001	
	Niños	165/171	96,5	<b>0,003</b>	143/171	83,6	<0,001	118/171	69,0	<b>0,020</b>	<0,001	<0,001	<0,001	
	Niñas	162/184	88,0		123/184	66,9		105/184	57,1		<0,001	<0,001	<b>0,013</b>	
	Todos	SObC	223/241	92,5	0,306	188/241	78,0	<b>0,002</b>	158/241	65,6	<b>0,017</b>	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	72/81	88,9		49/81	66,5		41/81	50,6		<0,001	<0,001	0,134
	Niños	SObC	106/111	95,5	0,562	97/111	87,4	<b>0,006</b>	81/111	73,0	0,087	<b>0,004</b>	<0,001	<b>0,005</b>
		CObC	40/41	97,6		28/41	68,3		24/41	58,5		<0,001	<0,001	0,289
	Niñas	SObC	117/130	90,0	0,093	91/130	70,0	<b>0,041</b>	77/130	59,2	0,063	<0,001	<0,001	<b>0,020</b>
		CObC	32/40	80,0		21/40	52,5		17/40	42,5		<b>0,019</b>	<b>0,001</b>	0,424
<b>RecMVPA</b>	<b>Todos</b>	282/355	79,4		191/355	53,8		164/355	46,2		<0,001	<0,001	<b>0,012</b>	
	Niños	147/171	86,0	<b>0,003</b>	118/171	69,0	<0,001	95/171	55,6	<b>0,001</b>	<0,001	<0,001	<b>0,002</b>	
	Niñas	135/184	73,4		73/184	39,7		69/184	37,5		<0,001	<0,001	0,683	
	Todos	SObC	198/241	82,2	<b>0,007</b>	138/241	57,3	<b>0,003</b>	121/241	50,2	<b>0,002</b>	<0,001	<0,001	0,068
		CObC	55/81	67,9		31/81	38,3		25/81	30,9		<0,001	<0,001	0,180
	Niños	SObC	98/111	88,3	0,053	83/111	74,8	<b>0,002</b>	64/111	57,7	0,214	<0,001	<0,001	<b>0,002</b>
		CObC	31/41	75,6		20/41	48,8		19/41	46,3		<b>0,007</b>	<b>0,008</b>	>0,999
	Niñas	SObC	100/130	76,9	<b>0,035</b>	55/130	42,3	0,093	57/130	43,8	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>	<0,001	0,878
		CObC	24/40	60,0		11/40	27,5		6/40	15,0		<b>0,001</b>	<0,001	0,125
<b>RecVPA</b>	<b>Todos</b>	308/355	86,8		205/355	57,8		138/355	38,9		<0,001	<0,001	<0,001	
	Niños	153/171	89,5	0,146	117/171	68,4	<0,001	74/171	43,3	0,101	<0,001	<0,001	<0,001	
	Niñas	155/184	84,2		88/184	47,8		64/184	34,8		<0,001	<0,001	<b>0,004</b>	
	Todos	SObC	212/241	88,0	<b>0,046</b>	149/241	61,0	<b>0,002</b>	100/241	41,5	<b>0,012</b>	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	64/81	79,0		34/81	42,0		21/81	25,9		<0,001	<0,001	<b>0,011</b>
	Niños	SObC	101/111	91,0	0,075	83/111	74,8	<b>0,002</b>	51/111	45,9	0,192	<0,001	<0,001	<0,001
		CObC	33/41	80,5		20/41	48,8		14/41	34,1		<0,001	<0,001	0,109
	Niñas	SObC	111/130	85,4	0,240	66/130	50,8	0,081	49/130	37,7	<b>0,017</b>	<0,001	<0,001	<b>0,021</b>
		CObC	31/40	77,5		14/40	35,0		7/40	17,5		<0,001	<0,001	0,092

CEF, clase de educación física; n, número de participantes que cumplen / total participantes en la categoría; DE, desviación estándar; PA, actividad física; M, moderada; V, vigorosa; p\*, valor p para la diferencia entre categorías (prueba chi-cuadrado); p†, valor p para la diferencia entre (1) días escolares con CEF, (2) días escolares sin CEF y (3) días de fin de semana, en cada categoría (prueba de McNemar); RecMVPA-WHO, MVPA (media) ≥ 60 min/día; RecMVPA, MVPA (media) ≥ 75 min/día; RecVPA, VPA (media) ≥ 12,5 min/día en niños y ≥ 9,5 min/día en niñas; SObC, sin obesidad central; CObC, con obesidad central.

**Tabla 9**

Proporción de escolares que cumplen con las recomendaciones sobre actividad física media diaria en los días escolares con clase de educación física, días escolares sin clase de educación física y días de fin de semana.



**Figura 13**

Odds ratio e intervalo de confianza al 95% para cumplir las recomendaciones en días escolares con CEF y en días de fin de semana para los escolares que cumplían las recomendaciones en días escolares sin CEF (grupo de referencia).

CEF, clase de educación física; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; VPA, actividad física vigorosa; RecMVPA-WHO, MVPA (media)  $\geq 60$  min/día; RecMVPA, MVPA (media)  $\geq 75$  min/día; RecVPA, VPA (media)  $\geq 12,5$  min/día en niños y  $\geq 9,5$  min/día en niñas.

## Artículo 2

De los 690 consentimientos informados entregados, 528 escolares disponían de autorización para participar, de los cuales, 490 fueron incluidos en el análisis (Figura 12).

En el análisis mediante curvas ROC de la proporción de VPA y de MVPA de las clases de educación física relacionada con el estado ponderal (normo peso vs sobrepeso-obesidad), se obtuvo un AUC de 0,59 (IC 95 %: 0,53; 0,64) para la proporción de VPA en las clases de educación física y de 0,55 (IC 95 %: 0,50; 0,61) para la proporción de MVPA. Los umbrales resultantes fueron 13,9 % (redondeado a 14 %) para la proporción de VPA en las clases de educación física y 32,5 % para la proporción de MVPA. Estos umbrales fueron utilizados para clasificar las clases de educación física grupales en: CEF-SA (es decir, clases de educación física saludablemente activas, que superaban de media alguno de estos dos umbrales), y CEF-MA (es decir, clases de educación física menos activas, que no superaban ninguno de estos dos umbrales).

En la **Tabla 10** se muestran las estadísticas descriptivas de los participantes incluidos en el análisis. El mínimo de clases de educación física realizadas por cada escolar fue de uno y el máximo fue de cinco, con una participación promedio por participante en 2,1 clases de educación física (DE 0,9), de las cuales, el 72,8 % fueron CEF-SA.

**Tabla 10**

Estadísticas descriptivas de los participantes incluidos en el *Artículo 2*.

	Total			Niños			Niñas			p
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	
<b>Edad (años)</b>	490	8,7	0,4	247	8,7	0,4	243	8,7	0,4	0,563
<b>Peso (kg)</b>	456	32,6	8,6	227	33,1	8,5	229	32,2	8,6	0,131
<b>Talla (cm)</b>	456	132,2	6,4	227	132,8	6,4	229	131,6	6,4	0,060
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	456	18,5	3,7	227	18,6	3,6	229	18,4	3,7	0,295
<b>CEF (n)</b>	490	2,1	0,9	247	2,0	0,8	243	2,1	0,9	0,395
<b>CEF-SA (n)</b>	490	1,5	0,9	247	1,4	0,9	243	1,5	0,9	0,513
		<b>n</b>	<b>%</b>		<b>n</b>	<b>%</b>		<b>n</b>	<b>%</b>	
<b>Estado ponderal</b>										
Sobrepeso/Obesidad		226/456	49,6		120/227	52,9		106/229	46,3	0,160
<b>Estación climática</b>										
Invierno		187/490	38,2		90/247	36,5		97/243	39,9	0,448
Primavera		125/490	25,5		69/247	27,9		56/243	23,1	
Otoño		178/490	36,3		88/247	35,6		90/243	37,0	
<b>Nivel educación parental</b>										
Universitaria		149/334	44,6		72/160	45,0		77/174	44,3	0,891
<b>Titularidad del colegio</b>										
Público		391/490	79,8		196/247	79,4		195/243	80,2	0,805

CEF, clase de educación física; -SA, saludablemente activa; n, número de participantes o de CEF; DE, desviación estándar; p, valor p para la diferencia entre niños y niñas (prueba U de Mann-Whitney o prueba chi-cuadrado); kg, kilogramos; cm, centímetros; IMC, índice de masa corporal; m, metros.

En la **Tabla 11** se muestra la proporción media de VPA, MVPA y SED realizada por los participantes durante las clases de educación física en las que participaron. En promedio, los participantes acumularon 12,3 % de VPA, 38,4 % de MVPA y 29,4 % de SED durante sus clases de educación física. Los escolares más activos (es decir, el tercio más activo y menos inactivo) realizaron al menos 14,4 % de VPA, 43,5 % de MVPA y 23,7 % de SED. Los niños más activos realizaron al menos 16,1 % de VPA y 45,4 % de MVPA, mientras que las niñas más activas realizaron al menos 12,8 % de VPA y 39,8 % de MVPA.

**Tabla 11**

Proporción (%) media de actividad física y percentil 66,7 y 33,3 realizada por escolares de 8-9 años durante las clases de educación física.

	n	VPA				MVPA				SED			
		P67	Media	DE	p	P67	Media	DE	p	P33	Media	DE	p
<b>Todos</b>	490	14,4	12,3	6,2		43,5	38,4	11,5		23,7	29,4	11,0	
Niños	247	16,1	13,7	6,6	<0,001	45,4	40,8	11,8	<0,001	22,1	27,5	10,7	<0,001
Niñas	243	12,8	10,8	5,4		39,8	35,9	10,7		25,8	31,3	11,0	
<b>Todos</b>													
NP	230	15,5	13,2	6,4	0,002	44,2	39,5	11,2	0,067	23,9	29,0	10,9	0,641
Sp/Ob	226	13,2	11,5	5,8		43,0	37,6	11,4		23,4	29,4	10,8	
<b>Niños</b>													
NP	107	17,3	15,0	6,5	0,013	47,7	42,1	11,5	0,207	22,2	27,1	11,0	0,655
Sp/Ob	120	15,2	12,9	6,3		45,1	40,2	11,5		21,8	27,3	10,0	
<b>Niñas</b>													
NP	123	14,4	11,7	5,9	0,017	40,7	37,3	10,4	0,060	25,1	30,6	10,6	0,531
Sp/Ob	106	11,4	9,9	4,7		38,4	34,6	10,6		26,0	31,8	11,1	

VPA, actividad física vigorosa; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; SED, comportamiento sedentario; n, número de participantes; P67, percentil 66,7; P33, percentil 33,3; DE, desviación estándar; p, valor p para la diferencia entre categorías (Prueba U de Mann-Whitney); NP, normo peso; Sp/Ob, sobrepeso/obesidad.

Los escolares con evaluaciones válidas participaron en un total de 73 clases de educación física grupales válidas (en promedio, 2,2 clases de educación física por cada grupo de participantes y 13,9 alumnos participantes en cada clase grupal), 50 de las cuales (68,5 %) fueron clasificadas como CEF-SA (1,5 CEF-SA por cada grupo y 14,4 alumnos participantes en cada CEF-SA). En cuanto al total de clases de educación física individuales válidas, los participantes acumularon 1.017.

En la **Tabla 12** se puede observar la proporción media de VPA y MVPA realizada en el total de clases de educación física, en las CEF-SA y en las CEF-MA. En promedio, los niños y las niñas acumularon 16,3 % (DE 7,4) y 12,0 % (DE 6,0) de VPA, respectivamente, durante las CEF-SA. La duración promedio de las clases de educación física fue de 54,2 (DE 11,3) minutos. Estos valores fueron empleados para definir la proporción de VPA y la duración del *bout* para identificar mediante acelerometría las VIAs.

Se estableció que se realiza una sesión de VIAs cuando se acumula al menos 10,0 y 7,5 minutos de VPA durante al menos una hora en niños y en niñas, respectivamente. Es decir, 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas de VPA en un *bout* de al menos 60 minutos.

**Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física**

	Todos				Niños				Niñas				
	n	Media	DE	p*	n	Media	DE	p*	n	Media	DE	p*	p†
<b>VPA (%)</b>													
Total CEF	1017	11,9	7,2		503	13,6	7,9		514	10,2	6,0		<0,001
CEF-MA	296	6,4	3,8	<0,001	143	6,8	4,1	<0,001	153	6,0	3,4	<0,001	0,114
CEF-SA	721	14,2	7,1		360	16,3	7,5		361	12,0	6,0		<0,001
<b>MVPA (%)</b>													
Total CEF	1017	38,4	13,3		503	41,0	14,1		514	35,7	11,8		<0,001
CEF-MA	296	28,0	9,9	<0,001	143	28,1	10,6	<0,001	153	28,0	9,3	<0,001	0,768
CEF-SA	721	42,6	12,1		360	46,2	11,9		361	39,0	11,3		<0,001

VPA, actividad física vigorosa; MVPA, actividad física moderada-vigorosa; CEF, clases de educación física; -SA, saludablemente activa; -MA, menos activa; n, número de CEF individuales; DE, desviación estándar; p\*, valor p para la diferencia entre CEF-SA y CEF-MA (Prueba U de Mann-Whitney); p†, valor p para la diferencia entre niños y niñas (Prueba U de Mann-Whitney).

**Tabla 12**

Proporción de actividad física realizada por escolares en el total de clases de educación física (CEF), en las clasificadas como CEF saludablemente activas y en las clasificadas como CEF menos activas.

### Artículo 3

De los 40 colegios invitados a participar como muestra principal en la presente tesis doctoral (es decir, la derivada del Estudio ALADINO 2019), 33 colegios aceptaron participar. Se evaluaron 22 grupos de escolares de 3º de educación primaria entre octubre de 2019 y marzo de 2020. Los 11 grupos de escolares restantes no fueron evaluados debido al cierre de los colegios causado por la pandemia de COVID-19. Se entregaron 510 consentimientos informados en los 22 colegios evaluados (un promedio de 23,2 escolares por aula). Se devolvieron correctamente cumplimentados 401 (78,6 %), de los cuales, 385 escolares aceptaron participar (75,5 % del total invitado). Siete de los niños autorizados para participar no asistieron a clase el día de inicio de la evaluación de acelerometría y no pudieron ser evaluados, y en dos evaluaciones, los datos registrados en el acelerómetro no pudieron ser extraídos. Ningún participante fue excluido por tener más de 9 años o tener limitaciones para la práctica de actividad física durante la evaluación. Por lo tanto, la muestra que tenía datos derivados de la evaluación de acelerometría fue de 376 escolares (73,7 % del total de invitados), de los cuales, 353 participantes disponían al menos de cuatro días válidos, con al menos un día escolar con clase de educación física, un día escolar sin clase de educación física, y un día de fin de semana, así como, al menos de un segmento *Antes de las 14:00 horas* y otro *Después de las 14:00 horas* para cada uno de los tipos de día analizados (Figura 12).

La Tabla 13 muestra los resultados descriptivos de los tipos de día, así como de los segmentos *Antes* y *Después de las 14:00 horas* para la muestra analizada.

**Tabla 13**

Estadísticas descriptivas de los tipos de día y segmentos diarios analizados en el Artículo 3.

Tipo de día/segmento	Participantes	Mínimo	Máximo	Días totales	Media	DE
<b>Día semanal</b>	353	4	9	2469	7,0	1,1
Antes 14:00h	353	4	9	2483	7,0	1,1
Después 14:00h	353	4	9	2464	7,0	1,1
<b>Día escolar</b>	353	2	5	1632	4,6	0,6
Antes 14:00h	353	2	5	1645	4,7	0,5
Después 14:00h	353	2	5	1629	4,6	0,6
<b>Día escolar con CEF</b>	353	1	3	681	1,9	0,7
Antes 14:00h	353	1	3	684	1,9	0,7
Después 14:00h	353	1	3	690	2,0	0,7
<b>Día escolar sin CEF</b>	353	1	4	952	2,7	0,7
Antes 14:00h	353	1	4	962	2,7	0,7
Después 14:00h	353	1	4	952	2,7	0,7
<b>Día fin de semana</b>	353	1	4	837	2,4	0,8
Antes 14:00h	353	1	4	838	2,4	0,8
Después 14:00h	353	1	4	835	2,4	0,8
<b>Día festivo</b>	125	1	2	229	1,8	0,4
<b>Absentismo escolar</b>	50	1	4	59	1,2	0,6

DE, desviación estándar; CEF, clase de educación física.

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

La **Tabla 14** muestra los resultados descriptivos en el total de participantes, y por sexo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre niños y niñas en los datos antropométricos o en la prevalencia de sobrepeso y obesidad.

**Tabla 14**

Estadísticas descriptivas de los participantes analizados en el *Artículo 3*.

	Todos			Niños			Niñas			p
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	
<b>Edad (años)</b>	353	8,5	0,4	170	8,5	0,4	183	8,6	0,4	0,446
<b>Peso (kg)</b>	320	32,1	8,5	151	32,6	8,7	169	31,6	8,4	0,229
<b>Talla (cm)</b>	320	131,4	6,4	151	132,0	6,4	169	130,9	6,3	0,129
<b>IMC (kg/m<sup>2</sup>)</b>	320	18,4	3,6	151	18,5	3,7	169	18,3	3,6	0,419
	n	%		n	%		n	%		p
<b>Estado ponderal</b>										
Normo peso	159	49,7		70	46,4		89	52,7		0,413
Sobrepeso	78	24,4		37	24,5		41	24,2		
Obesidad	83	25,9		44	29,1		39	23,1		

n, número de participantes; DE, desviación estándar; p, valor p para las diferencias entre niños y niñas (prueba U de Mann-Whitney o prueba chi-cuadrado); kg, kilogramos; cm, centímetros; m, metros; IMC, índice de masa corporal.

La **Tabla 15** muestra la duración promedio del día, el tiempo de vigilia, y el segmento *Antes y Después de las 14:00 horas*, así como la actividad física realizada a diferentes intensidades (incluyendo la VPA realizada dentro de los VPA-Bouts) en el día promedio semanal. También muestra la duración promedio diaria de los VPA-Bouts en el día semanal y en el tiempo extraescolar, así como la duración promedio declarada de las actividades físico-deportivas extraescolares organizadas. Los tiempos promedio diarios de realización de VPA en VPA-Bouts, VPA, MVPA y MPA fueron significativamente más altos en los niños que en las niñas. El tiempo promedio diario de realización de LPA fue significativamente más alto en las niñas que en los niños. En el tiempo fuera de la escuela, se identificaron VPA-Bouts con una duración promedio diaria de 17,2 minutos (DE 25,6), y la duración promedio diaria de las actividades físico-deportivas extraescolares declaradas por cuestionario fue de 20,8 minutos (DE 18,5).

La **Tabla 16** muestra el porcentaje promedio de diferentes tipos de día y segmentos diarios donde se identificó al menos un VPA-Bout. Los resultados se muestran para todos los participantes, así como segmentados por sexo. Los participantes realizaron en promedio al menos un VPA-Bout en el 23,8 % (DE 23,1) de los días. El promedio de mañanas con clase de educación física que disponían de un VPA-Bout fue del 28,6 % (DE 36,0), mientras que en las mañanas sin clase de educación física fue del 2,1% (DE 9,6). En el tiempo extraescolar, no se encontraron diferencias significativas entre el segmento de tiempo de *Después de las 14:00 horas* con y sin clase

de educación física (18,9 % vs 17,6 %;  $p=0,417$ ), mientras que sí hubo diferencias entre las tardes de los días escolares y los días completos de fin de semana (17,8 % vs 13,4 %;  $p=0,004$ ). El día escolar con clase de educación física fue el único tipo de día donde se observó una mayor proporción de VPA-Bout en las mañanas en comparación con las tardes (28,6 % vs 18,9 %;  $p<0,001$ ).

**Tabla 15**

Duración media del día y de los segmentos diarios, y actividad física media semanal, por sexo.

	Todos			Niños			Niñas			p
	n	Media	DE	n	Media	DE	n	Media	DE	
<b>Tiempo con acelerómetro (h)</b>										
Día completo	353	24,0	0,3	170	23,9	0,3	183	24,0	0,4	0,089
Tiempo de vigilia	353	14,7	0,5	170	14,7	0,6	183	14,6	0,5	0,340
Antes de las 14:00h	353	5,7	0,5	170	5,7	0,5	183	5,7	0,5	0,846
Después de las 14:00h	353	8,9	0,7	170	9,0	0,7	183	8,9	0,7	0,266
<b>PA media diaria (min/día)</b>										
VPA en VPA-Bouts	353	4,7	6,4	170	7,0	7,9	183	2,7	3,5	<0,001
VPA	353	15,5	9,2	170	20,0	10,5	183	11,4	5,1	<0,001
MPA	353	70,6	21,3	170	76,8	22,9	183	64,9	17,9	<0,001
LPA	353	218,3	33,4	170	212,4	33,3	183	223,8	32,7	0,001
MVPA	353	86,5	28,9	170	97,3	31,6	183	76,4	21,8	<0,001
LMVPA	353	304,8	52,2	170	309,7	55,3	183	300,3	48,9	0,139
<b>VPA-Bouts (min/día)</b>										
Día completo	353	23,8	23,1	170	29,9	25,5	183	18,2	19,0	<0,001
Tiempo extraescolar	353	17,2	25,6	170	23,9	31,2	183	11,0	16,9	<0,001
<b>OSA auto-declarada (min/día)</b>										
	n	%		n	%		n	%		p
<b>OSA auto-declarada</b>										
0 h/semana	102	31,9		51	33,8		51	30,2		0,221
1-2 h/semana	64	20,0		24	15,9		40	23,7		
≥ 3 h/semana	154	48,1		76	50,3		78	46,1		

n, número de participantes; DE, desviación estándar; p, valor p para la diferencia entre niños y niñas (prueba U de Mann-Whitney, prueba t de Student o prueba chi-cuadrado); h, hora; min, minutos; OSA, actividades físico-deportivas extraescolares organizadas; VPA-Bouts, bouts de  $\geq 60$  min con  $\geq 16,7$  % en niños o 12,5% en niñas de VPA; PA, actividad física; V, vigorosa; M, moderada; L, ligera.

