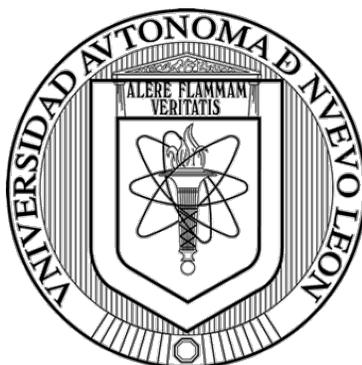


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**RELACIÓN DE LA MADURACIÓN BIOLÓGICA CON LA APTITUD FÍSICA EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**POR**

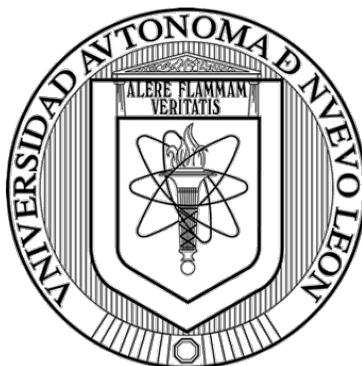
**MCSP. IVONNE AZERET ESTRADA SÁNCHEZ**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Noviembre , 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**RELACIÓN DE LA MADURACIÓN BIOLÓGICA CON LA APTITUD FÍSICA EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA  
POR  
MCSP. IVONNE AZERET ESTRADA SÁNCHEZ**

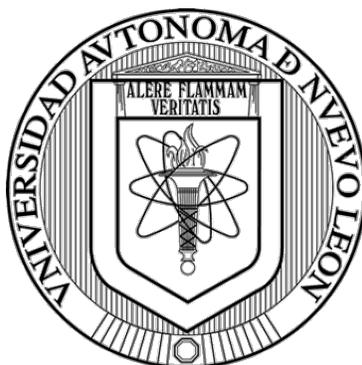
**DIRECTOR DE TESIS  
DR. EN C. RICARDO LÓPEZ GARCÍA**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Noviembre , 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**RELACIÓN DE LA MADURACIÓN BIOLÓGICA CON LA APTITUD FÍSICA EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**POR**

**IVONNE AZERET ESTRADA SÁNCHEZ**

**CO-DIRECTORA DE TESIS**

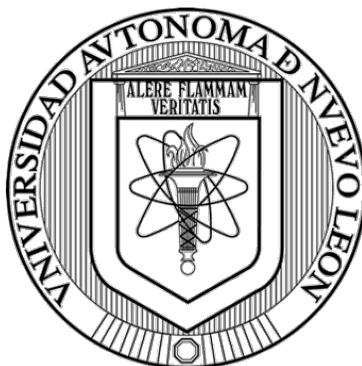
**DRA. MED. GEORGINA MAYELA NÚÑEZ ROCHA**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Noviembre , 2024

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**RELACIÓN DE LA MADURACIÓN BIOLÓGICA CON LA APTITUD FÍSICA EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE  
DOCTORA EN CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**POR**

**IVONNE AZERET ESTRADA SÁNCHEZ**

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. JOSÉ OMAR LAGUNES CARRASCO**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

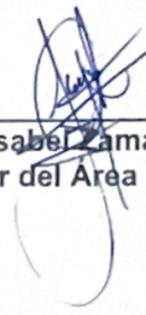
Noviembre, 2024

**Dr. Ricardo López García** , como Director de tesis interno(a) de la Facultad de Organización Deportiva, acredito que el trabajo de tesis doctoral del (la) **MCSP. Ivonne Azeret Estrada Sánchez** titulado **“RELACIÓN DE LA MADURACIÓN BIOLÓGICA CON LA APTITUD FÍSICA EN ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS”** se ha revisado y concluido satisfactoriamente, bajo los estatutos y lineamientos marcados en la guía de la escritura de tesis de doctorado, propuesta por el comité doctoral de nuestra facultad, recomendando dicha tesis para su defensa con opción al grado de **Doctor en Ciencias de la Cultura Física**.



---

**Dr. Ricardo López García**  
**DIRECTOR DE TESIS**



---

**Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera**  
**Subdirector del Area de Posgrado**

**“Relación de la maduración biológica con la aptitud física en escolares de 9 a 15 años”**

**Presentado por:**

**MCSP. Ivonne Azeret Estrada Sánchez**

**Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:**



---

**Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola**  
**Facultad de Organización Deportiva**  
**Presidente**



---

**Dr. Ricardo Navarro Orocio**  
**Facultad de Organización Deportiva**  
**Secretario**



---

**Dr. Luis Enrique Carranza García**  
**Facultad de Organización Deportiva**  
**Vocal 1**



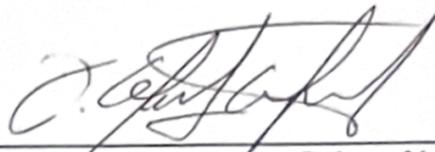
---

**Dr. Heriberto Castro García**  
**Facultad de Salud Pública y Nutrición**  
**Vocal 2**



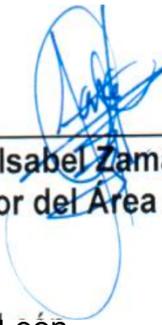
---

**Dra. Marisol Gómez Nava**  
**Facultad de Salud Pública y Nutrición**  
**Vocal 3**



---

**Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed**  
**Facultad de Organización Deportiva**  
**Suplente**



---

**Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera**  
**Subdirector del Área de Posgrado**

San Nicolás de los Garza, Nuevo León

Noviembre, 2024

## **Agradecimientos**

Mis agradecimientos van hacia Dios como base de mi vida, ya que se que gracias a Él he podido conocer a personas que me han impulsado a crecer.

A través de la vida he intentado siempre buscar el bien para todos y el objetivo de seguirme preparando es para poder seguir ofreciendo calidad en lo que hago.

Agradezco a mi familia principalmente porque sin ellos no tendría ese apoyo incondicional cada vez que se me cerraba el mundo.

Recordar que familia es un concepto que uno toma como importancia a las personas que se han convertido en ella sin necesidad de tener un gen compatible, a mi Madre, mi hermano y mis sobrinos, a Bere y su familia, a Andrea, Cuquis y a mis amigos cercanos que siempre me alentaban a seguir y terminar el proyecto.

A mis maestros, a la Dra. Georgina, al Dr. Ricardo Navarro, Dr. Lagunes, Dra. Perla, Dra. Blanca Rangel, Dra. Myriam y a mi asesor el Dr. Ricardo porque sin ellos como base, esta tesis no sería posible, fueron parte de mi crecimiento académico en este posgrado.

A mis compañeras de estudio, las hijas de la tía Cony por siempre estar apoyándonos en todas las circunstancias tanto escolares, profesionales y personales.

Y agradezco a la vida por seguirme dando oportunidades como estas increíbles para seguir preparándome.

## Resumen

**Introducción.** La maduración biológica es un proceso gradual en el tiempo en donde existen modificaciones cualitativas, anatómicas y fisiológicas durante la etapa de la pubertad la cual según la Organización Mundial de la Salud (OMS) comprende las edades entre 10 y 19 años en donde cada individuo nace con su propio reloj biológico independientemente de su edad cronológica y siendo el pico de velocidad de crecimiento (PVC) el momento exacto quien hace que estos cambios sucedan.

**Objetivo.** En este estudio