La Tabla 17 muestra el porcentaje promedio de días y segmentos diarios con VPA-Bout en niños y en niñas según su participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas. En los niños, se observaron diferencias significativas en todos los segmentos del tiempo fuera de la escuela entre aquellos que declararon realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas y aquellos que declararon realizar menos de tres horas semanales ( $\geq 3$  vs  $< 3$  horas/semana; tarde en día escolar con clase de educación física: 43,4 % vs 8,2 %;  $p<0,001$ ; tarde en día escolar sin clase de educación física: 30,8 % vs 15,2 %;  $p=0,001$ ; día de fin de semana: 26,0 % vs 9,0 %;  $p<0,001$ ). En las niñas no se observaron diferencias en los días de fin de semana ( $\geq 3$  vs  $< 3$  horas/semana; tarde en día escolar con clase de educación física: 18,8 % vs

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

8,2 %;  $p=0,006$ ; tarde en día escolar sin clase de educación física: 20,2 % vs 6,7 %;  $p<0,001$ ; día de fin de semana: 8,0 % vs 8,3 %,  $p=0,917$ ). Por lo tanto, en el total de participantes, se observó una mayor proporción de tardes de días escolares con VPA-Bouts entre aquellos estudiantes que declararon realizar al menos tres horas de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas ( $\geq 3$  vs  $< 3$  horas/semana: 27,5 % vs 9,3 %;  $p<0,001$ ). Sin embargo, en la proporción de mañanas de días escolares con VPA-Bouts, no se observaron diferencias significativas según la duración semanal declarada de actividades físico-deportivas extraescolares ( $\geq 3$  vs  $< 3$  horas/semana: 14,0 % vs 12,7 %;  $p=0,477$ ).

**Tabla 16**

Porcentaje medio de días y segmentos diarios con bouts de actividades vigorosas en diferentes tipos de días, por sexo.

Tipo de día/Segmento	Todos (n=353)			Niños (n=170)			Niñas (n=183)			p†
	%	DE	p*	%	DE	p*	%	DE	p*	
<b>Semanal</b>	23,8	23,1		29,9	25,5		18,2	19,0		<0,001
Antes 14:00h	10,7	12,9	<0,001	13,0	13,7	<0,001	8,5	11,8	0,106	0,001
Después 14:00h	15,8	20,2		21,0	23,6		11,1	15,1		<0,001
<b>Escolar con CEF</b>	40,8	40,8		48,9	41,3		33,3	38,9		<0,001
Antes 14:00h (1)	28,6	36,0	<0,001	33,0	36,7	0,072	24,4	34,8	<0,001	0,017
Después 14:00h (2)	18,9	31,9		25,7	37,6		12,6	23,9		0,002
<b>Escolar sin CEF</b>	19,3	30,1		24,9	32,4		14,0	26,7		<0,001
Antes 14:00h (3)	2,1	9,6	<0,001	3,6	12,4	<0,001	0,7	5,7	<0,001	0,004
Después 14:00h (4)	17,6	28,8		22,5	31,5		13,0	25,3		0,001
<b>Escolar</b>	28,0	27,2		34,5	28,8		21,9	24,2		<0,001
Antes 14:00h	13,1	16,4	0,001	15,6	17,1	0,001	10,7	15,4	0,405	0,005
Después 14:00h (5)	17,8	24,2		23,4	27,7		12,7	19,1		<0,001
<b>Fin de semana (6)</b>	13,4	25,3		18,2	29,1		8,9	20,3		0,001
Antes 14:00h	4,6	14,8	<0,001	6,3	17,6	<0,001	3,1	11,4	<0,001	0,046
Después 14:00h	10,8	23,1		15,0	27,1		7,0	17,9		0,002
<b>Diferencias emparejadas</b>										
(1) - (3)	26,5	35,8	<0,001	29,5	36,8	<0,001	23,7	34,8	<0,001	
(2) - (4)	1,3	34,0	0,417	3,2	37,7	0,162	-0,5	30,2	0,939	
(5) - (6)	4,5	28,0	0,004	5,1	30,9	0,026	3,8	25,1	0,056	

CEF, clase de educación física; n, número de participantes; DE, desviación estándar; p\*, valor p para la diferencia entre *Antes* y *Después de las 14:00 horas*, entre *Antes de las 14:00 horas* en días escolares con CEF (1) y sin CEF (3), entre *Después de las 14:00 horas* en días escolares con CEF (2) y sin CEF (4), y entre *Después de las 14:00 horas* en días escolares (5) y el fin de semana (6) (prueba de rangos con signo de Wilcoxon); p†, valor p para las diferencias entre niños y niñas (prueba U de Mann-Whitney).

La **Tabla 18** muestra el porcentaje de cumplimiento con la recomendación de la OMS sobre “incorporar VIAs al menos tres días a la semana” evaluada mediante acelerometría. El 23,8 % de los participantes acumuló al menos un VPA-Bout en al menos tres de siete días semanales. Los estudiantes que declararon realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas en comparación con aquellos que declararon realizar menos de tres horas semanales, mostraron una proporción significativamente mayor de cumplimiento con la *Recomendación OMS sobre VIAs* ( $\geq 3$  vs  $< 3$  horas/semana: 35,1 % vs 12,7 %;  $p<0,001$ ).

		<3h/sem OSA			≥3h/sem OSA			p†
		n= Niños 75; Niñas 91		Niños 76; Niñas 78		p*		
Tipo de día/Segmento		%	DE	p*	%		DE	p*
Niños	<b>Escolar con CEF</b>							
	Antes 14:00h (1)	32,4	35,9	<0,001	33,6	37,3	0,163	0,847
	Después 14:00h (2)	8,2	24,6		43,4	39,9		<0,001
	<b>Escolar sin CEF</b>							
	Antes 14:00h (3)	2,0	10,2	0,001	5,3	14,7	<0,001	0,080
	Después 14:00h (4)	15,2	28,1		30,8	33,7		0,001
	<b>Fin de semana</b>							
	Día completo (5)	9,0	20,0		26,0	32,8		<0,001
	<b>Diferencias emparejadas</b>							
	(1) - (3)	30,4	36,7	<0,001	28,3	37,8	<0,001	
(2) - (4)	-7,0	24,2	0,008	12,6	44,2	0,015		
(2) - (5)	-0,8	28,1	0,652	17,4	46,4	0,002		
(4) - (5)	6,2	29,5	0,104	4,8	37,9	0,215		
Niñas	<b>Escolar con CEF</b>							
	Antes 14:00h (1)	29,1	38,0	<0,001	21,6	32,4	0,610	0,223
	Después 14:00h (2)	8,2	19,3		18,8	28,3		0,006
	<b>Escolar sin CEF</b>							
	Antes 14:00h (3)	0,4	3,5	0,003	1,3	8,0	<0,001	0,465
	Después 14:00h (4)	6,7	19,3		20,2	28,6		<0,001
	<b>Fin de semana</b>							
	Día completo (5)	8,0	19,3		8,3	20,4		0,917
	<b>Diferencias emparejadas</b>							
	(1) - (3)	28,8	37,4	<0,001	20,3	32,9	<0,001	
(2) - (4)	1,6	22,3	0,473	-1,4	37,1	0,870		
(2) - (5)	0,3	22,1	0,918	10,5	33,2	0,016		
(4) - (5)	-1,3	24,2	0,557	11,9	35,7	0,014		

n, número de participantes; h, hora; sem, semana; OSA, actividades físico-deportivas extra-escolares organizadas; CEF, clase de educación física; DE, desviación estándar; p\*, valor p para las diferencias entre los segmentos *Antes* y *Después de las 14:00h*, entre *Antes de las 14:00h* en días escolares con CEF (1) y sin CEF (3), entre *Después de las 14:00h* en días escolares con CEF (2) y sin CEF (4), entre *Después de las 14:00h* en días escolares con CEF (2) y el día completo de fin de semana (5), entre *Después de las 14:00h* en días escolares sin CEF (4) y el día completo de fin de semana (5) (prueba de rangos con signo de Wilcoxon); p†, valor p para las diferencias entre escolares con menos de tres horas semanales y con al menos tres horas semanales de OSA (prueba U de Mann-Whitney).

**Tabla 17**

Porcentaje medio de días y segmentos diarios con *bouts* de actividades vigorosas en diferentes tipos de día, por sexo y por participación declarada en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.

## Identificación de actividades de intensidad vigorosa con acelerometría en la actividad física diaria infantil: asociación con las clases de educación física

	n	n*	%	p
<b>Todos</b>	353	84	23,8	
Niños	170	56	32,9	<0,001
Niñas	183	28	15,3	
<b>Todos</b>				
≥ 3 h/semana OSA	154	54	35,1	<0,001
< 3 h/semana OSA	166	21	12,7	
<b>Niños</b>				
≥ 3 h/semana OSA	76	37	48,7	<0,001
< 3 h/semana OSA	75	12	16,0	
<b>Niñas</b>				
≥ 3 h/semana OSA	78	17	21,8	0,032
< 3 h/semana OSA	91	9	9,9	

n, número de participantes totales; n\*, participantes que cumplen la recomendación; h, horas; OSA, actividades físico-deportivas extraescolares organizadas; p, valor p para las diferencias entre categorías (prueba chi-cuadrado).

**Tabla 18**

Porcentaje promedio de escolares de 8-9 años que cumplen con la recomendación de la OMS de incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días semanales, por sexo y por participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.

---

# DISCUSIÓN



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Hallazgos destacados

En la presente tesis doctoral destaca el papel de la VPA, evaluada mediante acelerometría, como una herramienta más sensible para identificar asociaciones entre la actividad física y la obesidad infantil. Por ello, se ha hecho especial énfasis en estudiar la recomendación de las *Directrices de la OMS* sobre “incorporar VIAs al menos tres días a la semana” [5]. Se presenta un nuevo método para identificar VIAs basado en la proporción media de VPA realizada en las clases de educación física saludablemente activas. Este método permite conocer el porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*, a través del procesamiento de datos de acelerometría. Del mismo modo, este método permite identificar la presencia de clases de educación física y actividades físico-deportivas extraescolares organizadas, suficientemente activas. La participación en las clases de educación física y en las actividades físico-deportivas organizadas fuera de la escuela contribuyó a la realización de VIAs y, por lo tanto, al cumplimiento de la recomendación de la OMS.

El uso de umbrales de actividad física, específicos a la metodología de estudio, para determinar el cumplimiento de las recomendaciones permite optimizar las posibilidades para promover un estilo de vida saludable y prevenir los riesgos asociados a la inactividad física, especialmente los umbrales basados en la VPA. De hecho, reemplazar o complementar la *Recomendación OMS sobre MVPA* media diaria con recomendaciones basadas en la VPA media diaria puede optimizar las medidas de actividad física y promoción de la salud.

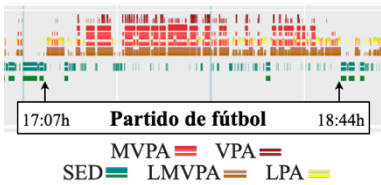
Por otro lado, también destacan las diferencias en la realización de actividad física y en el cumplimiento de las recomendaciones de actividad física entre los días escolares con clase de educación física y el resto de tipos de día analizados (días escolares sin clase de educación física y días de fin de semana). Estos hallazgos subrayan la relevancia de las clases de educación física y la importancia de la VPA en la promoción de niveles saludables de actividad física en la población infantil.

## Estudio de las VIAs mediante acelerometría

La OMS propone que los niños y adolescentes “incorporen VIAs al menos tres días a la semana”. Esta recomendación ya formaba parte de sus *Recomendaciones mundiales de actividad física para la salud* [15], publicadas en 2010, y se ha mantenido sin cambios sustanciales en sus actuales *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* [5], publicadas en 2020, a modo de actualización de las anteriores. Por lo tanto, desde hace más de una década existe la posibilidad de estudiar este tipo de patrones de actividad física saludable basados en la VPA. Sin embargo, no se proporciona una definición concreta de qué se consideran VIAs. Tampoco se establece una duración específica o un umbral mínimo de actividad

física a cierta intensidad para poder identificar y estudiar este tipo de actividades mediante métodos de evaluación objetivos [5,16].

Se podría entender que, si la OMS incorpora dos recomendaciones diferentes sobre actividad física en sus *Directrices* (es decir, la *Recomendación OMS sobre MVPA* y la *Recomendación OMS sobre VIAs*), es con la intención de promover diferentes patrones de actividad física relacionados con la salud. Las VIAs pueden incluir una cierta proporción de VPA, pero no necesariamente tienen que estar compuestas en su totalidad por VPA. De hecho, las sesiones de actividad física realizadas por niños y adolescentes con un componente significativo de intensidad vigorosa destacan por tener una proporción variable de actividad física en todos los niveles de intensidad, pero con una proporción de VPA mayor que otras actividades que no serían consideradas sesiones o actividades vigorosas. En la [Figura 14](#) se muestra un ejemplo real en el que uno de los participantes de la muestra de la presente tesis doctoral realizó una sesión de VIAs. Concretamente reportó haber participado en un partido de fútbol. Por lo tanto, las VIAs de la recomendación de la OMS y la VPA obtenida a través de métodos de evaluación objetiva no deberían tratarse como conceptos equivalentes.



**Figura 14**

Visualización de las intensidades de la actividad física realizada durante un partido de fútbol por un niño de 8-9 años.

SED, comportamiento sedentario; PA, actividad física; L, ligera, M, moderada; V, vigorosa.

Incluir diferentes patrones de actividad física en la actividad física habitual puede mejorar la salud cardiovascular en la población infantil [37,38,107,108]. Stone et al. [37] sugirieron que la inclusión de *bouts* de VPA en el patrón general de actividad física puede mejorar la salud cardiovascular en los niños. Sin embargo, estas autoras no estudiaron la diferencia entre la realización de la VPA repartida a lo largo del

día o concentrada en actividades específicas con cierta proporción de VPA. Otros estudios han puesto de manifiesto la relación entre diferentes patrones de actividad física y la salud cardiovascular en niños y adolescentes [38,107,108]. Por ejemplo, Chinapaw et al. [38] destacaron que distribuir la actividad física en *bouts* de al menos 10 minutos puede tener un impacto relevante en la reducción del riesgo cardiometabólico en niños. A pesar de ello, aún existe una falta de evidencia concluyente que defina cuál es el patrón de VPA óptimo en relación con las variables de salud.

Miguelés et al. [62] llevaron a cabo un estudio de intervención realizado en niños con sobrepeso u obesidad en la misma región (Andalucía, España) y en una población de edad similar a la del presente estudio. El grupo de intervención realizó entre tres y cinco sesiones de actividad física basadas en las *Directrices OMS sobre Actividad Física* [5], incluyendo VIAs, en las que mantuvieron una concentración de actividad física de alta intensidad medida con pulsómetro durante más del 40 % del tiempo de las sesiones de actividad física programada. Este enfoque logró reducir significativamente el riesgo cardiovascular de los participantes. Por lo tanto, replicar el patrón de VPA recomendado por la OMS a través de actividades con cierta concentración de VPA se relaciona con mejoras en la salud cardiovascular.

Por todo ello, en el *Artículo 2* [2] (*Anexo 2*) se propuso un nuevo método para operacionalizar la identificación de las VIAs evaluadas mediante acelerometría, el cual se denominó VPA-Bout. Se estableció que se había realizado una sesión de actividad con un componente vigoroso importante (es decir, un VPA-Bout) cuando se acumulaba una proporción mínima de VPA (16,7 % para niños y 12,5 % para niñas) en *bouts* de al menos 60 minutos. En otras palabras, se identificaron VIAs en evaluaciones de acelerometría cuando se acumulaba en una hora al menos 10,0 minutos de VPA en niños o 7,5 minutos de VPA en niñas. Estos umbrales representan la proporción mínima de VPA para sesiones de actividad física con un componente vigoroso importante.

Se seleccionaron los umbrales que representaban la proporción media de VPA en las clases de educación física saludablemente activas (CEF-SA). Además, estos umbrales fueron similares al percentil 66,7 de la VPA media realizada por los participantes en el total de clases de educación física (es decir, tanto en las CEF-SA como en las CEF-MA). Dicho de otro modo, el tercio de participantes más activos realizó en el total de clases de educación física, como mínimo, una proporción de VPA media similar a la que realizó el total de participantes en las CEF-SA. Estos resultados concuerdan con los observados por Huertas-Delgado et al. [109], que estudiaron la VPA acumulada en clases de educación física diseñadas para ser especialmente activas (es decir, Unidades Didácticas Activas) y obtuvieron una proporción media de VPA similar a la observada en las CEF-SA.

Este tipo de *bouts* de VPA (VPA-Bouts) no se han utilizado antes para conocer los patrones de actividad física ni el porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*. Aun así, se trata de un método fácil de programar a través de GGIR [78] o *accelerator* [96]. Además, este método no sólo está diseñado para discriminar actividades de 60 minutos, sino que también puede identificar actividades de menor o mayor duración, siempre que el volumen de VPA acumulado en los 60 minutos circundantes supere el umbral establecido. En definitiva, el método que se presenta permite operacionalizar las VIAs recomendadas en las *Directrices OMS* para niños y adolescentes, abriendo la posibilidad de estudiar mediante acelerometría la proporción de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs*.

## Identificación de VPA-Bouts

En el *Artículo 3* [3] (*Anexo 3*) se mostraron los diferentes tipos de día y segmentos diarios en los que se identificó al menos un VPA-Bout (es decir, un *bout* de al menos 60 minutos con un mínimo de 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas de VPA). Se observó una gran diferencia entre los días escolares con y sin clase de educación física durante las mañanas escolares (*Antes de las 14:00 horas*, con vs sin clase de educación física: 28,6 % vs 2,1 %;  $p < 0,001$ ). Esta diferencia se debe principalmente, si no

exclusivamente, a la presencia de clases de educación física en el tiempo escolar. Sin embargo, la contribución de las clases de educación física a los niveles de actividad física podría estar condicionada por la metodología utilizada por los profesores [109] o por el tipo de contenido impartido [110]. Aun así, las clases de educación física contribuyen a la realización de más actividad física en todas las intensidades, así como al cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* [1,2,39–43]. Además, como queda patente, también contribuyeron a la realización de VIAs y, por lo tanto, al cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre VIAs* [3].

No se observaron diferencias significativas en la proporción de tardes escolares con VPA-Bouts entre los días con y sin clase de educación física (*Después de las 14:00 horas*; con vs sin clase de educación física: 18,9 % vs 17,6 %;  $p=0,417$ ), mientras que durante el fin de semana sí se observó una menor proporción de días con VPA-Bouts (*Después de las 14:00 horas* en días escolares vs día completo de fin de semana: 17,8 %; vs 13,4 %;  $p=0,004$ ). La distribución de actividades físico-deportivas extraescolares realizadas durante los días escolares parece ser uniforme, mientras que, durante el fin de semana parece haber una menor proporción de este tipo de actividades.

### VPA-Bouts y actividades físico-deportivas extraescolares

Otro resultado notable que se muestra en el *Artículo 3* [3] fue la similitud hallada en el tiempo extraescolar entre la duración diaria promedio de actividades físico-deportivas organizadas, declaradas por los tutores legales de los participantes, y la duración diaria promedio de los VPA-Bouts, obtenida mediante acelerometría (tiempo extraescolar; actividades físico-deportivas declaradas: 20,8 minutos diarios; VPA-Bouts: 17,2 minutos diarios). Sin embargo, al observar los resultados segmentados por sexo, destaca la diferencia encontrada en las niñas (niñas; tiempo extraescolar; actividades físico-deportivas declaradas: 20,2 minutos diarios; VPA-Bouts: 11,0 minutos diarios). Parece que parte de las actividades físico-deportivas extraescolares en las que participaron las niñas no alcanzó los niveles de intensidad mínimos para identificar la realización de VIAs a través de la acelerometría. De hecho, otros estudios muestran que las niñas tienden a preferir deportes individuales con connotaciones artísticas, mientras que los niños suelen participar en actividades de mayor intensidad como deportes de contacto en equipo [54,55]. Esto resalta la importancia de estudiar las VIAs a través de métodos objetivos de evaluación de la actividad física, especialmente en las niñas.

Al segmentar a los participantes entre aquellos que declararon realizar menos de tres o al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas, se observó que participar en más horas de actividades extraescolares no influía significativamente en la identificación de VPA-Bouts durante las mañanas escolares, mientras que sí lo hacía en

el tiempo fuera de la escuela. Al segmentar por sexo, en los niños se encontraron diferencias significativas en la identificación de VPA-Bouts en todos los segmentos de tiempo extraescolar (es decir, *Después de las 14:00 horas* en días escolares con y sin clase de educación física, y en días completos de fin de semana) entre aquellos que declararon realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares y aquellos que declararon menos de tres horas semanales. Sin embargo, en las niñas no se encontraron diferencias en los fines de semana según su participación en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas. Estos resultados están en línea con las preferencias de participación en actividades físico-deportivas de niños y de niñas [54,55]. Los deportes de contacto en equipo, que son más preferidos por los niños, suelen tener sus períodos de competición durante el fin de semana.

En las niñas, fue especialmente relevante conocer los resultados segmentados en días escolares con y sin clase de educación física, y días de fin de semana, ya que ni en el día promedio semanal ni en el día promedio escolar se observaron diferencias entre la proporción de segmentos de *Antes y Después de las 14:00 horas* con VPA-Bouts (*Antes vs Después*, día semanal: 8,5 % vs 12,1 %;  $p=0,106$ ; día escolar: 10,7 % vs 12,7 %;  $p=0,405$ ). Esto resalta el impacto del día escolar con clase de educación física en la realización de actividad física a lo largo de la semana [39,41], especialmente en las niñas. Parece que las niñas dependen más que los niños de las actividades físicas organizadas y obligatorias (es decir, clases de educación física) para realizar VIAs, ya que en las actividades físico-deportivas extraescolares organizadas parecen preferir aquellas con un componente de intensidad menor [54,55].

## Cumplimiento de Recomendación OMS sobre VIAs

En el *Artículo 3* [3] se presentó el porcentaje de cumplimiento de la recomendación para niños y adolescentes, que forma parte de las *Directrices de la OMS* sobre “incorporar VIAs al menos tres días a la semana”. El 23,8 % de los escolares evaluados cumplieron con esta recomendación (es decir, la *Recomendación OMS sobre VIAs*). Del mismo modo, en el *Artículo 1* [1] (*Anexo 1*) se presentó el porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA*. En este caso, el 80,6 % de los participantes cumplió con la *Recomendación OMS sobre MVPA*.

El cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* muestra una gran variabilidad entre diferentes estudios, que puede explicarse por la verdadera variabilidad entre las poblaciones, así como por el uso de diferentes metodologías [28]. Sin embargo, las diferencias encontradas entre el cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA (Artículo 1)* y *sobre VIAs (Artículo 3)* se observaron bajo las mismas condiciones metodológicas y en la misma muestra [1,3]. Por tanto, esta diferencia se debe principalmente a que los métodos para operacionalizar las recomendaciones de

la OMS sobre actividad física, utilizados en los artículos que conforman la presente tesis doctoral, evalúan patrones de actividad física diferentes entre sí. Por un lado, se evalúa la actividad física media diaria y, por el otro, se evalúa la actividad física concentrada en actividades o sesiones de actividad física con un componente vigoroso importante.

Gammon et al. [31] propusieron un enfoque para operacionalizar las recomendaciones de la OMS en el que combinaban el cumplimiento de la recomendación de realizar de media al menos 60 minutos de MVPA diaria con la recomendación de realizar un mínimo de 15 minutos de VPA diaria durante al menos tres días a la semana. Sin embargo, este intento de operacionalizar la *Recomendación OMS sobre VIAs* no evalúa el patrón de actividad física que requiere concentrar la VPA en una sesión de actividad física. De hecho, el porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* y el porcentaje de cumplimiento de la combinación de la *Recomendación OMS sobre MVPA* con realizar al menos 15 minutos de VPA en tres días a la semana, hallado por estos autores, fue muy similar (es decir, 29,9 % vs 23,7 %, respectivamente).

La realización de VPA distribuida a lo largo del día es beneficiosa para la salud, y su evaluación puede ser incluso más interesante que la evaluación de la MVPA media diaria [1,30–36]. Sin embargo, la VPA media diaria representa un patrón de realización de actividad física diferente del que parece ser promovido por la *Recomendación OMS sobre VIAs* y, a su vez, similar a la realización de MVPA media diaria de la *Recomendación OMS sobre MVPA*. De hecho, la VPA media diaria ya está contenida en la MVPA media diaria, siendo esta última una combinación de la MPA y la VPA media diaria. Por ejemplo, correr durante dos o tres minutos para evitar llegar tarde a clase puede contribuir a la cantidad diaria de VPA y MVPA, pero esta actividad no sería suficiente para ser considerada como una sesión de actividad física. Participar en un partido de fútbol durante una hora sí podría representar un buen ejemplo de sesión de actividad física con un componente vigoroso importante. Por lo tanto, la evaluación de los patrones de VPA concentrada en sesiones de actividades es importante para el estudio y la diferenciación de las dos recomendaciones sobre actividad física publicadas en las *Directrices OMS sobre Actividad Física y Comportamiento Sedentario* [5].

### MVPA y VPA media diaria

El estudio de la actividad física media diaria, así como de recomendaciones basadas en ella (por ejemplo, la *Recomendación OMS sobre MVPA*), se llevó a cabo principalmente en el *Artículo 1* [1], integrado en la presente tesis doctoral.

Algunos estudios previos han informado de un bajo cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA*, tanto a través de cuestionarios [19,111] como de acelerometría [49]. Steene-Johannessen et al. [49] agregaron y

---

armonizaron datos de acelerometría de varios estudios realizados en países europeos (incluyendo España), acumulando una muestra de 47.497 participantes que cumplieron con los criterios de validez para incluir sus datos de acelerometría en el análisis. En este estudio, se informó un promedio de 49,5 minutos de MVPA media diaria en niños, con un porcentaje de cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* del 29 % (IC 95 %: 25; 33). El estudio integró investigaciones realizadas entre 1997 y 2014, algunas de las cuales utilizaron acelerómetros de un solo eje y resúmenes de datos en *epochs* de 60 segundos. Por lo tanto, la estandarización de datos requirió el uso de un solo eje y la reintegración de datos en *epochs* de 60 segundos. El impacto de estas limitaciones metodológicas en los resultados de la actividad física fue reconocido por los autores del estudio [49], y los bajos resultados de MVPA y cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* pueden atribuirse, al menos en parte, a decisiones metodológicas [25,112,113]. En los artículos que conforman la presente tesis doctoral se han empleado protocolos estandarizados y criterios de procesamiento de datos recomendados para la edad, la ubicación anatómica y el modelo de acelerómetro utilizado en la presente muestra [22,78], permitiendo comparaciones consistentes con otros estudios que utilizaron enfoques similares.

Otros estudios basados en acelerometría han documentado niveles de MVPA mayores, y consistentes con los resultados hallados en el *Artículo 1* [24,114–119]. Román-Viñas et al. [118], en una muestra internacional de 6.128 niños de 9-11 años, encontraron acumulaciones promedio de MVPA superiores a 60 minutos diarios en 6 de los 12 países incluidos (Australia (media minutos diarios; DE): 65,4; 23,1; Colombia: 68,2; 24,9; Finlandia: 70,1; 26,8; Kenia: 72,0; 31,3; Sudáfrica: 64,9; 25,5; Reino Unido: 63,8; 22,9). Camiletti-Moirón et al. [114], en una muestra de 1.445 niños y adolescentes españoles de entre 6,0 y 17,9 años, los participantes realizaron un promedio diario de 68,7 (DE 25,6) minutos de MVPA.

Ávila-García et al. [115] y Grao-Cruces et al. [119] llevaron a cabo dos estudios realizados en escolares residentes en la misma región (Andalucía, España) y con una edad similar (Ávila-García et al. (años; DE): 8,4; 0,3; Grao-Cruces et al.: 8,1; 1,5) a los participantes que conforman la muestra de la presente tesis doctoral. Ávila-García et al. [115], en una muestra de 459 escolares encontraron que los participantes realizaban un promedio de 105,7 minutos (DE 27,9) de MVPA diaria, mientras que, Grao-Cruces et al. [119] en una muestra de 924 escolares observaron un promedio diario de MVPA de 82,0 minutos (DE 24,0) en niños y 64,4 minutos (DE 21,1) en niñas. En el Estudio PASOS 2019-20 [117], se realizó una evaluación de acelerometría en 304 niños y adolescentes (aproximadamente el 10 % de una muestra representativa de 3.496 niños y adolescentes españoles), independiente a nuestra recogida de datos de acelerometría, informando de un promedio diario de MVPA evaluada mediante acelerometría de 95,2 minutos (DE 33,2). Watson et al. [116] utilizó el mismo modelo de acelerómetro que el usado en la presente tesis doctoral, en una muestra de 133

niños australianos de 9,4 años (DE 0,3), encontrando un promedio de 79,0 minutos (DE 28,0) de MVPA diaria durante el curso escolar. Baquet et al. [24] realizaron un estudio en 26 niños franceses de 10,0 años (DE 1,0) y encontraron que los participantes acumularon 86,2 minutos de MVPA media diaria. Estos resultados son alentadores, ya que mantener niveles elevados de actividad física conlleva beneficios para la salud [16,29].

### Tipos de día: importancia de la clase de educación física

En el *Artículo 1* [1] se observó que las discrepancias más notables en la cantidad de actividad física media diaria, realizada en todos los niveles de intensidad, se hallaron entre los días escolares con clase de educación física y los días de fin de semana. Específicamente, en promedio, los niños realizaron el doble de VPA y un 37,2 % más de MVPA media diaria en los días escolares con clase de educación física en comparación con los fines de semana. También se identificaron diferencias entre los días escolares con clase de educación física y aquellos sin clase de educación física (es decir, 52,0 % más VPA y 27,6 % más MVPA media diaria en los días escolares con clase de educación física). Además, el porcentaje de cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria fue mayor durante los días escolares con clase de educación física en comparación con otros tipos de día.

Estas diferencias se podrían explicar por la presencia de clases de educación física. Como se observó en el *Artículo 2* [2], los participantes promediaron 7,4 y 23,0 minutos por hora de VPA y MVPA, respectivamente, en su participación en las clases de educación física. Los escolares que cumplían con las recomendaciones en los días escolares sin clase de educación física tenían más probabilidad de cumplirlas en los días escolares con clase de educación física, sin diferencias significativas en función del sexo o del estado de obesidad central. Al comparar los días escolares sin clase de educación física con los fines de semana, también se encontraron diferencias significativas en la realización de VPA (30,8 % más) y MVPA (7,5 % más) media diaria, así como una mayor proporción de cumplimiento de las recomendaciones, en favor de los días escolares sin clase de educación física.

Investigaciones previas respaldan estas tendencias. Por ejemplo, Meyer et al. [39] o Mooses et al. [120] también informaron de un aumento significativo en la MVPA media diaria durante los días escolares con clase de educación física en comparación con los días escolares sin clase de educación física. Otro estudio realizado en adolescentes españoles, llevado a cabo por Mayorga-Vega et al. [64], encontró niveles más altos de MVPA media diaria y un mayor cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* durante los días escolares con clase de educación física en comparación con los días escolares sin clase de educación física o los días de fin de semana. Sin embargo, en contraste con nuestros resultados, este último

---

estudio no identificó diferencias significativas en el cumplimiento de la recomendación sobre MVPA entre los días sin clase de educación física y el fin de semana. Estas discrepancias podrían deberse al hecho de que investigaron la *Recomendación OMS sobre MVPA* de sus *Recomendaciones mundiales* publicadas en 2010 (es decir, al menos 60 minutos de MVPA diaria) [15], o que su muestra consistía en adolescentes en lugar de niños [28]. Nuestros resultados también contrastan con otro estudio realizado en la región de Madrid (España), que encontró niveles más altos de MVPA media diaria durante el fin de semana que durante los días escolares [121].

Otra posible explicación a las discrepancias halladas podría ser una participación desigual en actividades físico-deportivas extraescolares. El 68,1 % de la muestra principal, incluida en la presente tesis doctoral, declaró participar en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas [3]. La participación en este tipo de actividades no se estudió en los trabajos de Mayorga-Vega et al. [64] ni de Laguna et al. [121]. Pero cabe la posibilidad de que, en entornos más urbanos como Madrid, los escolares participen en mayor proporción en este tipo de actividades, así como en sus periodos competitivos asociados, que se suelen realizar durante el fin de semana. Por lo tanto, se hace patente la necesidad de conocer la participación en actividades extraescolares para evitar posibles sesgos a la hora de interpretar los resultados de actividad física media diaria.

A pesar de estas divergencias, la mayoría de la evidencia acumulada respalda los hallazgos del *Artículo 1* [1], indicando una mayor realización de actividad física y un mayor cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* durante los días escolares con clase de educación física en comparación con los días escolares sin clase de educación física y los días de fin de semana.

En el *Artículo 3* [3] no se observaron diferencias en la participación declarada en actividades físico-deportivas extraescolares entre niños y niñas. También se realizó un análisis para determinar si existían diferencias en la participación en función de la obesidad central, y se observó que tampoco había diferencias. Estos hallazgos sugieren que la participación declarada en actividades físico-deportivas extraescolares no está influenciada ni por el sexo ni por la obesidad central. Sin embargo, se sospecha que los escolares con obesidad central y las niñas podrían estar participando en actividades menos intensas o empleando menos intensidad en sus actividades, lo que podría explicar las diferencias observadas en los días con clase de educación física. Estos aspectos merecen ser investigados en futuros estudios con mayor profundidad para proporcionar una comprensión más completa de las relaciones entre la participación en actividades físico-deportivas fuera de la escuela, la actividad física habitual y la obesidad.

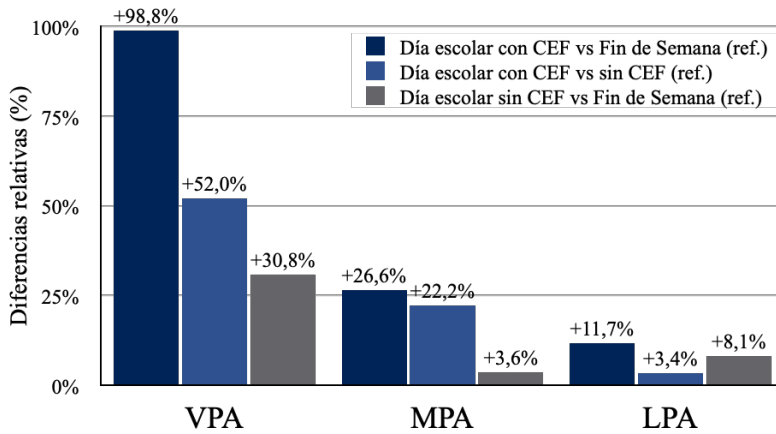
Calahorra-Cañada et al. [42] estudiaron la relación entre la actividad física en los días escolares con y sin clase de educación física y el estado de forma (evaluado como *fitness* cardiorrespiratorio) en niños españoles,

concluyendo que aumentar el número de días con clase de educación física podría elevar los niveles de cumplimiento de las recomendaciones, independientemente del estado de forma. Ikeda et al. [43] estudiaron la asociación entre los niveles de actividad física y el tiempo dedicado semanalmente a las clases de educación física, concluyendo que había una asociación positiva entre los escolares que disponían de al menos 60 minutos semanales de educación física con la cantidad media diaria de MVPA y VPA, en comparación con aquellos con menos de 60 minutos semanales de clases de educación física. Chen et al. [40] también ponen de manifiesto la importancia de las clases de educación física en la acumulación de MVPA diaria.

En contraste, otros estudios que examinaron el impacto de las intervenciones encaminadas a aumentar la cantidad e intensidad de la actividad física en las clases de educación física, concluyeron que las diferencias en la MVPA y la VPA, aunque significativas, no eran clínicamente relevantes [109,122]. Errisuriz et al. [122] llevaron a cabo una revisión sistemática en la que estudiaron el impacto de intervenciones para aumentar la cantidad de actividad física en las clases de educación física en escolares de 6-11 años. En general, la magnitud de la diferencia en la MVPA o la VPA entre los grupos de intervención y de control fueron mínimas, aunque consistentes. Huertas-Delgado et al. [109] estudiaron el impacto de una intervención para aumentar la actividad física en las clases de educación física, en una población con características muy similares a las de la muestra de la presente tesis doctoral, concluyendo también que las diferencias en la realización de MVPA y VPA, aunque eran significativas, no eran clínicamente relevantes. Por lo tanto, y en línea con nuestros resultados, aumentar la frecuencia semanal de días con clases de educación física parece ser una estrategia más rentable que intentar aumentar la cantidad de actividad física realizada durante cada clase de educación física para aumentar la cantidad diaria de MVPA y VPA, así como la probabilidad de cumplir con las recomendaciones de actividad física.

### VPA y actividad física a menor intensidad

Un hallazgo notable de los resultados de la presente tesis doctoral es que, a medida que aumenta la intensidad de la actividad física, también se amplían las diferencias relativas entre los días escolares con clase de educación física y el resto de los tipos de día analizados. Por ejemplo, durante los días escolares con clase de educación física, los participantes acumularon un 98,8 % más de VPA media diaria que en el fin de semana, mientras que la diferencia en la LPA fue de 11,7 % (Figura 15). Este hallazgo es particularmente relevante, ya que la actividad física de mayor intensidad ha mostrado consistentemente una asociación más fuerte con los indicadores de salud que la actividad física de menor intensidad [18,29,30].



**Figura 15**  
Diferencias relativas en la actividad física de intensidad vigorosa, moderada y ligera entre distintos tipos de día.  
CEF, clase de educación física; PA, actividad física; L, ligera, M, moderada; V, vigorosa; ref., tipo de día de referencia.

La realización de VPA y el cumplimiento las recomendaciones sobre actividad física, especialmente aquellas basadas en VPA, puede ser más efectivo para la prevención de la obesidad infantil que las estrategias basadas en actividad física de menor intensidad [32,33,63]. De hecho, se ha demostrado que la VPA estimula a las células madre para diferenciarse en células óseas y musculares en lugar de células grasas. En otras palabras, la energía y los nutrientes ingeridos tienden a dirigirse hacia el tejido magro en lugar del tejido graso. Por ello, la realización de VPA es un buen predictor de la adiposidad [51].

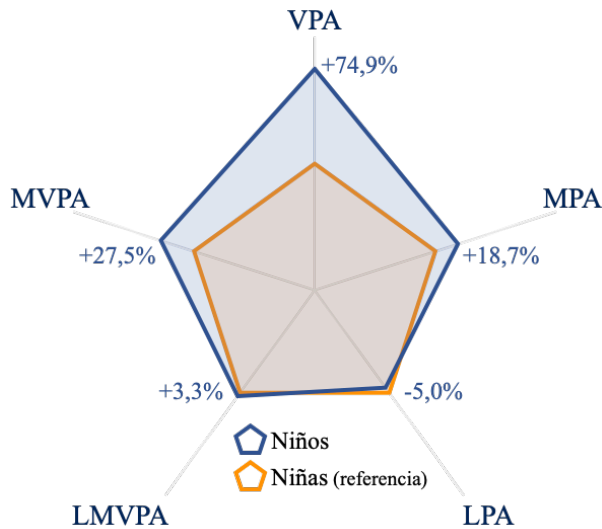
Algunos estudios han examinado la correlación entre volúmenes específicos de VPA y variables de salud. Schwarzfischer et al. [34] encontraron que de 15 a 20 minutos de VPA son comparables a 60 minutos de MVPA en la reducción del riesgo de sobrepeso, reforzando la recomendación de otros autores de realizar al menos 15 minutos de VPA diaria [30,34,35]. García-Hermoso et al. [33] y Gralla et al. [32] han sugerido una asociación sólida y favorable entre los escolares que realizan de media al menos 10 minutos de VPA diaria con la adiposidad, así como con el *fitness* cardiorespiratorio. En el *Artículo 1* [1], hemos encontrado que al menos 12,5 minutos en niños y 9,5 minutos en niñas de VPA media diaria estaban asociados con la ausencia de obesidad central. La relación positiva indicada por estos estudios entre ciertos niveles de VPA diaria con variables de salud, así como los resultados superiores de la VPA en comparación con la actividad física de menor intensidad, son factores relevantes para considerar en la optimización de futuras recomendaciones oficiales y programas de intervención en salud pública encaminados a evitar la inactividad física.

Una recomendación sobre VPA media diaria podría ser clínicamente más relevante que una recomendación sobre MVPA media diaria, ya que un programa de salud pública basado en cumplir con una recomendación de VPA diaria requiere menos inversión de tiempo, tanto para el niño o adolescente intervenido como para la entidad o profesional responsable de

su implementación. Por lo tanto, complementar o reemplazar las recomendaciones sobre MVPA con recomendaciones sobre VPA podría mejorar la efectividad de estas recomendaciones en la optimización de la salud de los niños y adolescentes [30–35].

### Diferencias por sexo o género

La mayor parte de la evidencia disponible, que estudia la actividad física habitual o el cumplimiento de las recomendaciones sobre actividad física segmentada por sexo o género, muestran diferencias significativas entre niños y niñas [30,34,35,50,51,123,124]. En línea con la evidencia previa, en el *Artículo 1* [1] se hallaron diferencias significativas entre los niños y las niñas en todos los tipos de días estudiados (es decir, días escolares con clase de educación física, días escolares sin clase de educación física y días de fin de semana), tanto en la realización de actividad física de todas las intensidades como en el cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA*. Solo en la realización de LPA, las niñas superaron a los niños. Además, se observó que a medida que aumenta la intensidad de la actividad física, también se ampliaban las diferencias relativas entre los sexos de manera estadísticamente significativa (niños vs. niñas; LPA: - 5,0 %; MPA: + 18,7 %; VPA: + 74,9 %) (Figura 16).



**Figura 16**

Diferencias relativas entre niños y niñas (grupo de referencia) en la actividad física realizada en el día medio semanal.

PA, actividad física; L, ligera, M, moderada; V, vigorosa.

Por ello, en el *Artículo 1* [1] se calcularon umbrales segmentados por sexo para la VPA y la MVPA media diaria, asociados con la obesidad central y específicos para la metodología y población de estudio de esta tesis doctoral. Para el umbral de MVPA media diaria, se encontró una diferencia mínima entre niños y niñas (es decir, el umbral de MVPA fue un 3,5 % más alto en los niños), por lo que se eligió un umbral común para ambos sexos de 75 minutos de MVPA media diaria. Se denominó *Recomendación sobre*

---

*MVPA* (RecMVPA) a la derivada de este umbral. Para el umbral de VPA media diaria, la diferencia entre sexos fue mayor (es decir, el umbral de VPA fue un 28,9 % más alto en los niños), por lo que se consideró apropiado elegir un umbral de VPA diferente para niños y para niñas (niños: 12,5; niñas: 9,5 minutos de VPA media diaria). A esta recomendación se denominó *Recomendación sobre VPA* (RecVPA).

Además de las *Recomendaciones sobre MVPA y sobre VPA*, en el *Artículo 1* [1] también se analizaron umbrales respaldados por evidencia previa que no distinguen entre sexos. Es decir, la *Recomendación OMS Sobre MVPA* (RecMVPA-WHO) de realizar al menos 60 minutos de MVPA media diaria [5] y otra recomendación (RecVPA-15) de realizar al menos 15 minutos de VPA media diaria [30,34,35]. La RecMVPA-WHO, RecMVPA y RecVPA mostraron una asociación inversa significativa con la obesidad central, tanto en el total de participantes como en los niños y las niñas por separado. Sin embargo, la RecVPA-15 no mostró asociación significativa en las niñas. Por esta razón, RecVPA-15 fue excluida en el análisis comparativo de las recomendaciones entre diferentes tipos de día. Parece que, cuanto mayor es la intensidad de la actividad física a la que se dirige una recomendación, mayor es la necesidad de considerar diferentes umbrales para niños y para niñas.

Otros autores ya habían planteado la posibilidad de promover recomendaciones de actividad física diferentes para niños y para niñas [32,34,50,51]. Laguna et al. [51] concluyeron que la *Recomendación OMS sobre MVPA* de 2010 [15] podría ser suficiente para las niñas a la hora de discriminar entre aquellas con peso normal y aquellas con sobrepeso u obesidad. Sin embargo, para los niños, esta recomendación era ligeramente inferior a la necesaria para discriminar entre aquellos con peso normal y aquellos con sobrepeso u obesidad. De manera similar, Schwarzfischer et al. [34] concluyeron que se necesitaban más minutos de VPA y MVPA en los niños que en las niñas para encontrar diferencias en el estado ponderal. Gralla et al. [32] y Katzmarzyk et al. [50] propusieron que entre 17-20 minutos de VPA diaria en los niños y entre 9-11 minutos de VPA diaria en las niñas mitigaba el riesgo de sobrepeso u obesidad. Además, Katzmarzyk et al. [50] sugirieron un umbral de MVPA diaria diferente para cada sexo (niños (minutos/día): 65 (IC 95 %: 55–75); niñas: 49 (IC 95 %: 43–62)).

Los umbrales propuestos en el *Artículo 1* [1] difieren de los propuestos por Katzmarzyk et al. [50], con valores más altos y similares para ambos sexos para la MVPA media diaria (es decir, 75 minutos vs 65 y 49 minutos de MVPA) y valores más bajos con diferencias menores entre niños y niñas para la VPA media diaria (es decir, 12,5 y 9,5 minutos vs 17-20 y 9-11 minutos de VPA). Estudiar la asociación entre la actividad física y la salud a través de la acelerometría mejora la precisión de las evaluaciones, destacando la necesidad de umbrales específicos para la metodología utilizada y la población objetivo. Además, considerando la abrumadora evidencia

que se va acumulando para las diferencias en la realización de actividad física entre niños y niñas, así como las correlaciones con las variables de salud encontradas por diversos autores, que han propuesto recomendaciones diferentes para niños y para niñas, parece apropiado estudiar las recomendaciones de actividad física con umbrales específicos para niños y para niñas, con un énfasis particular en los umbrales de actividad física a mayor intensidad (es decir, VPA).

En el *Artículo 2* [2] se propuso un método para identificar las VIAs basado en el desempeño de escolares en las clases de educación física más activas (VPA-Bouts), en el cual, la proporción de VPA necesaria para identificar un VPA-Bout fue menor en las niñas que en los niños (es decir, 12,5 % vs 16,7 % de VPA, respectivamente). En línea con nuestros resultados, Grao-Cruces et al. [119] observaron que los niños realizaron más VPA y MVPA en las clases de educación física que las niñas. Mooses et al. [41] y Meyer et al. [39] obtuvieron resultados similares en la MVPA durante las clases de educación física. En contraposición, Huertas-Delgado et al. [109] no hallaron diferencia entre niños y niñas en la proporción media de VPA realizada en las clases de educación física (niños (media minutos; DE): 17,2; 10,4; niñas: 15,4; 9,4;  $p=0,088$ ), mientras que sí la hallaron en la proporción de MVPA (niños: 36,1; 14,1; niñas: 32,9; 12,8;  $p=0,023$ ). Sin embargo, estos resultados pueden estar sesgados por la intervención realizada por el 42 % de la muestra con el objetivo de aumentar la actividad física realizada durante las clases de educación física. De hecho, la proporción de VPA y MVPA fue mayor en las clases de educación física intervenidas en comparación con las clases de educación física tradicionales (VPA: 18,2% vs 15,0%; MVPA: 36,6% vs 33,2%).

A pesar de que se usaron umbrales diferentes para niños y para niñas en la identificación de VPA-Bouts, en el *Artículo 3* [3] se observó que las participantes femeninas lograron una menor proporción de VPA-Bouts en todos los tipos de días en comparación con los participantes masculinos. Esto resultó en que las niñas que cumplían con la *Recomendación OMS sobre VIAs* fueron proporcionalmente la mitad que los niños (15,3 % vs 32,9 %). Estas diferencias se acentúan entre los niños y las niñas que informaron realizar al menos tres horas semanales de actividades físico-deportivas extraescolares organizadas [104]. Esta situación pone de manifiesto que los niños y las niñas parecen diferir, no solo en sus preferencias de participación en deportes y actividades [54,55], sino que también se observan en la realización de la actividad física habitual [1], así como en la participación en sesiones de actividad física con un componente vigoroso prominente [3,110].

Parece que los niños participan en sesiones de actividad física más intensas y con más frecuencia que las niñas [3]. Sin embargo, es posible que las niñas alcancen niveles de salud similares a los de los niños con menos volumen e intensidad de actividad física [32,34,50,51]. Por lo tanto, es

recomendable seguir investigando la relación entre los diferentes patrones de actividad física, la salud y el sexo o género.

## Sobrepeso-obesidad y obesidad central

En la muestra principal analizada en el *Artículo 1* [1] y que disponía de resultados antropométricos (n=326), se observó una prevalencia de sobrepeso-obesidad del 50,9 % en el total de escolares (niños: 54,1 %; niñas: 47,9 %; p=0,262), según los estándares de crecimiento de la OMS [100], con un IMC medio del 18,5 kg/m<sup>2</sup> (niños: 18,6 kg/m<sup>2</sup>; niñas: 18,3 kg/m<sup>2</sup>; p=0,482). *NCD Risk Factor Collaboration* publicó los datos de IMC de 24,1 millones de niños y adolescentes (5-17 años) recogidos en todo el mundo entre 1975 y 2016 [57]. A nivel mundial, el IMC medio en 2016 (estandarizado por edad) en chicos era 18,5 kg/m<sup>2</sup> y en chicas 18,6 kg/m<sup>2</sup>. En el Estudio ALADINO 2019 [58], realizado en una muestra representativa de escolares de 6 a 9 años de toda España, el IMC medio para los escolares de 8 y 9 años fue de 18,2 kg/m<sup>2</sup>, y la prevalencia de exceso de peso en los escolares de 8 y 9 años fue de 43,5 % (sobrepeso 24,2 %; obesidad 19,3 %). En los niños de 8 y 9 años, la prevalencia de sobrepeso fue 23,4 % y de obesidad 21,8 %, mientras que, en las niñas del mismo rango de edad, la prevalencia de sobrepeso fue 25,1 % y de obesidad fue 16,6 %. Por lo tanto, las prevalencias de sobrepeso-obesidad han resultado ser más elevadas en Andalucía que en el conjunto de España.

Del mismo modo, en el *Artículo 1* [1] se mostró la prevalencia de obesidad central (es decir, tener una ratio cintura/talla (WHtR) de al menos 0,5), la cual fue de 25,9 % en el total de participantes que disponían de datos antropométricos (niños: 28,2 %; niñas: 23,8 %). La WHtR promedio fue de 0,47 (DE 0,06) (niños (media; DE): 0,47; 0,06; niñas: 0,46; 0,05). En el Estudio ALADINO 2019 [58], si bien la WHtR fue similar a la hallada en nuestro estudio (todos (media; DE): 0,47; 0,05; niños: 0,47; 0,05; niñas: 0,46; 0,05), la prevalencia de obesidad central fue inferior (total 22,6 %; niños 22,4 %; niñas 22,8 %). Estos resultados son coherentes con los hallados en el análisis del estado ponderal según el IMC, con mayores valores en Andalucía que en el conjunto de España.

En los tres tipos de día estudiados en el *Artículo 1* [1] (es decir, día escolar con clase de educación física, día escolar sin clase de educación física y día de fin de semana), se encontraron diferencias significativas según el estado de obesidad central en la realización de VPA media diaria en el total de participantes, así como en los niños y las niñas por separado. Sin embargo, durante el fin de semana, no se encontraron diferencias en los niños con respecto a la obesidad central en la realización de MVPA media diaria, mientras que sí se encontraron diferencias significativas en las niñas. En los días escolares sin clase de educación física, no se hallaron diferencias en las niñas, mientras que en los niños sí hubo diferencias significativas en la realización de MVPA media diaria. Estos resultados son

consistentes con la evidencia previa, que muestra una relación inversa entre la actividad física media diaria, especialmente VPA y MVPA, y el exceso de peso o grasa [5,16,30,32,33,63,125].

Por otro lado, en los días escolares con clase de educación física, no se encontraron diferencias significativas en el cumplimiento de la *Recomendación OMS sobre MVPA* (RecMVPA-WHO) en función del estado de obesidad central o del estado ponderal. Sí se encontraron diferencias en el cumplimiento de la RecMVPA y de la RecVPA en el total de participantes en función del estado de obesidad central. Además, se encontraron diferencias significativas en el cumplimiento de RecMVPA-WHO en el total de participantes en función del estado de obesidad central en los días escolares sin clase de educación física y los fines de semana. Mientras que, en el cumplimiento de RecMVPA y RecVPA, se encontraron diferencias significativas en función del estado de obesidad central en los niños en días sin clase de educación física y en las niñas los fines de semana. A pesar de las diferencias encontradas en la realización de MVPA y VPA en los días con clase de educación física, parece que los escolares logran cumplir con las recomendaciones de actividad física media diaria en este tipo de día, reforzando la recomendación de aumentar la proporción semanal de días con clase de educación física como medida de salud pública para reducir la inactividad física infantil.

Además, al comparar la actividad física realizada en las clases de educación física según el estado ponderal, sólo se observaron diferencias significativas en la proporción media de VPA, mientras que no se hallaron diferencias ni en la proporción de MVPA ni de SED. Estos resultados están en línea con estudios previos [109,119,41,39], y ponen de manifiesto la superioridad de la VPA evaluada mediante acelerometría como herramienta de cribado en salud pública infantil con respecto a la actividad física de menor intensidad [18,29,30].

Por otro lado, hay que destacar que, aunque no se observó una relación significativa entre el nivel educativo de los progenitores y nuestras variables de interés, el nivel educativo de éstos sí mostró una relación significativa con el estado de obesidad central. Estos hallazgos sugieren que el nivel educativo de los padres puede jugar un papel importante en estos aspectos, especialmente el nivel educativo de la madre [126], lo que merece ser investigado con mayor profundidad en futuros estudios.

Por último, a pesar de no contar con datos sobre la calidad de la dieta en la presente tesis doctoral, posiblemente la calidad de la dieta y los resultados de la actividad física evaluada por acelerometría estén relacionados positivamente [127]. Esto abre la puerta al estudio de la actividad física evaluada mediante acelerometría y la calidad de la dieta en futuras investigaciones.

---

# CONCLUSIONES



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Conclusiones

### *Artículo 1 [1]*

1. En los días con clase de educación física se realizó más actividad física de todas las intensidades y se logró un mayor cumplimiento de las recomendaciones de actividad física media diaria.
2. Aumentar la frecuencia semanal de clases de educación física podría ser una estrategia eficaz para prevenir la obesidad infantil.
3. La VPA tuvo una correlación más fuerte con la ausencia de obesidad que la actividad física de menor intensidad.
4. Incorporar una recomendación sobre VPA media diaria, específica para niños y para niñas, podría optimizar las oportunidades de cribado e intervención para la prevención de la obesidad infantil.
5. Los niños fueron físicamente más activos y obtuvieron una mayor adherencia a las recomendaciones que las niñas.

### *Artículo 2 [2]*

1. Se presenta un nuevo método para identificar actividades de intensidad vigorosa, evaluadas mediante acelerometría, y basadas en la VPA realizada en las clases de educación física más activas.
2. La OMS recomienda incorporar este tipo de actividades al menos tres días a la semana en niños y adolescentes, por lo que adquiere gran relevancia la definición e identificación de estas actividades mediante métodos de evaluación objetivos, como la acelerometría.
3. El método para identificar actividades de intensidad vigorosa se define como un *bout* de mínimo 60 minutos de duración, que alcanza al menos una proporción de VPA de 16,7 % en niños y 12,5 % en niñas (es decir, al menos 10,0 y 7,5 minutos por hora de VPA, respectivamente).
4. Este nuevo método para identificar actividades de intensidad vigorosa permitirá estudiar de manera objetiva patrones de actividad física que hasta la fecha no se han estudiado con la suficiente precisión.

### *Artículo 3 [3]*

1. Uno de cada cuatro escolares de 8 a 9 años en Andalucía cumplió con la recomendación de la OMS de “incorporar actividades de intensidad vigorosa al menos tres días a la semana” evaluada mediante acelerometría.
2. El cumplimiento fue mayor en los días con clase de educación física, así como entre los escolares que informaron participar en actividades físico-deportivas extraescolares organizadas.
3. Las clases de educación física y las actividades físico-deportivas extraescolares organizadas contribuyeron a mejorar el cumplimiento de la recomendación de la OMS sobre actividades de intensidad vigorosa.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

# FORTALEZAS Y LIMITACIONES





UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Fortalezas y Limitaciones

La presente tesis doctoral ofrece una comprensión detallada y contextualizada de los patrones de actividad física de escolares andaluces de 8 y 9 años durante una semana del curso escolar, con sus clases de educación física y su jornada escolar como elementos diferenciadores de días escolares con y sin clase de educación física y días de fin de semana. Además, se propone un nuevo método para estudiar las actividades de intensidad vigorosa, lo que permite conocer mediante acelerometría el cumplimiento de la recomendación de la OMS sobre este tipo de actividades [5].

### Fortalezas

La principal fortaleza de la presente tesis doctoral y los artículos que la componen fue el uso de la acelerometría como herramienta para evaluar la actividad física de los participantes. La utilización de la acelerometría como herramienta de medición fue clave, proporcionando datos objetivos, confiables y válidos sobre la actividad física de los escolares y evitando sesgos inherentes a otros métodos, como cuestionarios auto-informados [20,22,23].

Obtuvimos una tasa de incumplimiento muy baja. Para la muestra principal de la presente tesis doctoral (es decir, los participantes provenientes del Estudio ALADINO 2019 con al menos cuatro días válidos y con al menos un día de fin de semana), sólo 16 de los 376 participantes con datos de acelerometría (4 %) no fueron incluidos en los análisis debido a que no disponían de suficientes días válidos. La tasa de incumplimiento ha sido reconocida como una de las limitaciones metodológicas más importantes de la acelerometría [128]. Por lo tanto, para evitar que la tasa de incumplimiento fuese una limitación, se consideró de vital importancia la selección de un modelo de acelerómetro y una ubicación anatómica que optimizasen la adherencia a la evaluación. El acelerómetro GENEActiv colocado en la muñeca [66,67] nos permitió diseñar un protocolo en el que no era necesario retirar el acelerómetro en ningún momento durante la evaluación, ni para actividades relacionadas con el agua ni el descanso nocturno, lo que optimizó la adherencia y aseguró una captura precisa de datos. Esto optimizó nuestra tasa de cumplimiento y transformó una posible limitación, como se ve en la mayoría de los estudios de acelerometría, en una fortaleza.

El acelerómetro GENEActiv nos permitió obtener datos brutos de acelerometría sin ningún filtrado previo a través de procedimientos con licencia no revelados. El filtrado oculto bajo licencia puede subestimar los resultados de actividad física de alta intensidad, sobre todo en niños [26,27].

### Limitaciones

En la presente tesis doctoral encontramos algunas limitaciones que también deben ser reconocidas. La principal limitación que encontramos fue la

reducción en la muestra evaluada en comparación con la que habíamos planeado evaluar, debido al cierre de los colegios de educación primaria y al confinamiento domiciliario resultante de la pandemia causada por el virus SARS-CoV-2. Sin embargo, logramos reunir una muestra que superaba el tamaño mínimo predeterminado necesario para abordar nuestros objetivos. Otra limitación causada por esta situación excepcional fue que no pudimos evaluar a los escolares durante la primavera, lo que puede sesgar nuestros resultados, ya que en primavera hay más horas de luz y mejores condiciones climáticas para realizar actividad física [129,130].

El *Artículo 2* [2] (*Anexo 2*) dispone de circunstancias especiales al estar integrado por tres submuestras de estudios diferentes, llevadas a cabo en tres cursos académicos distintos, y con dos metodologías de selección de la muestra diferentes. Esta situación puede producir un efecto sobre los resultados obtenidos. Además, la población participante del Estudio ALADINO 2019 se evaluó en otoño e invierno, mientras que las poblaciones de los Estudios PASOS 2019-20 y 2022-23 se evaluaron en primavera. Aun así, no hemos encontrado diferencias significativas en las variables de estudio al comparar las tres submuestras.

Existen limitaciones inherentes al estudio de la actividad física a través de la acelerometría al comparar resultados de diferentes estudios, como son el modelo de acelerómetro seleccionado, la ubicación anatómica, la metodología de procesamiento de datos en bruto, con énfasis en la duración de los *epochs*, o los puntos de corte seleccionados para determinar la intensidad de la actividad física [18,24–27]. Además, la acelerometría no captura adecuadamente la intensidad causada por actividades físicas como montar en bicicleta o el entrenamiento de fuerza con sobrecarga [74]. Por lo tanto, combinar la acelerometría con la medición de la frecuencia cardíaca puede proporcionar resultados más precisos, aunque se puede ver reducida la adherencia al protocolo [131].

Otra limitación relacionada con la actividad física es que los niños que participaban en competiciones deportivas de contacto debían retirarse los acelerómetros cuando competían. Para tratar de reducir esta limitación, pedimos a los participantes y a sus tutores legales que intentasen mantener el acelerómetro puesto, cubriéndolo con una muñequera o vendaje, siempre que el árbitro diera su aprobación. Sin embargo, algunos participantes tuvieron que retirarse el acelerómetro para sus competiciones. Para abordar este sesgo, estudiamos el patrón de actividad física de algunos de los participantes que realizaron actividades deportivas similares con el acelerómetro puesto e imputamos los períodos de *non-wear time* en algunos participantes que informaron haberse retirado el acelerómetro para participar en un deporte conocido, siempre que fuese factible.

No se evaluó la calidad de la dieta de los participantes ni el uso del comedor escolar. La dieta puede influir significativamente en la obesidad y la actividad física, pero se decidió no incorporar esta variable para centrar

el esfuerzo en la evaluación objetiva de la actividad física, con el fin de mantener el diseño del estudio lo menos intrusivo posible para los participantes y sus familias. Futuras investigaciones podrían beneficiarse de la inclusión de estos factores para proporcionar una comprensión más completa de las relaciones entre la dieta, la actividad física y la obesidad.

Otra limitación metodológica fue que la evaluación antropométrica y la evaluación de acelerometría se realizaron por separado en la muestra principal de la presente tesis doctoral (es decir, aquella compartida con el Estudio ALADINO 2019), por lo que en 34 participantes (9,4 %) se disponía de datos válidos de acelerometría, pero no se disponía de resultados antropométricos.

Finalmente, cabe señalar que los participantes se restringieron a escolares de 8 y 9 años de una región concreta de España, por lo que los hallazgos pueden no ser generalizables a niños más pequeños o jóvenes mayores, así como a escolares de otras regiones o países. Además, la naturaleza observacional de los estudios transversales de acelerometría que conforman esta tesis doctoral excluye cualquier asociación de causa y efecto entre la actividad física o el cumplimiento de las recomendaciones y el sexo, la obesidad central, el estado ponderal o su relación entre diferentes tipos de día.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

# BIBLIOGRAFÍA



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

## Bibliografía

1. Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. Accelerometry-Assessed Daily Physical Activity and Compliance with Recommendations in Spanish Children: Importance of Physical Education Classes and Vigorous Intensity. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:10.7717/peerj.16990.
2. Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Gómez, S.F.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. The Physical Education Class as a Reference for Identifying Vigorous Activities Using Accelerometry in 8- and 9-Year-Old Children. *Rev. Iberoam. Cienc. Act. Física El Deporte* **2023**, *12*, 65–84, doi:10.24310/ric-cafd.12.3.2023.17979.
3. Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. Adherence to the WHO Recommendation of Three Weekly Days of Vigorous Intensity Activities in Children: An Accelerometry Study of Vigorous Physical Activity Bouts. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:10.7717/peerj.16815.
4. Caspersen, C.J.; Powell, K.E.; Christenson, G.M. Physical Activity, Exercise, and Physical Fitness: Definitions and Distinctions for Health-Related Research. *Public Health Rep. Wash. DC 1974* **1985**, *100*, 126–131.
5. *WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour*; World Health Organization: Geneva, 2020; ISBN 978-92-4-001512-8.
6. Tremblay, M.S.; Aubert, S.; Barnes, J.D.; Saunders, T.J.; Carson, V.; Latimer-Cheung, A.E.; Chastin, S.F.M.; Altenburg, T.M.; Chinapaw, M.J.M.; SBRN Terminology Consensus Project Participants Sedentary Behavior Research Network (SBRN) - Terminology Consensus Project Process and Outcome. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2017**, *14*, 75, doi:10.1186/s12966-017-0525-8.
7. Organización Mundial de la Salud *Documentos básicos*; 48a ed.; Organización Mundial de la Salud: Ginebra, 2014; ISBN 978-92-4-365048-7.
8. Morris, J.N.; Heady, J.A.; Raffle, P.A.; Roberts, C.G.; Parks, J.W. Coronary Heart-Disease and Physical Activity of Work. *Lancet Lond. Engl.* **1953**, *262*, 1053–1057, doi:10.1016/s0140-6736(53)90665-5.
9. Booth, F.W.; Roberts, C.K.; Laye, M.J. Lack of Exercise Is a Major Cause of Chronic Diseases. *Compr. Physiol.* **2012**, *2*, 1143–1211, doi:10.1002/cphy.c110025.
10. Pedersen, B.K.; Saltin, B. Exercise as Medicine—Evidence for Prescribing Exercise as Therapy in 26 Different Chronic Diseases. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2015**, *25*, 1–72.
11. Fiuza-Luces, C.; Garatachea, N.; Berger, N.A.; Lucia, A. Exercise Is the Real Polypill. *Physiol. Bethesda Md* **2013**, *28*, 330–358, doi:10.1152/physiol.00019.2013.
12. Global Health Risks : Mortality and Burden of Disease Attributable to Selected

Major Risks Available online: <https://www.who.int/publications-detail-redirect/9789241563871> (accessed on 24 November 2023).

13. Gaesser, G.A.; Tucker, W.J.; Jarrett, C.L.; Angadi, S.S. Fitness versus Fatness: Which Influences Health and Mortality Risk the Most? *Curr. Sports Med. Rep.* **2015**, *14*, 327–332, doi:10.1249/JSR.0000000000000170.
14. Henriksson, P.; Henriksson, H.; Tynelius, P.; Berglind, D.; Löf, M.; Lee, I.-M.; Shiroma, E.J.; Ortega, F.B. Fitness and Body Mass Index During Adolescence and Disability Later in Life: A Cohort Study. *Ann. Intern. Med.* **2019**, doi:10.7326/M18-1861.
15. *Global Recommendations on Physical Activity for Health*; World Health Organization: Geneva, 2010; ISBN 978 92 4 159 997 9.
16. Chaput, J.-P.; Willumsen, J.; Bull, F.; Chou, R.; Ekelund, U.; Firth, J.; Jago, R.; Ortega, F.B.; Katzmarzyk, P.T. 2020 WHO Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour for Children and Adolescents Aged 5-17 Years: Summary of the Evidence. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2020**, *17*, 141, doi:10.1186/s12966-020-01037-z.
17. Ekelund, U.; Luan, J.; Sherar, L.B.; Esliger, D.W.; Griew, P.; Cooper, A.; International Children's Accelerometry Database (ICAD) Collaborators Moderate to Vigorous Physical Activity and Sedentary Time and Cardiometabolic Risk Factors in Children and Adolescents. *JAMA* **2012**, *307*, 704–712, doi:10.1001/jama.2012.156.
18. Aadland, E.; Andersen, L.B.; Anderssen, S.A.; Resaland, G.K.; Kvalheim, O.M. Associations of Volumes and Patterns of Physical Activity with Metabolic Health in Children: A Multivariate Pattern Analysis Approach. *Prev. Med.* **2018**, *115*, 12–18, doi:10.1016/j.ypmed.2018.08.001.
19. Guthold, R.; Stevens, G.A.; Riley, L.M.; Bull, F.C. Global Trends in Insufficient Physical Activity among Adolescents: A Pooled Analysis of 298 Population-Based Surveys with 1.6 Million Participants. *Lancet Child Adolesc. Health* **2020**, *4*, 23–35, doi:10.1016/S2352-4642(19)30323-2.
20. Gao, Z.; Liu, W.; McDonough, D.J.; Zeng, N.; Lee, J.E. The Dilemma of Analyzing Physical Activity and Sedentary Behavior with Wrist Accelerometer Data: Challenges and Opportunities. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 5951, doi:10.3390/jcm10245951.
21. Adamo, K.B.; Prince, S.A.; Tricco, A.C.; Connor-Gorber, S.; Tremblay, M. A Comparison of Indirect versus Direct Measures for Assessing Physical Activity in the Pediatric Population: A Systematic Review. *Int. J. Pediatr. Obes. IJPO Off. J. Int. Assoc. Study Obes.* **2009**, *4*, 2–27, doi:10.1080/17477160802315010.
22. Migueles, J.H.; Cadenas-Sanchez, C.; Ekelund, U.; Delisle Nyström, C.; Mora-Gonzalez, J.; Löf, M.; Labayen, I.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med.* **2017**, *47*, 1821–1845, doi:10.1007/s40279-017-0716-0.

23. Sirard, J.R.; Pate, R.R. Physical Activity Assessment in Children and Adolescents. *Sports Med. Auckl. NZ* **2001**, *31*, 439–454, doi:10.2165/00007256-200131060-00004.
24. Baquet, G.; Stratton, G.; Van Praagh, E.; Berthoin, S. Improving Physical Activity Assessment in Prepubertal Children with High-Frequency Accelerometry Monitoring: A Methodological Issue. *Prev. Med.* **2007**, *44*, 143–147, doi:10.1016/j.ypmed.2006.10.004.
25. Llorente-Cantarero, F.J.; Jurado-Castro, J.M.; Leis, R.; Vázquez-Cobela, R.; González-Gil, E.M.; Aguilera, C.M.; Bueno, G.; Moreno, L.A.; Gil, A.; Gil-Campos, M. Evaluation of Sedentary Behavior and Physical Activity Levels Using Different Accelerometry Protocols in Children from the GENOBOX Study. *Sports Med. - Open* **2021**, *7*, 86, doi:10.1186/s40798-021-00365-z.
26. Rowlands, A.V.; Yates, T.; Davies, M.; Khunti, K.; Edwardson, C.L. Raw Accelerometer Data Analysis with GGIR R-Package: Does Accelerometer Brand Matter? *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*, 1935–1941, doi:10.1249/MSS.0000000000000978.
27. Arvidsson, D.; Fridolfsson, J.; Börjesson, M. Measurement of Physical Activity in Clinical Practice Using Accelerometers. *J. Intern. Med.* **2019**, *286*, 137–153, doi:10.1111/joim.12908.
28. Van Hecke, L.; Loyen, A.; Verloigne, M.; van der Ploeg, H.P.; Lakerveld, J.; Brug, J.; De Bourdeaudhuij, I.; Ekelund, U.; Donnelly, A.; Hendriksen, I.; et al. Variation in Population Levels of Physical Activity in European Children and Adolescents According to Cross-European Studies: A Systematic Literature Review within DEDIPAC. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2016**, *13*, 70, doi:10.1186/s12966-016-0396-4.
29. Poitras, V.J.; Gray, C.E.; Borghese, M.M.; Carson, V.; Chaput, J.-P.; Janssen, I.; Katzmarzyk, P.T.; Pate, R.R.; Connor Gorber, S.; Kho, M.E.; et al. Systematic Review of the Relationships between Objectively Measured Physical Activity and Health Indicators in School-Aged Children and Youth. *Appl. Physiol. Nutr. Metab. Physiol. Appl. Nutr. Metab.* **2016**, *41*, S197-239, doi:10.1139/apnm-2015-0663.
30. Füssenich, L.M.; Boddy, L.M.; Green, D.J.; Graves, L.E.F.; Fowweather, L.; Dagger, R.M.; McWhannell, N.; Henaghan, J.; Ridgers, N.D.; Stratton, G.; et al. Physical Activity Guidelines and Cardiovascular Risk in Children: A Cross Sectional Analysis to Determine Whether 60 Minutes Is Enough. *BMC Public Health* **2016**, *16*, 67, doi:10.1186/s12889-016-2708-7.
31. Gammon, C.; Atkin, A.J.; Corder, K.; Ekelund, U.; Hansen, B.H.; Sherar, L.B.; Andersen, L.B.; Anderssen, S.; Davey, R.; Hallal, P.C.; et al. Influence of Guideline Operationalization on Youth Activity Prevalence in the International Children’s Accelerometry Database. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2022**, *54*, 1114–1122, doi:10.1249/MSS.0000000000002884.
32. Gralla, M.H.; McDonald, S.M.; Breneman, C.; Beets, M.W.; Moore, J.B. Associations of Objectively Measured Vigorous Physical Activity With Body

- Composition, Cardiorespiratory Fitness, and Cardiometabolic Health in Youth: A Review. *Am. J. Lifestyle Med.* **2016**, *13*, 61–97, doi:10.1177/1559827615624417.
33. García-Hermoso, A.; Ezzatvar, Y.; Ramírez-Vélez, R.; Olloquequi, J.; Izquierdo, M. Is Device-Measured Vigorous Physical Activity Associated with Health-Related Outcomes in Children and Adolescents? A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Sport Health Sci.* **2021**, *10*, 296–307, doi:10.1016/j.jshs.2020.12.001.
34. Schwarzfischer, P.; Weber, M.; Gruszfeld, D.; Socha, P.; Luque, V.; Escribano, J.; Xhonneux, A.; Verduci, E.; Mariani, B.; Koletzko, B.; et al. BMI and Recommended Levels of Physical Activity in School Children. *BMC Public Health* **2017**, *17*, 595, doi:10.1186/s12889-017-4492-4.
35. Martínez-Gómez, D.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B.; Veiga, O.L.; Moliner-Urdiales, D.; Mauro, B.; Galfo, M.; Manios, Y.; Widhalm, K.; Béghin, L.; et al. Recommended Levels of Physical Activity to Avoid an Excess of Body Fat in European Adolescents: The HELENA Study. *Am. J. Prev. Med.* **2010**, *39*, 203–211, doi:10.1016/j.amepre.2010.05.003.
36. Larsen, M.N.; Nielsen, C.M.; Helge, E.W.; Madsen, M.; Manniche, V.; Hansen, L.; Hansen, P.R.; Bangsbo, J.; Krstrup, P. Positive Effects on Bone Mineralisation and Muscular Fitness after 10 Months of Intense School-Based Physical Training for Children Aged 8-10 Years: The FIT FIRST Randomised Controlled Trial. *Br. J. Sports Med.* **2018**, *52*, 254–260, doi:10.1136/bjsports-2016-096219.
37. Stone, M.R.; Rowlands, A.V.; Middlebrooke, A.R.; Jawis, M.N.; Eston, R.G. The Pattern of Physical Activity in Relation to Health Outcomes in Boys. *Int. J. Pediatr. Obes. IJPO Off. J. Int. Assoc. Study Obes.* **2009**, *4*, 306–315, doi:10.3109/17477160902846179.
38. Chinapaw, M.; Klakk, H.; Møller, N.C.; Andersen, L.B.; Altenburg, T.; Wedderkopp, N. Total Volume versus Bouts: Prospective Relationship of Physical Activity and Sedentary Time with Cardiometabolic Risk in Children. *Int. J. Obes.* **2018**, *42*, 1733–1742, doi:10.1038/s41366-018-0063-8.
39. Meyer, U.; Roth, R.; Zahner, L.; Gerber, M.; Puder, J.J.; Hebestreit, H.; Kriemler, S. Contribution of Physical Education to Overall Physical Activity. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2013**, *23*, 600–606, doi:10.1111/j.1600-0838.2011.01425.x.
40. Chen, S.; Kim, Y.; Gao, Z. The Contributing Role of Physical Education in Youth's Daily Physical Activity and Sedentary Behavior. *BMC Public Health* **2014**, *14*, 110, doi:10.1186/1471-2458-14-110.
41. Mooses, K.; Pihu, M.; Riso, E.-M.; Hannus, A.; Kaasik, P.; Kull, M. Physical Education Increases Daily Moderate to Vigorous Physical Activity and Reduces Sedentary Time. *J. Sch. Health* **2017**, *87*, 602–607, doi:10.1111/josh.12530.
42. Calahorra-Cañada, F.; Torres-Luque, G.; López-Fernández, I.; Carnero, E.A.

- Is Physical Education an Effective Way to Increase Physical Activity in Children with Lower Cardiorespiratory Fitness? *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2017**, *27*, 1417–1422, doi:10.1111/sms.12740.
43. Ikeda, E.; Guagliano, J.M.; Atkin, A.J.; Sherar, L.B.; Ekelund, U.; Hansen, B.; Northstone, K.; van Sluijs, E.; Salmon, J.; Riddoch, C.; et al. Cross-Sectional and Longitudinal Associations of Active Travel, Organised Sport and Physical Education with Accelerometer-Assessed Moderate-to-Vigorous Physical Activity in Young People: The International Children's Accelerometry Database. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2022**, *19*, 41, doi:10.1186/s12966-022-01282-4.
  44. Silva, G.; Andersen, L.B.; Aires, L.; Mota, J.; Oliveira, J.; Ribeiro, J.C. Associations between Sports Participation, Levels of Moderate to Vigorous Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness in Children and Adolescents. *J. Sports Sci.* **2013**, *31*, 1359–1367, doi:10.1080/02640414.2013.781666.
  45. Marques, A.; Ekelund, U.; Sardinha, L.B. Associations between Organized Sports Participation and Objectively Measured Physical Activity, Sedentary Time and Weight Status in Youth. *J. Sci. Med. Sport* **2016**, *19*, 154–157, doi:10.1016/j.jsams.2015.02.007.
  46. Kokko, S.; Martin, L.; Geidne, S.; Van Hove, A.; Lane, A.; Meganck, J.; Scheerder, J.; Seghers, J.; Villberg, J.; Kudlacek, M.; et al. Does Sports Club Participation Contribute to Physical Activity among Children and Adolescents? A Comparison across Six European Countries. *Scand. J. Public Health* **2019**, *47*, 851–858, doi:10.1177/1403494818786110.
  47. Gouveia, É.R.; Lizandra, J.; Martinho, D.V.; França, C.; Ihle, A.; Sarmento, H.; Antunes, H.; Correia, A.L.; Lopes, H.; Marques, A. The Impact of Different Pedagogical Models on Moderate-to-Vigorous Physical Activity in Physical Education Classes. *Children* **2022**, *9*, 1790, doi:10.3390/children9121790.
  48. *Health Position Paper*; Association for Physical Education (afPE), 2015;
  49. Steene-Johannessen, J.; Hansen, B.H.; Dalene, K.E.; Kolle, E.; Northstone, K.; Møller, N.C.; Grøntved, A.; Wedderkopp, N.; Kriemler, S.; Page, A.S.; et al. Variations in Accelerometry Measured Physical Activity and Sedentary Time across Europe - Harmonized Analyses of 47,497 Children and Adolescents. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2020**, *17*, 38, doi:10.1186/s12966-020-00930-x.
  50. Katzmarzyk, P.T.; Barreira, T.V.; Broyles, S.T.; Champagne, C.M.; Chaput, J.-P.; Fogelholm, M.; Hu, G.; Johnson, W.D.; Kuriyan, R.; Kurpad, A.; et al. Physical Activity, Sedentary Time, and Obesity in an International Sample of Children. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2015**, *47*, 2062–2069, doi:10.1249/MSS.0000000000000649.
  51. Laguna, M.; Ruiz, J.R.; Lara, M.T.; Aznar, S. Recommended Levels of Physical Activity to Avoid Adiposity in Spanish Children. *Pediatr. Obes.* **2013**, *8*, 62–69, doi:10.1111/j.2047-6310.2012.00086.x.
  52. Telford, R.M.; Telford, R.D.; Olive, L.S.; Cochrane, T.; Davey, R. Why Are

- Girls Less Physically Active than Boys? Findings from the LOOK Longitudinal Study. *PLoS One* **2016**, *11*, e0150041, doi:10.1371/journal.pone.0150041.
53. Delfa-De-La-Morena, J.M.; Bores-García, D.; Solera-Alfonso, A.; Romero-Parra, N. Barriers to Physical Activity in Spanish Children and Adolescents: Sex and Educational Stage Differences. *Front. Psychol.* **2022**, *13*, 910930, doi:10.3389/fpsyg.2022.910930.
54. Resaland, G.K.; Aadland, E.; Andersen, J.R.; Bartholomew, J.B.; Anderssen, S.A.; Moe, V.F. Physical Activity Preferences of 10-Year-Old Children and Identified Activities with Positive and Negative Associations to Cardiorespiratory Fitness. *Acta Paediatr. Oslo Nor. 1992* **2019**, *108*, 354–360, doi:10.1111/apa.14487.
55. Peral-Suárez, Á.; Cuadrado-Soto, E.; Perea, J.M.; Navia, B.; López-Sobaler, A.M.; Ortega, R.M. Physical Activity Practice and Sports Preferences in a Group of Spanish Schoolchildren Depending on Sex and Parental Care: A Gender Perspective. *BMC Pediatr.* **2020**, *20*, 337, doi:10.1186/s12887-020-02229-z.
56. *Global Action Plan on Physical Activity 2018–2030: More Active People for a Healthier World*; World Health Organization: Geneva, 2018; ISBN 978-92-4-151418-7.
57. NCD Risk Factor Collaboration Worldwide Trends in Body-Mass Index, Underweight, Overweight, and Obesity from 1975 to 2016: A Pooled Analysis of 2416 Population-Based Measurement Studies in 128·9 Million Children, Adolescents, and Adults. *Lancet Lond. Engl.* **2017**, *390*, 2627–2642, doi:10.1016/S0140-6736(17)32129-3.
58. *ALADINO 2019: Surveillance Study on Nutrition, Physical Activity, Child Development and Obesity in Spain 2019*; Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición, Ministerio de Consumo: Madrid, 2020;
59. Bibiloni, M.D.M.; Gallardo-Alfaro, L.; Gómez, S.F.; Wärnberg, J.; Osés-Recalde, M.; González-Gross, M.; Gusi, N.; Aznar, S.; Marín-Cascales, E.; González-Valeiro, M.; et al. Combined Body Mass Index and Waist-to-Height Ratio and Its Association with Lifestyle and Health Factors among Spanish Children: The PASOS Study. *Nutrients* **2022**, *14*, 234, doi:10.3390/nu14020234.
60. Serra Majem, L.; Ribas Barba, L.; Aranceta Bartrina, J.; Pérez Rodrigo, C.; Saavedra Santana, P.; Peña Quintana, L. [Childhood and adolescent obesity in Spain. Results of the enKid study (1998-2000)]. *Med. Clin. (Barc.)* **2003**, *121*, 725–732, doi:10.1016/s0025-7753(03)74077-9.
61. Umer, A.; Kelley, G.A.; Cottrell, L.E.; Giacobbi, P.; Innes, K.E.; Lilly, C.L. Childhood Obesity and Adult Cardiovascular Disease Risk Factors: A Systematic Review with Meta-Analysis. *BMC Public Health* **2017**, *17*, 683, doi:10.1186/s12889-017-4691-z.
62. Migueles, J.H.; Cadenas-Sanchez, C.; Lubans, D.R.; Henriksson, P.; Torres-Lopez, L.V.; Rodriguez-Ayllon, M.; Plaza-Florido, A.; Gil-Cosano, J.J.; Henriksson, H.; Escolano-Margarit, M.V.; et al. Effects of an Exercise Program on

- Cardiometabolic and Mental Health in Children With Overweight or Obesity: A Secondary Analysis of a Randomized Clinical Trial. *JAMA Netw. Open* **2023**, *6*, e2324839, doi:10.1001/jamanetworkopen.2023.24839.
63. Owens, S.; Galloway, R.; Gutin, B. The Case for Vigorous Physical Activity in Youth. *Am. J. Lifestyle Med.* **2016**, *11*, 96–115, doi:10.1177/1559827615594585.
64. Mayorga-Vega, D.; Martínez-Baena, A.; Viciano, J. Does School Physical Education Really Contribute to Accelerometer-Measured Daily Physical Activity and Non Sedentary Behaviour in High School Students? *J. Sports Sci.* **2018**, *36*, 1913–1922, doi:10.1080/02640414.2018.1425967.
65. Brooke, H.L.; Atkin, A.J.; Corder, K.; Brage, S.; van Sluijs, E.M. Frequency and Duration of Physical Activity Bouts in School-Aged Children: A Comparison within and between Days. *Prev. Med. Rep.* **2016**, *4*, 585–590, doi:10.1016/j.pmedr.2016.10.007.
66. Fairclough, S.J.; Noonan, R.; Rowlands, A.V.; Van Hees, V.; Knowles, Z.; Boddy, L.M. Wear Compliance and Activity in Children Wearing Wrist- and Hip-Mounted Accelerometers. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2016**, *48*, 245–253, doi:10.1249/MSS.0000000000000771.
67. Leppänen, M.H.; Migueles, J.H.; Cadenas-Sanchez, C.; Henriksson, P.; Mora-Gonzalez, J.; Henriksson, H.; Labayen, I.; Löf, M.; Esteban-Cornejo, I.; Ortega, F.B. Hip and Wrist Accelerometers Showed Consistent Associations with Fitness and Fatness in Children Aged 8-12 Years. *Acta Paediatr. Oslo Nor. 1992* **2020**, *109*, 995–1003, doi:10.1111/apa.15043.
68. Troiano, R.P.; McClain, J.J.; Brychta, R.J.; Chen, K.Y. Evolution of Accelerometer Methods for Physical Activity Research. *Br. J. Sports Med.* **2014**, *48*, 1019–1023, doi:10.1136/bjsports-2014-093546.
69. van Hees, V.T.; Sabia, S.; Jones, S.E.; Wood, A.R.; Anderson, K.N.; Kivimäki, M.; Frayling, T.M.; Pack, A.I.; Bucan, M.; Trenell, M.I.; et al. Estimating Sleep Parameters Using an Accelerometer without Sleep Diary. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 12975, doi:10.1038/s41598-018-31266-z.
70. Troiano, R.P.; Berrigan, D.; Dodd, K.W.; Mâsse, L.C.; Tilert, T.; McDowell, M. Physical Activity in the United States Measured by Accelerometer. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2008**, *40*, 181–188, doi:10.1249/mss.0b013e31815a51b3.
71. Trost, S.G.; Mciver, K.L.; Pate, R.R. Conducting Accelerometer-Based Activity Assessments in Field-Based Research. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2005**, *37*, S531, doi:10.1249/01.mss.0000185657.86065.98.
72. Bergman, P. The Number of Repeated Observations Needed to Estimate the Habitual Physical Activity of an Individual to a given Level of Precision. *PLoS One* **2018**, *13*, e0192117, doi:10.1371/journal.pone.0192117.
73. Lynch, B.A.; Kaufman, T.K.; Rajjo, T.I.; Mohammed, K.; Kumar, S.; Murad, M.H.; Gentile, N.E.; Koepp, G.A.; McCrady-Spitzer, S.K.; Levine, J.A. Accuracy of Accelerometers for Measuring Physical Activity and Levels of Sedentary Behavior in Children: A Systematic Review. *J. Prim. Care Community*

- Health* **2019**, *10*, 2150132719874252, doi:10.1177/2150132719874252.
74. Tarp, J.; Andersen, L.B.; Østergaard, L. Quantification of Underestimation of Physical Activity During Cycling to School When Using Accelerometry. *J. Phys. Act. Health* **2015**, *12*, 701–707, doi:10.1123/jpah.2013-0212.
75. Zhang, S.; Murray, P.; Zillmer, R.; Eston, R.G.; Catt, M.; Rowlands, A.V. Activity Classification Using the GENE: Optimum Sampling Frequency and Number of Axes. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2012**, *44*, 2228–2234, doi:10.1249/MSS.0b013e31825e19fd.
76. Clevenger, K.A.; Pfeiffer, K.A.; Mackintosh, K.A.; McNarry, M.A.; Brønd, J.; Arvidsson, D.; Montoye, A.H.K. Effect of Sampling Rate on Acceleration and Counts of Hip- and Wrist-Worn ActiGraph Accelerometers in Children. *Physiol. Meas.* **2019**, *40*, 095008, doi:10.1088/1361-6579/ab444b.
77. Sudlow, C.; Gallacher, J.; Allen, N.; Beral, V.; Burton, P.; Danesh, J.; Downey, P.; Elliott, P.; Green, J.; Landray, M.; et al. UK Biobank: An Open Access Resource for Identifying the Causes of a Wide Range of Complex Diseases of Middle and Old Age. *PLOS Med.* **2015**, *12*, e1001779, doi:10.1371/journal.pmed.1001779.
78. Migueles, J.H.; Rowlands, A.V.; Huber, F.; Sabia, S.; van Hees, V.T. GGIR: A Research Community-Driven Open Source R Package for Generating Physical Activity and Sleep Outcomes From Multi-Day Raw Accelerometer Data. *J. Meas. Phys. Behav.* **2019**, *2*, 188–196, doi:10.1123/jmpb.2018-0063.
79. van Hees, V.T.; Fang, Z.; Langford, J.; Assah, F.; Mohammad, A.; da Silva, I.C.M.; Trenell, M.I.; White, T.; Wareham, N.J.; Brage, S. Autocalibration of Accelerometer Data for Free-Living Physical Activity Assessment Using Local Gravity and Temperature: An Evaluation on Four Continents. *J. Appl. Physiol.* **2014**, *117*, 738–744, doi:10.1152/jappphysiol.00421.2014.
80. Doherty, A.; Jackson, D.; Hammerla, N.; Plötz, T.; Olivier, P.; Granat, M.H.; White, T.; van Hees, V.T.; Trenell, M.I.; Owen, C.G.; et al. Large Scale Population Assessment of Physical Activity Using Wrist Worn Accelerometers: The UK Biobank Study. *PLOS ONE* **2017**, *12*, e0169649, doi:10.1371/journal.pone.0169649.
81. Willetts, M.; Hollowell, S.; Aslett, L.; Holmes, C.; Doherty, A. Statistical Machine Learning of Sleep and Physical Activity Phenotypes from Sensor Data in 96,220 UK Biobank Participants. *Sci. Rep.* **2018**, *8*, 7961, doi:10.1038/s41598-018-26174-1.
82. Migueles, J.H.; Cadenas-Sanchez, C.; Ekelund, U.; Delisle Nyström, C.; Mora-Gonzalez, J.; Löf, M.; Labayen, I.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B. Accelerometer Data Collection and Processing Criteria to Assess Physical Activity and Other Outcomes: A Systematic Review and Practical Considerations. *Sports Med.* **2017**, *47*, 1821–1845, doi:10.1007/s40279-017-0716-0.
83. van Hees, V.T.; Gorzelniak, L.; León, E.C.D.; Eder, M.; Pias, M.; Taherian, S.; Ekelund, U.; Renström, F.; Franks, P.W.; Horsch, A.; et al. Separating Movement and Gravity Components in an Acceleration Signal and

- Implications for the Assessment of Human Daily Physical Activity. *PLOS ONE* **2013**, *8*, e61691, doi:10.1371/journal.pone.0061691.
84. Bakrania, K.; Yates, T.; Rowlands, A.V.; Esliger, D.W.; Bunnewell, S.; Sanders, J.; Davies, M.; Khunti, K.; Edwardson, C.L. Intensity Thresholds on Raw Acceleration Data: Euclidean Norm Minus One (ENMO) and Mean Amplitude Deviation (MAD) Approaches. *PLOS ONE* **2016**, *11*, e0164045, doi:10.1371/journal.pone.0164045.
85. Hees, V.T. van; Fang, Z.; Langford, J.; Assah, F.; Mohammad, A.; Silva, I.C.M. da; Trenell, M.I.; White, T.; Wareham, N.J.; Brage, S. Autocalibration of Accelerometer Data for Free-Living Physical Activity Assessment Using Local Gravity and Temperature: An Evaluation on Four Continents. *J. Appl. Physiol.* **2014**, *117*, 738–744, doi:10.1152/jappphysiol.00421.2014.
86. Vähä-Ypyä, H.; Vasankari, T.; Husu, P.; Suni, J.; Sievänen, H. A Universal, Accurate Intensity-Based Classification of Different Physical Activities Using Raw Data of Accelerometer. *Clin. Physiol. Funct. Imaging* **2015**, *35*, 64–70, doi:10.1111/cpf.12127.
87. Bai, J.; Di, C.; Xiao, L.; Evenson, K.R.; LaCroix, A.Z.; Crainiceanu, C.M.; Buchner, D.M. An Activity Index for Raw Accelerometry Data and Its Comparison with Other Activity Metrics. *PLOS ONE* **2016**, *11*, e0160644, doi:10.1371/journal.pone.0160644.
88. Bai, J.; He, B.; Shou, H.; Zipunnikov, V.; Glass, T.A.; Crainiceanu, C.M. Normalization and Extraction of Interpretable Metrics from Raw Accelerometry Data. *Biostatistics* **2014**, *15*, 102–116, doi:10.1093/biostatistics/kxt029.
89. John, D.; Tang, Q.; Albinali, F.; Intille, S. An Open-Source Monitor-Independent Movement Summary for Accelerometer Data Processing. *J. Meas. Phys. Behav.* **2019**, *2*, 268–281, doi:10.1123/jmpb.2018-0068.
90. Sabia, S.; Hees, V.T. van; Shipley, M.J.; Trenell, M.I.; Hagger-Johnson, G.; Elbaz, A.; Kivimaki, M.; Singh-Manoux, A. Association Between Questionnaire- and Accelerometer-Assessed Physical Activity: The Role of Sociodemographic Factors. *Am. J. Epidemiol.* **2014**, *179*, 781–790, doi:10.1093/aje/kwt330.
91. Gómez, D.S.F.; Lorenzo, L.; Ribes, C.; Homs, C. *Informe estudio PASOS 2019*; Gasol Foundation: Sant Boi de Llobregat, Barcelona, Spain, 2019;
92. Gómez, S.F.; Homs, C.; Wärnberg, J.; Medrano, M.; Gonzalez-Gross, M.; Gusi, N.; Aznar, S.; Cascales, E.M.; González-Valeiro, M.; Serra-Majem, L.; et al. Study Protocol of a Population-Based Cohort Investigating Physical Activity, Sedentarism, Lifestyles and Obesity in Spanish Youth: The PASOS Study. *BMJ Open* **2020**, *10*, e036210, doi:10.1136/bmjopen-2019-036210.
93. Gómez, S.F.; Berrueto, P.; Torres, S.; Ródenas, J.; Lorenzo, L.; Trivaldos, M.; Ribes, C. *Informe Estudio PASOS 2022-23*; Gasol Foundation Europa: Sant Boi de Llobregat, Barcelona, Spain, 2023;
94. Cuschieri, S. The STROBE Guidelines. *Saudi J. Anaesth.* **2019**, *13*, S31–S34, doi:10.4103/sja.SJA\_543\_18.

95. World Medical Association World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA* **2013**, *310*, 2191–2194, doi:10.1001/jama.2013.281053.
96. Barón-Suárez, C.; Wärnberg, J.; Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J. Accelerator: A Tidy Framework For Accelerometry Available online: <https://github.com/EpiPHAAN/accelerator> (accessed on 1 September 2023).
97. Hildebrand, M.; Hansen, B.H.; van Hees, V.T.; Ekelund, U. Evaluation of Raw Acceleration Sedentary Thresholds in Children and Adults. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2017**, *27*, 1814–1823, doi:10.1111/sms.12795.
98. Hildebrand, M.; Van Hees, V.T.; Hansen, B.H.; Ekelund, U. Age Group Comparability of Raw Accelerometer Output from Wrist- and Hip-Worn Monitors. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2014**, *46*, 1816–1824, doi:10.1249/MSS.0000000000000289.
99. Antczak, D.; Lonsdale, C.; Del Pozo Cruz, B.; Parker, P.; Sanders, T. Reliability of GENEActiv Accelerometers to Estimate Sleep, Physical Activity, and Sedentary Time in Children. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2021**, *18*, 73, doi:10.1186/s12966-021-01143-6.
100. de Onis, M.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a WHO Growth Reference for School-Aged Children and Adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667, doi:10.2471/blt.07.043497.
101. Cole, T.J.; Lobstein, T. Extended International (IOTF) Body Mass Index Cut-Offs for Thinness, Overweight and Obesity. *Pediatr. Obes.* **2012**, *7*, 284–294, doi:10.1111/j.2047-6310.2012.00064.x.
102. Eslami, M.; Pourghazi, F.; Khazdouz, M.; Tian, J.; Pourrostami, K.; Esmaeili-Abdar, Z.; Ejtahed, H.-S.; Qorbani, M. Optimal Cut-off Value of Waist Circumference-to-Height Ratio to Predict Central Obesity in Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis of Diagnostic Studies. *Front. Nutr.* **2022**, *9*, 985319, doi:10.3389/fnut.2022.985319.
103. Registro Estatal de Centros Docentes No Universitarios Available online: <https://www.educacion.gob.es/centros/selectaut.do> (accessed on 9 June 2023).
104. Whiting, S.; Buoncristiano, M.; Gelius, P.; Abu-Omar, K.; Pattison, M.; Hyska, J.; Duleva, V.; Musić Milanović, S.; Zamrazilová, H.; Hejgaard, T.; et al. Physical Activity, Screen Time, and Sleep Duration of Children Aged 6-9 Years in 25 Countries: An Analysis within the WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative (COSI) 2015-2017. *Obes. Facts* **2021**, *14*, 32–44, doi:10.1159/000511263.
105. WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative Available online: [https://www.who.int/europe/initiatives/who-european-childhood-obesity-surveillance-initiative-\(cosi\)](https://www.who.int/europe/initiatives/who-european-childhood-obesity-surveillance-initiative-(cosi)) (accessed on 23 December 2023).
106. Perkins, N.J.; Schisterman, E.F. The Inconsistency of “Optimal” Cutpoints Obtained Using Two Criteria Based on the Receiver Operating Characteristic Curve. *Am. J. Epidemiol.* **2006**, *163*, 670–675, doi:10.1093/aje/kwj063.

- 
107. Dorsey, K.B.; Herrin, J.; Krumholz, H.M. Patterns of Moderate and Vigorous Physical Activity in Obese and Overweight Compared with Non-Overweight Children. *Int. J. Pediatr. Obes.* **2011**, *6*, e547–e555, doi:10.3109/17477166.2010.490586.
108. Jenkins, G.P.; Evenson, K.R.; Herring, A.H.; Hales, D.; Stevens, J. Cardiometabolic Correlates of Physical Activity and Sedentary Patterns in U.S. Youth. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2017**, *49*, 1826–1833, doi:10.1249/MSS.0000000000001310.
109. Huertas-Delgado, F.J.; Segura-Jiménez, V.; Ávila-García, M.; Cardon, G.; Tercedor, P. Physical Activity Levels during Physical Education in Spanish Children. *Health Educ. J.* **2021**, *80*, 541–553, doi:10.1177/0017896920988743.
110. Molina-García, J.; Queralt, A.; Estevan, I.; Sallis, J.F. Ecological Correlates of Spanish Adolescents' Physical Activity during Physical Education Classes. *Eur. Phys. Educ. Rev.* **2016**, *22*, 479–489, doi:10.1177/1356336X15623494.
111. Aubert, S.; Barnes, J.D.; Abdeta, C.; Nader, P.A.; Adeniyi, A.F.; Aguilar-Farías, N.; Tenesaca, D.S.A.; Bhawra, J.; Brazo-Sayavera, J.; Cardon, G.; et al. Global Matrix 3.0 Physical Activity Report Card Grades for Children and Youth: Results and Analysis From 49 Countries. *J. Phys. Act. Health* **2018**, *15*, S251–S273, doi:10.1123/jpah.2018-0472.
112. Kim, Y.; Hibbing, P.; Saint-Maurice, P.F.; Ellingson, L.D.; Hennessy, E.; Wolff-Hughes, D.L.; Perna, F.M.; Welk, G.J. Surveillance of Youth Physical Activity and Sedentary Behavior With Wrist Accelerometry. *Am. J. Prev. Med.* **2017**, *52*, 872–879, doi:10.1016/j.amepre.2017.01.012.
113. Leppänen, M.H.; Migueles, J.H.; Abdollahi, A.M.; Engberg, E.; Ortega, F.B.; Roos, E. Comparing Estimates of Physical Activity in Children across Different Cut-Points and the Associations with Weight Status. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2022**, *32*, 971–983, doi:10.1111/sms.14147.
114. Camiletti-Moirón, D.; Timperio, A.; Veitch, J.; Fernández-Santos, J.D.R.; Abbott, G.; Delgado-Alfonso, Á.; Cabanas-Sanchez, V.; Veiga, O.L.; Salmon, J.; Castro-Piñero, J. Changes in and the Mediating Role of Physical Activity in Relation to Active School Transport, Fitness and Adiposity among Spanish Youth: The UP&DOWN Longitudinal Study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2020**, *17*, 37, doi:10.1186/s12966-020-00940-9.
115. Ávila-García, M.; Esojo-Rivas, M.; Villa-González, E.; Tercedor, P.; Huertas-Delgado, F.J. Relationship between Sedentary Time, Physical Activity, and Health-Related Quality of Life in Spanish Children. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 2702, doi:10.3390/ijerph18052702.
116. Watson, A.; Maher, C.; Golley, R.; Dumuid, D.; Manson, A.; Tomkinson, G.; Frayse, F.; Olds, T. Children's Activity and Diet Behaviours in the Summer Holidays versus School Year. *Pediatr. Obes.* **2023**, *18*, e13029, doi:10.1111/ijpo.13029.
117. Schröder, H.; Subirana, I.; Wärnberg, J.; Medrano, M.; González-Gross, M.;
-

- Gusi, N.; Aznar, S.; Alcaraz, P.E.; González-Valeiro, M.A.; Serra-Majem, L.; et al. Validity, Reliability, and Calibration of the Physical Activity Unit 7 Item Screener (PAU-7S) at Population Scale. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2021**, *18*, 98, doi:10.1186/s12966-021-01169-w.
118. Roman-Viñas, B.; Chaput, J.-P.; Katzmarzyk, P.T.; Fogelholm, M.; Lambert, E.V.; Maher, C.; Maia, J.; Olds, T.; Onywera, V.; Sarmiento, O.L.; et al. Proportion of Children Meeting Recommendations for 24-Hour Movement Guidelines and Associations with Adiposity in a 12-Country Study. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2016**, *13*, 123, doi:10.1186/s12966-016-0449-8.
119. Grao-Cruces, A.; Segura-Jiménez, V.; Conde-Caveda, J.; García-Cervantes, L.; Martínez-Gómez, D.; Keating, X.D.; Castro-Piñero, J. The Role of School in Helping Children and Adolescents Reach the Physical Activity Recommendations: The UP&DOWN Study. *J. Sch. Health* **2019**, *89*, 612–618, doi:10.1111/josh.12785.
120. Mooses, K.; Pihu, M.; Riso, E.-M.; Hannus, A.; Kaasik, P.; Kull, M. Physical Education Increases Daily Moderate to Vigorous Physical Activity and Reduces Sedentary Time. *J. Sch. Health* **2017**, *87*, 602–607, doi:10.1111/josh.12530.
121. Laguna, M.; Ruiz, J.R.; Gallardo, C.; García-Pastor, T.; Lara, M.-T.; Aznar, S. Obesity and Physical Activity Patterns in Children and Adolescents. *J. Paediatr. Child Health* **2013**, *49*, 942–949, doi:10.1111/jpc.12442.
122. Errisuriz, V.L.; Golaszewski, N.M.; Born, K.; Bartholomew, J.B. Systematic Review of Physical Education-Based Physical Activity Interventions Among Elementary School Children. *J. Prim. Prev.* **2018**, *39*, 303–327, doi:10.1007/s10935-018-0507-x.
123. Corder, K.; Sharp, S.J.; Atkin, A.J.; Andersen, L.B.; Cardon, G.; Page, A.; Davey, R.; Grøntved, A.; Hallal, P.C.; Janz, K.F.; et al. Age-Related Patterns of Vigorous-Intensity Physical Activity in Youth: The International Children’s Accelerometry Database. *Prev. Med. Rep.* **2016**, *4*, 17–22, doi:10.1016/j.pmedr.2016.05.006.
124. Ferrer-Santos, P.; Iglesia, I.; Muñoz-Pardos, B.; Miguel-Berges, M.L.; Flores-Barrantes, P.; Moreno, L.A.; Rodríguez-Martínez, G. Moderate-to-Vigorous Physical Activity and Body Composition in Children from the Spanish Region of Aragon. *Child. Basel Switz.* **2021**, *8*, 341, doi:10.3390/children8050341.
125. Hills, A.P.; Andersen, L.B.; Byrne, N.M. Physical Activity and Obesity in Children. *Br. J. Sports Med.* **2011**, *45*, 866–870, doi:10.1136/bjsports-2011-090199.
126. van Ansem, W.J.; Schrijvers, C.T.; Rodenburg, G.; van de Mheen, D. Maternal Educational Level and Children’s Healthy Eating Behaviour: Role of the Home Food Environment (Cross-Sectional Results from the INPACT Study). *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2014**, *11*, 113, doi:10.1186/s12966-014-0113-0.
127. Fernández-Iglesias, R.; Álvarez-Pereira, S.; Tardón, A.; Fernández-García, B.;

- 
- Iglesias-Gutiérrez, E. Adherence to the Mediterranean Diet in a School Population in the Principality of Asturias (Spain): Relationship with Physical Activity and Body Weight. *Nutrients* **2021**, *13*, 1507, doi:10.3390/nu13051507.
128. Howie, E.K.; Straker, L.M. Rates of Attrition, Non-Compliance and Missingness in Randomized Controlled Trials of Child Physical Activity Interventions Using Accelerometers: A Brief Methodological Review. *J. Sci. Med. Sport* **2016**, *19*, 830–836, doi:10.1016/j.jsams.2015.12.520.
129. Remmers, T.; Thijs, C.; Timperio, A.; Salmon, J.O.; Veitch, J.; Kremers, S.P.J.; Ridgers, N.D. Daily Weather and Children's Physical Activity Patterns. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2017**, *49*, 922–929, doi:10.1249/MSS.0000000000001181.
130. Turrisi, T.B.; Bittel, K.M.; West, A.B.; Hojjatinia, S.; Hojjatinia, S.; Mama, S.K.; Lagoa, C.M.; Conroy, D.E. Seasons, Weather, and Device-Measured Movement Behaviors: A Scoping Review from 2006 to 2020. *Int. J. Behav. Nutr. Phys. Act.* **2021**, *18*, 24, doi:10.1186/s12966-021-01091-1.
131. Van Camp, C.M.; Batchelder, S.R.; Irwin Helvey, C. Individual Heart Rate Assessment and Bout Analysis of Vigorous Physical Activity in Children. *J. Appl. Behav. Anal.* **2022**, *55*, 782–798, doi:10.1002/jaba.922.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

# ANEXOS



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Anexo 1 – Artículo 1: Recomendaciones de actividad física media diaria



### Accelerometry-assessed daily physical activity and compliance with recommendations in Spanish children: importance of physical education classes and vigorous intensity

Se puede consultar el contenido íntegro del **Artículo 1** a través de la siguiente referencia bibliográfica / *The full content of Article 1 can be consulted through the following bibliographic reference:*

#### Referencia bibliográfica del Artículo 1 / *Bibliographic reference of Article 1*

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. Accelerometry-Assessed Daily Physical Activity and Compliance with Recommendations in Spanish Children: Importance of Physical Education Classes and Vigorous Intensity. *PeerJ* **2024**, *12*, doi:10.7717/peerj.16990.

#### Resumen / *Abstract*

**Background:** Physical activity (PA) is associated with numerous health benefits. Vigorous PA (VPA) may have a greater impact on public health than lower-intensity PA. The incorporation of a specific recommendation on VPA could complement and improve existing recommendations for average daily moderate-vigorous PA (MVPA). Physical education classes could have a positive impact on children's adherence to average daily physical activity recommendations. The aim was to investigate the association between MVPA and VPA in children, as well as adherence to recommendations, and obesity and the presence of physical education classes.

**Methods:** A cross-sectional study of physical activity was conducted in a sample of 8 and 9-year-old children in Andalusia (Spain). GENEActiv accelerometers were used, placed on the non-dominant wrist for at least eight consecutive days (24-h protocol). School days with and without physical education class, and weekend days were defined. ROC curves were used to calculate the threshold associated with obesity for average daily MVPA and VPA for recommendations.

**Results:** A total of 360 schoolchildren were included in the analyses (184 girls). An average of 7.7 (SD 1.4) valid days per participant were evaluated, with 19.9 (SD 10.5) and 11.4 (SD 5.1) minutes of VPA performed by boys and girls respectively. 25.8% of the participants were classified with central obesity. The optimal threshold determined with ROC analysis was 12.5 and 9.5 minutes of average daily VPA for boys and girls, respectively (RecVPA), and 75 minutes of average daily MVPA for both sexes (RecMVPA). The RecVPA showed stronger association with obesity. On school days with physical education class, compared to days without this class, children showed increased VPA and MVPA engagement and better compliance with recommendations, with smaller differences in adherence according to sex or obesity.

**Conclusions:** On days with physical education class, more physical activity was accumulated at all intensities and greater adherence to the recommendations than on days without this class. VPA had a stronger correlation with the absence of obesity than lower-intensity activity. It was also observed that boys were physically more active and had higher adherence to the recommendations than girls.

## Anexo 2 – Artículo 2: Identificación de actividades de intensidad vigorosa

Rev.Ib.CC. Act. Fis. Dep. 2023; 12(3): 65-84

### THE PHYSICAL EDUCATION CLASS AS A REFERENCE FOR IDENTIFYING VIGOROUS ACTIVITIES USING ACCELEROMETRY IN 8- AND 9-YEAR-OLD CHILDREN

Se puede consultar el contenido íntegro del **Artículo 2** a través de la siguiente referencia bibliográfica / *The full content of Article 2 can be consulted through the following bibliographic reference:*

#### Referencia bibliográfica del Artículo 2 / *Bibliographic reference of Article 2*

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Gómez, S.F.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. The Physical Education Class as a Reference for Identifying Vigorous Activities Using Accelerometry in 8- and 9-Year-Old Children. *Rev. Iberoam. Cienc. Act. Física El Deporte* **2023**, *12*, 65–84, doi:10.24310/riccafd.12.3.2023.17979.

#### Resumen / *Abstract*

**Background:** The World Health Organization recommends that children and adolescents incorporate vigorous intensity activities but does not define how much vigorous physical activity (VPA) is necessary or what should be the duration of the activity sessions. **Objective:** To define the proportion of VPA in the most active physical education classes (PEC) to identify vigorous intensity physical activity sessions (i.e., activities).

**Methods:** The PEC of 490 children (8-9 years old) were evaluated using accelerometry. The health-enhancing PEC were identified through the VPA performed and the weight status of the children. The 66.7 percentile of the VPA performed in the PEC by the children was calculated.

**Results:** The average proportion of VPA of the health-enhancing PEC, and that performed by the most active schoolchildren (66.7 percentile) in the total PEC, show similar results. In boys, a VPA proportion of 16.3% and 16.1% was observed, respectively, and in girls 12.0% and 12.8%.

**Conclusion:** The use of bouts of  $\geq 60$  minutes with  $\geq 16.7\%$  and  $12.5\%$  of VPA in boys and girls, respectively, is proposed to identify vigorous activity sessions with accelerometry.

## Anexo 3 – Artículo 3: Actividades de intensidad vigorosa



### Adherence to the WHO recommendation of three weekly days of vigorous intensity activities in children: an accelerometry study of vigorous physical activity bouts

Se puede consultar el contenido íntegro del **Artículo 3** a través de la siguiente referencia bibliográfica / *The full content of Article 3 can be consulted through the following bibliographic reference:*

#### Referencia bibliográfica del Artículo 3 / Bibliographic reference of Article 3

Benavente-Marín, J.C.; Barón-López, F.J.; Gil Barcenilla, B.; Longo Abril, G.; Rumbao Aguirre, J.M.; Pérez-Farinós, N.; Wärnberg, J. Adherence to the WHO Recommendation of Three Weekly Days of Vigorous Intensity Activities in Children: An Accelerometry Study of Vigorous Physical Activity Bouts. *PeerJ* 2024, 12, doi:10.7717/peerj.16815.

#### Resumen / Abstract

**Background:** The World Health Organization (WHO) recommends that children and adolescents incorporate vigorous intensity activities (VIAs) at least three days a week. This recommendation has not been sufficiently studied using objective methods, such as accelerometry. Physical education classes and extracurricular sports activities are optimal opportunities for compliance with this recommendation. **Objective:** To identify VIAs through bouts of vigorous physical activity (VPA-Bouts) evaluated with accelerometry and, with this, to know the compliance with the recommendation on VIAs.

**Methods:** A cross-sectional study of the habitual physical activity of 353 children (8–9 years old) was carried out using accelerometry and participation in organized extracurricular sports activities was asked through a questionnaire. School days with and without physical education class, weekends, and the average weekly day were identified, as well as school time and out-of-school time. A VPA-Bout was defined as an interval of at least 60 minutes with a proportion of VPA of at least 16.7% in boys and 12.5% in girls (10.0 and 7.5 minutes/hour of VPA, respectively).

**Results:** The average daily time in organized extracurricular sports activities declared by questionnaire and the average daily duration of the VPA-Bouts evaluated with accelerometers in the extracurricular period was 21.3 (SD 19.8) and 23.9 (SD 31.2) minutes, respectively, in boys, whereas, in girls it was 20.2 (SD 17.4) and 11.0 (SD 16.9) minutes, respectively. In school time including a physical education class, there was a higher proportion of VPA-Bouts than without these classes (with: 28.6%, without: 2.1%,  $p < 0.001$ ). Children who reported at least three weekly hours of organized extracurricular sports activities accumulated a higher proportion of school afternoons with VPA-Bouts than those with fewer weekly hours of this type of activities ( $\geq 3$  hours/week: 27.5%,  $< 3$  hours/week: 9.3%,  $p < 0.001$ ). On the weekend, boys who reported at least three weekly hours of organized extracurricular sports activities performed more VPA-Bouts than those participating in less weekly hours, while in girls no significant differences were observed (weekend; boys,  $\geq 3$  hours/week: 26.0%,  $< 3$  hours/week: 9.0%,  $p < 0.001$ ; girls: 8.3%, 8.0%,  $p = 0.917$ ). Compliance with the recommendation to incorporate VIAs at least three days a week was 23.8%. Children who reported at least three weekly hours of extracurricular sports activities achieved higher compliance than those who reported fewer extracurricular activities ( $\geq 3$  hours/week: 35.1%,  $< 3$  hours/week: 12.7%,  $p < 0.001$ ). Additionally, boys showed higher compliance rates than girls (boys: 32.9%, girls: 15.3%,  $p < 0.001$ ).

**Conclusions:** One in every four children met the WHO recommendation to incorporate VIAs at least three days a week, as evaluated by accelerometry. Physical education classes and extracurricular organized sports activities contributed to compliance with this recommendation.

## Anexo 4 – Información y consentimiento informado para las familias



### ESTUDIO SOBRE ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE ANDALUCÍA

Estimados padres, madres, tutores/as legales,

Les agradecemos muy sinceramente la participación de su hijo/a en el Estudio ALADINO.

En Andalucía queremos estudiar con mayor profundidad el nivel de actividad física y descanso de los/as niños/as. Por ello, les invitamos a que permitan que su hijo/a mantenga su participación en una continuación del estudio ALADINO. Gracias a estudios de este tipo podemos contribuir a la mejora de la salud y la educación de nuestros/as niños/as. La participación es muy sencilla y no conlleva absolutamente **ningún riesgo asociado**.

Su hijo/a llevará un **acelerómetro** durante 8-10 días. Se trata de un dispositivo, parecido a un reloj de pulsera, que permite conocer con mucha exactitud la cantidad, calidad y patrón de actividad física y descanso de su hijo/a.

Si Vd. lo desea, le haremos entrega de un informe con los resultados de su hijo/a. Nadie más que Vd. conocerá los resultados individuales de su hijo/a.

Durante la colocación del acelerómetro explicaremos a su hijo/a los siguientes aspectos que ponemos en su conocimiento:



- El personal investigador se encargará de colocar y de retirar el acelerómetro a su hijo/a (8-10 días).
- El acelerómetro irá colocado en la muñeca de la mano no dominante (diestros en la izquierda, zurdos en la derecha), directamente sobre la piel y lo suficientemente ajustado para que no se mueva.
- Lo ideal es NO retirar el acelerómetro en todo el proceso de evaluación. Es resistente al agua y hay que dormir con él para obtener datos de la actividad física acuática (natación, etc.), el baño personal y el descanso nocturno. Si lo retiran ante una situación excepcional (por ejemplo, una resonancia magnética), vuelvan a colocarlo de nuevo a su hijo/a en la muñeca de la mano no dominante lo antes posible.
- En actividades deportivas con contacto (fútbol, baloncesto, etc.) pueden utilizar una muñequera para cubrirlo y así proteger el acelerómetro y evitar rozar con él a otros.

Este acelerómetro será utilizado por otros niños/as participantes en el estudio. Por eso les pedimos que lo cuiden, y eviten que se estropee o pierda.

#### Protección de la confidencialidad y los datos

La participación en esta investigación es completamente voluntaria. Toda la información que nos proporcione será estrictamente confidencial. Los datos del acelerómetro se codificarán y se guardarán protegidos con contraseña. No aparecerán datos personales, ya que se identificará a los participantes mediante un código.

El estudio sigue las directrices de la declaración de Helsinki sobre principios éticos en investigación. Sus datos personales serán tratados en conformidad con el Reglamento (UE) 2016/679, de 27 de abril de 2016 y al Real Decreto 1720/2007, de 21 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de desarrollo de la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal y garantía de los derechos digitales y la Ley 14/2007 de Investigación Biomédica. Tiene el derecho de retirar el consentimiento, a ejercer el derecho de acceso, rectificación, portabilidad y supresión de sus datos y a la limitación u oposición a su tratamiento, enviando un escrito al correo electrónico [actividadfisica@uma.es](mailto:actividadfisica@uma.es).

Los resultados obtenidos de este estudio pueden ser publicados de manera anonimizada y la identidad de los participantes, nunca y bajo ningún concepto, será facilitada.

#### Consentimiento Informado

Le rogamos que acepte la participación de su hijo/a en este estudio, rellenando y **firmando** el documento llamado consentimiento informado y lo devuelva a su centro escolar. Para cualquier duda, o para pedir más información sobre el proyecto, póngase en contacto con el equipo investigador responsable del estudio a través del correo electrónico [actividadfisica@uma.es](mailto:actividadfisica@uma.es) o del número de teléfono 951 952 840.

De antemano, les agradecemos su participación en este estudio.



ESTUDIO SOBRE ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE ANDALUCÍA

**CONSENTIMIENTO INFORMADO,  
EJEMPLAR PARA LA FAMILIA**

**IDENTIFICACIÓN DEL NIÑO O NIÑA**

- Nombre del centro escolar: .....
- Nombre y apellidos del niño/a: .....
- Sexo:  Niño       Niña
- Fecha de nacimiento: DÍA: \_\_\_ / MES: \_\_\_ / AÑO: \_\_\_\_\_

**¿Cuál es su relación con el niño/a?**

- Soy su madre     Soy su padre     Otros (especificar) .....

Por favor, marque las casillas según corresponda:

Sí, autorizo a que mi hijo/a participe en el estudio "Actividad Física en escolares de Andalucía"

Sí, deseo recibir un informe personalizado con los resultados de mi hijo/a.

Deseo que se entregue el informe a mi hijo/a en el colegio.

Deseo recibir el informe por correo electrónico:

.....@.....

NO, no deseo recibir un informe con los resultados de mi hijo/a

NO, no deseo que mi hijo/a participe en el estudio "Actividad Física en escolares de Andalucía "

Nombre y apellidos (padre / madre / tutor): .....

\_\_\_ / \_\_\_ / 2019

Firma: .....



ESTUDIO SOBRE ACTIVIDAD FÍSICA EN ESCOLARES DE ANDALUCÍA

**CONSENTIMIENTO INFORMADO,**

**EJEMPLAR PARA DEVOLVER FIRMADO AL CENTRO ESCOLAR**

**IDENTIFICACIÓN DEL NIÑO O NIÑA**

- Nombre del centro escolar: .....
- Nombre y apellidos del niño/a: .....
- Sexo:  Niño       Niña
- Fecha de nacimiento: DÍA: \_\_\_ / MES: \_\_\_ / AÑO: \_\_\_\_\_

**¿Cuál es su relación con el niño/a?**

- Soy su madre     Soy su padre     Otros (especificar) .....

Por favor, marque las casillas según corresponda:

- Sí, autorizo a que mi hijo/a participe en el estudio "Actividad Física en escolares de Andalucía"
- Sí, deseo recibir un informe personalizado con los resultados de mi hijo/a.
  - Deseo que se entregue el informe a mi hijo/a en el colegio.
  - Deseo recibir el informe por correo electrónico:

.....@.....

- NO, no deseo recibir un informe con los resultados de mi hijo/a
- NO, no deseo que mi hijo/a participe en el estudio "Actividad Física en escolares de Andalucía "

Nombre y apellidos (padre / madre / tutor): .....

\_\_\_ / \_\_\_ / 2019

Firma: .....



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Anexo 5 – Informe de resultados individuales para las familias

### Estudio de Actividad Física y Sueño con Acelerometría.

*Este informe ha sido realizado por el Grupo de Investigación EpiPHAAN (Epidemiología, Actividad física, Acelerometría y Nutrición) de la Universidad de Málaga y el Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA).*

#### Participante estudiado:

- Alumno: **Alumno**
- Colegio: **[REDACTED]**
- Código oficial del colegio: **[REDACTED]**
- Localidad: **[REDACTED]**
- Clase: 3º **[REDACTED]**
- Fecha de Evaluación: 2019-**[REDACTED]**-**[REDACTED]**

#### ¿En qué consiste la acelerometría?

En nuestro grupo de investigación (EpiPHAAN) utilizamos la acelerometría para conocer de manera objetiva los **hábitos de actividad física, inactividad y sueño** de individuos y grupos de población. Para ello, utilizamos un dispositivo similar a un reloj de muñeca llamado **acelerómetro**, que mide el movimiento de la persona que lo lleva puesto durante varios días seguidos.

#### Evaluación de la actividad física, la inactividad y el sueño

A continuación, se muestran los resultados medios de *Actividad Física de intensidad Moderada-Vigorosa (AFMV)*, de *Inactividad* y de *Descanso nocturno*, obtenidos por **Alumno** en el marco del **Estudio ALADINO 2019**. Además, encontrarán los resultados estratificados por días lectivos o no lectivos y por días evaluados válidos.

En los días con actividad lectiva, además de mostrarse el total de actividad física e inactividad, se desglosan los resultados en tres tramos del día:

- *Antes de la jornada escolar:* desde que **Alumno** se levanta de la cama tras el descanso nocturno hasta el inicio de la jornada escolar.
- *Durante la jornada escolar:* donde se muestran los resultados obtenidos durante el recreo, las clases de educación física y el resto de la jornada escolar.
- *Después de la jornada escolar:* desde que finaliza la jornada escolar hasta que se acuesta en la cama para el descanso nocturno.

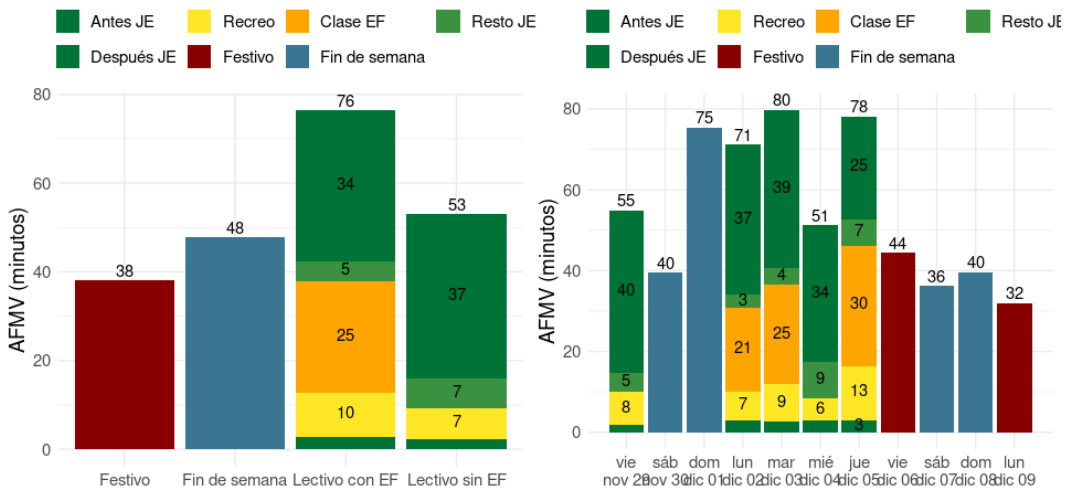
## Actividad física de intensidad moderada-vigorosa (AFMV)

Según la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, en los/as niños/as y adolescentes (5-17 años), la realización de actividad física regular promueve la mejora de la forma física (funciones cardiorespiratorias y musculares), la salud cardiometabólica (tensión, dislipidemia, glucosa y resistencia a la insulina), la salud ósea, los resultados cognitivos (desempeño académico y función ejecutiva), la salud mental (menor presencia de síntomas de depresión) y menor adiposidad. En las [Directrices de la OMS sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios \(2021\)](#) se recomienda realizar **al menos una media de 60 minutos de actividad física diaria de intensidad moderada a vigorosa** a lo largo de la semana.

**Alumno** ha realizado de media **55 minutos de AFMV diaria**.

En los gráficos que se muestran a continuación, en los días lectivos se presenta la AFMV diaria, así como la realizada antes y después de la jornada escolar. Además, se muestra la AFMV de la jornada escolar dividida en recreos, clases de educación física y el resto de la jornada escolar.

En el **Gráfico 1** (izquierda) se presentan los resultados medios de AFMV diaria de días lectivos, con y sin clase de educación física, y de días no lectivos. En el **Gráfico 2** (derecha) se encuentran los resultados de AFMV divididos por días evaluados válidos.



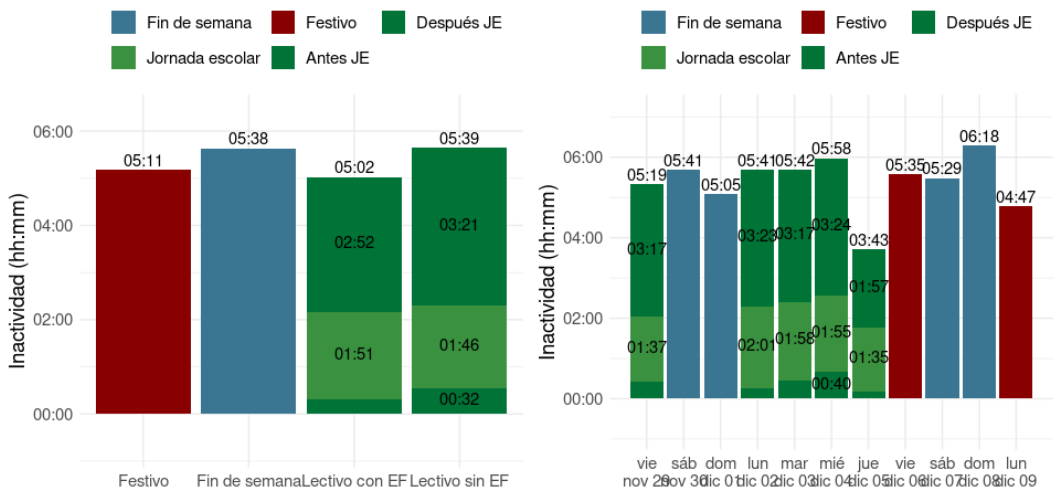
JE: Jornada escolar; EF: Educación física

## Inactividad

En las [Directrices de la OMS sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios \(2021\)](#) se asocia un mayor sedentarismo (inactividad) en niños/as y adolescentes (5-17 años) con los siguientes malos resultados de salud: mayor adiposidad, peor salud cardiometabólica, peor forma física y menor duración del sueño. Por ello, la OMS recomienda que **se limite todo lo posible** el tiempo dedicado a actividades sedentarias, especialmente el tiempo de ocio delante de una pantalla (televisión, ordenador, tablet, móvil, videojuegos, etc.).

**Alumno** ha acumulado de media **5 horas y 23 minutos de inactividad diaria**.

En el **Gráfico 3** (izquierda) se presentan los resultados medios de inactividad de días lectivos, con y sin clase de educación física, y de días no lectivos. En el **Gráfico 4** (derecha) se encuentran los resultados de inactividad divididos por días evaluados válidos.



*JE: Jornada escolar; EF: Educación física*

## Descanso nocturno

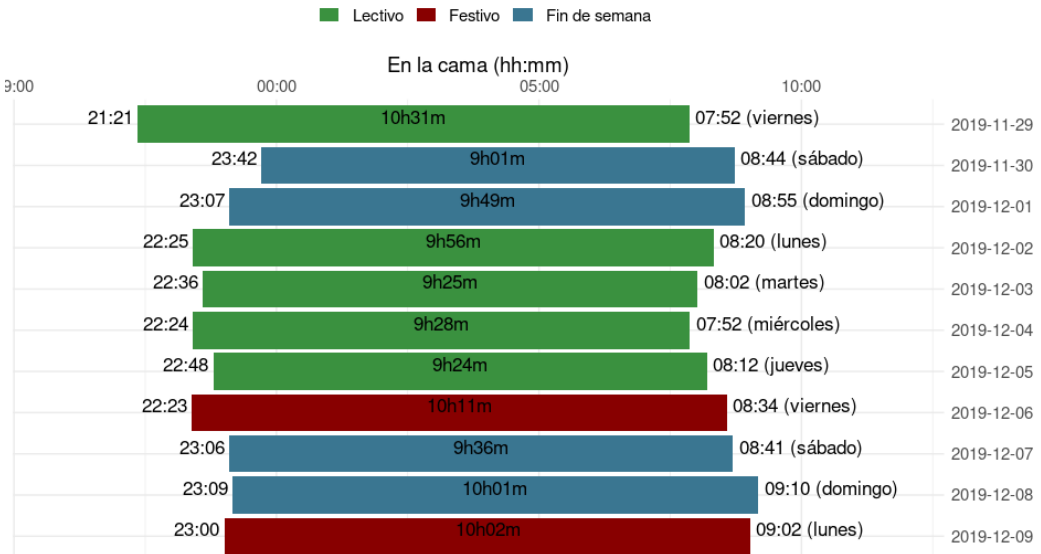
La *American Academy of Sleep Medicine (AASM)*, avalada por la *American Academy of Pediatrics (AAP)*, establece para niños/as entre 6-12 años un **rango saludable de sueño de entre 9 y 12 horas diarias**. Dormir suficiente es clave para mantener una salud y rendimiento óptimo, tanto físico como intelectual.

**Alumno** ha acumulado de media **9 horas y 46 minutos de descanso nocturno**.

En el **Gráfico 5** se muestran con mayor detalle los resultados medios de descanso nocturno, así como la hora media de entrada y de salida de la cama. Los resultados están divididos en días lectivos y no lectivos.

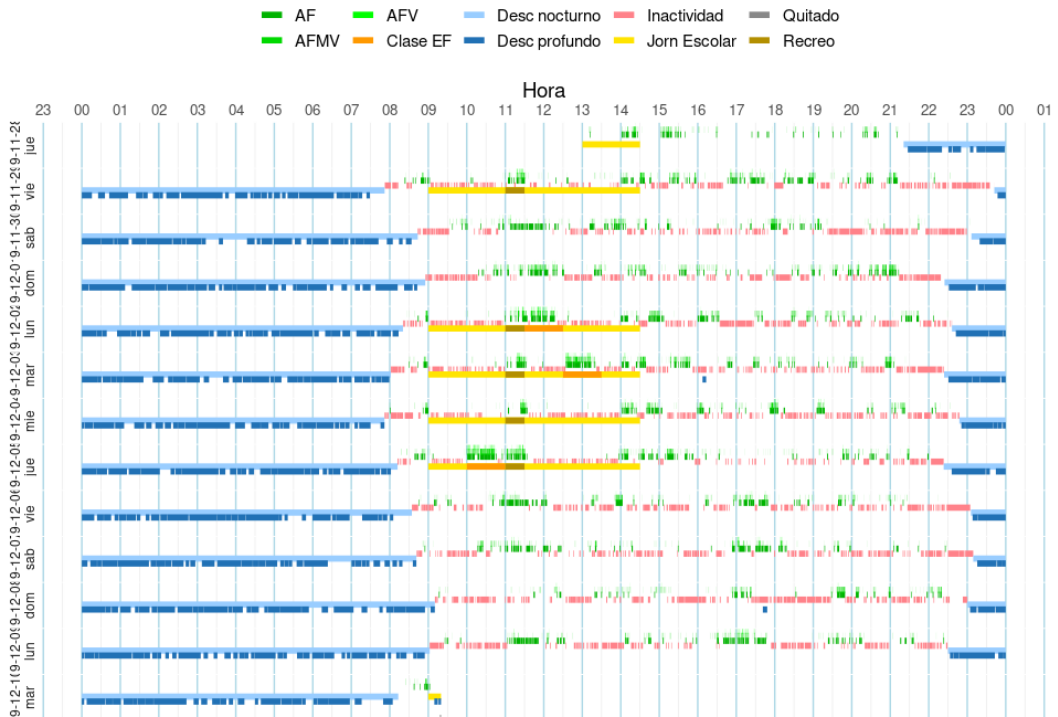


En el **Gráfico 6** se muestran los resultados de descanso nocturno, así como la hora estimada de entrada y de salida de la cama, divididos en días evaluados válidos.



## Resumen gráfico de la evaluación completa

En el **Gráfico 7**, a modo de resumen, se muestra cuándo **Alumno** ha realizado actividad física, inactividad y descanso nocturno, durante los días evaluados válidos. Encontrarán la actividad física realizada de cualquier intensidad (AF), la realizada de intensidad moderada-vigorosa (AFMV), así como la realizada de intensidad vigorosa (AFV). Además del tiempo estimado que **Alumno** ha estado en la cama para el descanso nocturno (Desc Nocturno), se muestra cuando se estima que ha estado más profundamente dormido/a (Desc profundo). También aparece la Jornada escolar (Jorn Escolar), el Recreo y la/s Clase/s de educación física (Clase EF).



## Muchas gracias por su colaboración

La Evaluación mediante acelerometría nos permite conocer de manera objetiva los hábitos de actividad física, inactividad y descanso nocturno de la población infantil andaluza, lo cual puede traducirse en medidas de mejora concretas en el ámbito educativo y sanitario.

Estaremos encantados de volver a contar con su participación en alguno de nuestros proyectos. Pueden contactar con nuestro grupo de investigación de la Universidad de Málaga (EpiPHAAN) para poder informarles de todo a través de nuestra página web [www.epiphaan.uma.es](http://www.epiphaan.uma.es), del email [actividadfisica@uma.es](mailto:actividadfisica@uma.es) o del teléfono 951952840.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

## Anexo 6 – Informe de resultados grupales para los colegios

### Evaluación de Acelerometría.

Este informe ha sido realizado por el [Grupo de Investigación EpiPHAAN \(Epidemiología, Actividad física, Acelerometría\)](#) de la Universidad de Málaga y el Instituto de Investigación Biomédica de Málaga (IBIMA), en colaboración con la Fundación GASOL.

#### Grupo estudiado:

- Colegio: [REDACTED]
- Código oficial del colegio: [REDACTED]
- Localidad: [REDACTED]
- Clase: 3º [REDACTED]
- Número de alumnos: 19/23 (83%)
- Fecha de inicio de evaluación: 2019-[REDACTED]-[REDACTED]

#### ¿En qué consiste la acelerometría?

La acelerometría tiene múltiples aplicaciones. En nuestro grupo de investigación (EpiPHAAN) la utilizamos para conocer de manera objetiva los **hábitos de actividad física, inactividad y descanso nocturno** de individuos o grupos de población. Para ello, utilizamos un dispositivo similar a un reloj de muñeca llamado **acelerómetro**, que nos sirve para medir el movimiento del individuo que lo lleva puesto durante varios días seguidos.

#### Evaluación de la actividad física, la inactividad y el descanso

A continuación, se presenta información de interés y se muestran los resultados medios de *Actividad Física a intensidad Moderada-Vigorosa (AFMV)*, de *Inactividad* y de *Descanso nocturno*, obtenidos por el grupo evaluado en el marco del Estudio PASOS. Encontrarán resultados sobre el total de participantes, así como estratificados por sexo, por días lectivos o no lectivos y por días evaluados válidos.

En los días con actividad lectiva, además de mostrarse el total de actividad física e inactividad, se desglosan los resultados en tres tramos del día:

- *Antes de la jornada escolar*: Desde que los participantes se levantan de la cama tras el descanso nocturno hasta el inicio de la jornada escolar.
- *Durante la jornada escolar*.
- *Después de la jornada escolar*: Desde que finaliza la jornada escolar hasta se acuestan en la cama para el descanso nocturno.

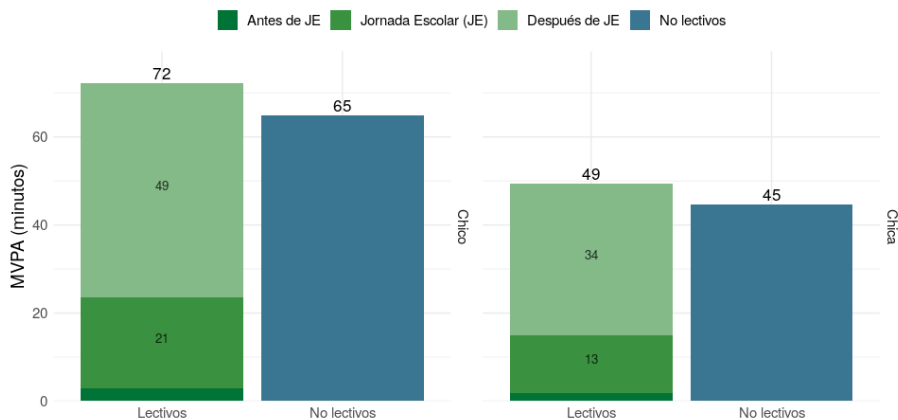
## Actividad física a una intensidad al menos moderada

Según la *Organización Mundial de la Salud (OMS)*, en los/as niños/as y adolescentes (5-17 años), la realización de actividad física regular promueve: la mejora de la forma física (funciones cardiorespiratorias y musculares), la salud cardiometabólica (tensión, dislipidemia, glucosa y resistencia a la insulina), la salud ósea, los resultados cognitivos (desempeño académico y función ejecutiva) y la salud mental (menor presencia de síntomas de depresión) y menor adiposidad. En las [Directrices de la OMS sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios \(2021\)](#) recomienda realizar **al menos una media de 60 minutos de actividad física diaria de intensidad moderada a vigorosa (AFMV)** a lo largo de la semana.

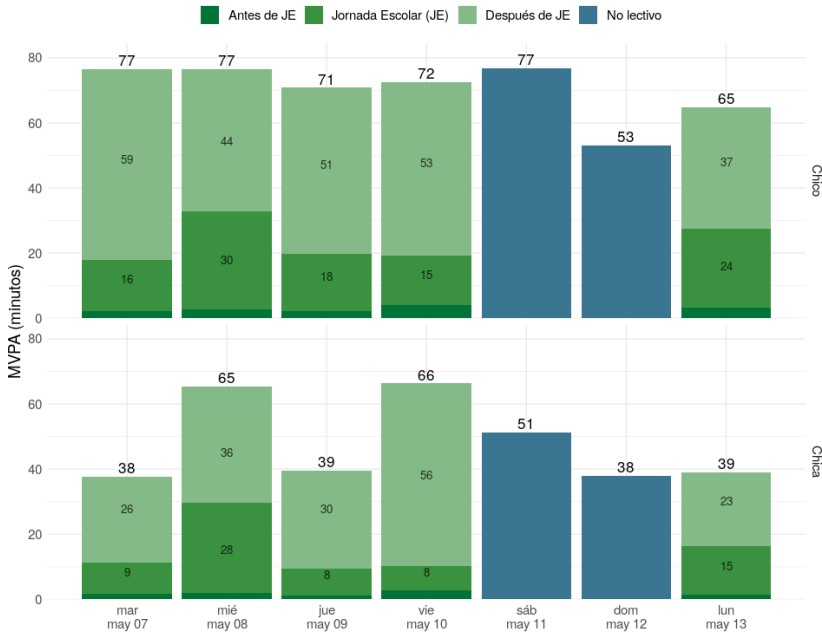
En el grupo evaluado en su centro educativo, de media han realizado **60 minutos de AFMV diaria** (por sexo, los chicos han realizado 70 minutos y las chicas 47 minutos de AFMV diaria).

En los siguientes gráficos, en los resultados para días lectivos se presenta el valor medio total y el valor medio de antes, durante y después de la jornada escolar.

En el **Gráfico 1** se presentan los resultados medios divididos por días lectivos y no lectivos, y por sexo.



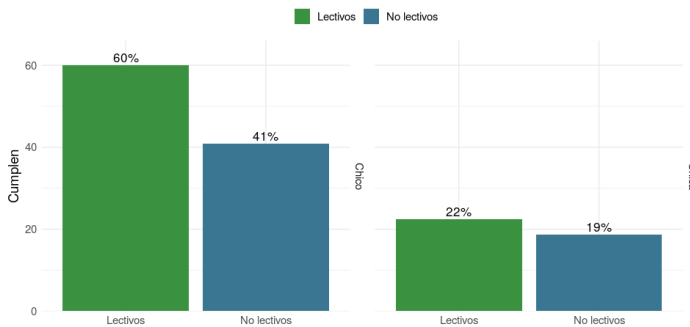
En el **Gráfico 2** los resultados de AFMV se encuentran divididos por días evaluados válidos y por sexo.



## Cumplimiento (%) de las recomendaciones de actividad física

A continuación, se muestra el porcentaje de participantes que de media acumularon al menos 60 minutos de MVPA durante los días evaluados. O sea, los niños/as que alcanzaron las recomendaciones de la OMS durante los días que fueron evaluados. El **41% de los escolares evaluados cumplió con la recomendación de la OMS** (chicos 55% y chicas 21%).

En el **Gráfico 3** se presentan el cumplimiento dividido por días lectivos y no lectivos, y por sexo.

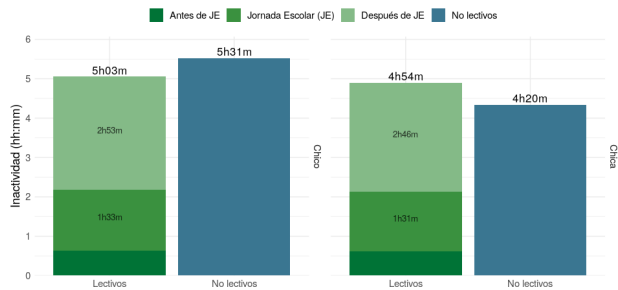


## Inactividad

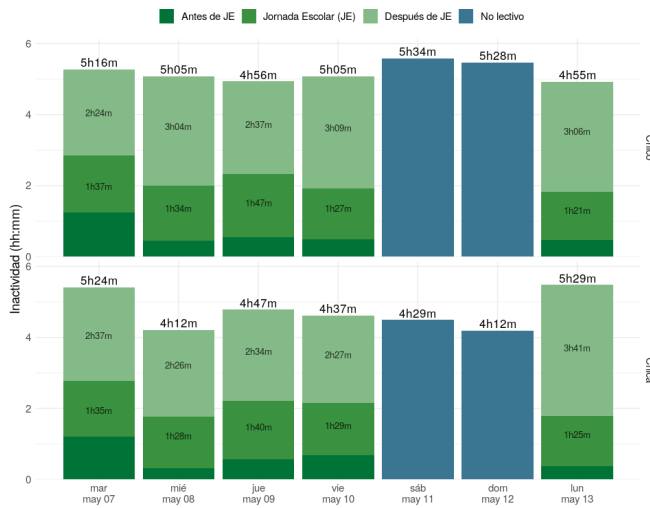
En las [Directrices de la OMS sobre Actividad Física y Comportamientos Sedentarios \(2021\)](#) se asocia un mayor sedentarismo (inactividad) en niños/as y adolescentes (5-17 años) con los siguientes malos resultados de salud: mayor adiposidad, peor salud cardiometabólica, forma física y comportamiento/conducta prosocial y menor duración del sueño. Por ello, la OMS recomienda que **se limite todo lo posible** el tiempo dedicado a actividades sedentarias, especialmente el tiempo de ocio delante de una pantalla (televisión, ordenador, tablet, móvil, videojuegos, etc.).

En el grupo evaluado en su centro educativo, de media han acumulado **5h02m de inactividad diaria** (por sexo, los chicos han acumulado 5h15m y las chicas 4h46m de inactividad).

En el **Gráfico 4** se presentan los resultados medios de inactividad divididos por días lectivos y no lectivos, y por sexo.



En el **Gráfico 5** los resultados de inactividad se encuentran divididos por días evaluados válidos y por sexo.

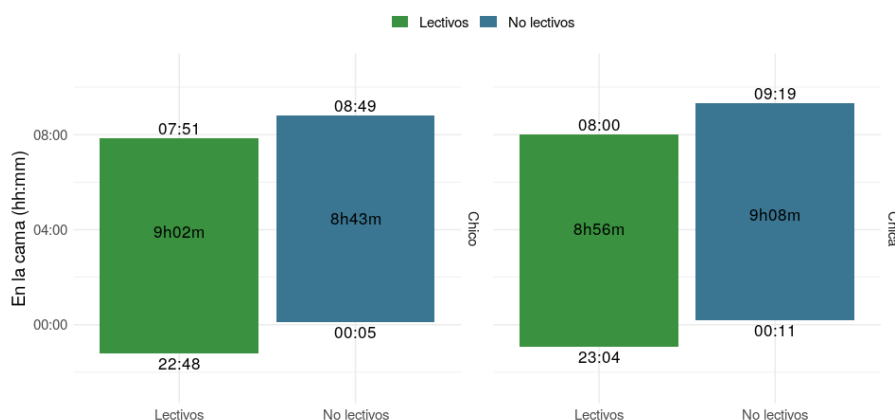


## Descanso nocturno

El descanso nocturno es tan importante como el resto de variables estudiadas para mantener una salud y rendimiento óptimo, tanto físico como intelectual. La American Academy of Sleep Medicine (AASM), avalada por la American Academy of Pediatrics (AAP), establece para niños/as entre 6-12 años un **rango saludable de sueño de entre 9 y 12 horas diarias**.

En el grupo evaluado en su centro educativo, de media han acumulado **8h58m de descanso nocturno** (por sexo, los chicos han acumulado 8h58m horas y las chicas 8h59m de descanso nocturno).

En el **Gráfico 6** se muestran los resultados medios de descanso nocturno, así como la hora media de entrada y de salida de la cama. Los resultados están divididos en días lectivos y no lectivos, y por sexo.



## Muchas gracias por su colaboración

La **Evaluación mediante acelerometría** se ha realizado exclusivamente en Andalucía. Nos permitirá conocer de manera objetiva los hábitos de actividad física, inactividad y descanso nocturno de la población andaluza infantil, lo cual puede traducirse en medidas de mejora concretas en el ámbito educativo y sanitario.

Estaremos encantados de volver a contar con su participación en alguno de nuestros proyectos. Por lo que, no duden en contactar con nuestro grupo de investigación de la Universidad de Málaga (EpiPHAAN) para poder informarles de todo, a través de nuestra página web [www.epi-phaan.uma.es](http://www.epi-phaan.uma.es), del email [actividadfisica@uma.es](mailto:actividadfisica@uma.es) o del teléfono 951952840.



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

# Anexo 7 – Informe de resultados grupales para los colegios (póster A3)

## Estudio de Acelerometría en escolares andaluces

CEIP [REDACTED]

### Participantes

En este estudio han participado **22/25 (88%)** escolares de la clase 3º A, del CEIP [REDACTED] de [REDACTED].

Fecha de inicio de evaluación: 2020-02-25

### Acelerometría

¿En qué consiste?

La acelerometría tiene múltiples aplicaciones. En nuestro grupo de investigación de la Universidad de Málaga la utilizamos para conocer de manera objetiva los hábitos de actividad física, inactividad y descanso nocturno de individuos y/o grupos de población. Para ello, utilizamos un dispositivo similar a un reloj de muñeca llamado **acelerómetro**, que nos sirve para medir el movimiento del individuo que lo lleva puesto durante varios días seguidos.



Acelerómetro en la muñeca de un participante

Continuación, les mostramos los resultados medios de actividad física moderada-intensa (MVPA, por sus siglas en inglés), de inactividad y de descanso nocturno del grupo de participantes evaluados en este colegio.

Podrán observar los resultados divididos en días lectivos o no lectivos, así como día a día evaluado. En los días lectivos, además de los resultados medios del día, les mostramos los resultados obtenidos durante la jornada escolar, desde que se levantan hasta que comienzan la jornada escolar (antes de la jornada escolar) y desde que finalizan la misma hasta que se acuestan para el descanso nocturno (después de la jornada escolar). Además, los resultados se muestran para chicos y chicas por separado.

### Resultados

#### Actividad física moderada-intensa

La actividad física a una intensidad al menos moderada es un factor protector de la salud y el rendimiento, tanto físico como intelectual. Los el grupo de participantes de este colegio, de media han realizado **46 minutos de MVPA** al día. Los chicos han realizado 52 minutos y las chicas 42 minutos de MVPA al día.



MVPA (minutos)



MVPA (minutos)

#### Cumplimiento de las recomendaciones de actividad física de la OMS

La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda que los niños/as y adolescentes de entre 5 y 17 años realicen al menos 60 minutos de MVPA cada día. En el grupo evaluado, el **29%** de los escolares realizó de media al menos 60 minutos de MVPA (chicos 38% y chicas 22%), superando el mínimo recomendado por la OMS.



Cumplimiento



Cumplimiento

### Inactividad

La inactividad, por contra, es un factor de riesgo de enfermedad. Los participantes evaluados han acumulado de media **6h08m** de inactividad (chicos 6h44m y chicas 5h41m).



Inactividad (h:mm)



Inactividad (h:mm)

### Descanso nocturno

Para niños/as de entre 6-12 años se recomienda entre 9-12 horas de sueño. Los participantes evaluados han acumulado de media **9h16m** de descanso nocturno (chicos 9h11m y chicas 9h19m).



En la cama (h:mm)



En la cama (h:mm)

**Gracias a todos los participantes, a sus familias y al centro educativo por hacer posible este estudio.**

Este informe ha sido realizado por el Grupo de Investigación en acelerometría de la Universidad de Málaga (actividad.fisica.uma.es), en colaboración con la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.









UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

---

# APORTACIONES DEL DOCTORANDO

Para llevar a término la presente tesis doctoral, el doctorando ha participado en buena parte de los procesos que han culminado en el estudio de la actividad física mediante acelerometría en escolares andaluces de 8 y 9 años, así como en su posterior análisis y publicación de resultados.

Participó en el **diseño de la metodología** de estudio para la evaluación mediante acelerometría, descrita en profundidad en la sección de *Metodología y diseño de la investigación* de la presente tesis doctoral.

Fue el encargado de **planificar, coordinar y llevar a cabo todas las recogidas de datos** de las evaluaciones de la actividad física mediante acelerometría en escolares andaluces de 8 y 9 años, asociadas al Estudio PASOS 2019-20, al Estudio ALADINO 2019 y al Estudio PASOS 2022-23. Organizó las recogidas de datos, en coordinación con los 44 colegios que aceptaron participar, contactando telefónicamente y llevando a cabo reuniones por videollamada con el profesorado. Visitó cada uno de los 33 colegios evaluados en dos ocasiones, para colocar y retirar los acelerómetros individualmente a cada participante.

Fue el **coordinador autonómico** en Andalucía de la recogida de datos de los Estudios PASOS 2019-20 y 2022-23. Por ello, fue también el encargado de la realización de las evaluaciones antropométricas y de la gestión de toda la documentación manejada en dichos estudios. Además, en el Estudio PASOS se utilizó otro modelo de acelerómetro distinto al usado para la presente tesis doctoral, lo que permitió al doctorando conocer el funcionamiento de otros dispositivos y adquirir una visión más amplia de la acelerometría.

Conforme se han ido recopilando datos, el doctorando ha participado con un papel protagonista en el **análisis y generación de resultados** científicos, participando con el mismo nivel de implicación en el **diseño de los informes de resultados** para las familias y los colegios.

Es el **responsable principal de las decisiones metodológicas de procesamiento** de datos de acelerometría que se han llevado a cabo en los artículos que conforman la presente tesis doctoral.

En definitiva, el doctorando ha participado de manera protagonista en el diseño y ejecución del estudio de la actividad física evaluada mediante acelerometría en escolares andaluces de 8 y 9 años, que ha dado lugar a la presente tesis doctoral.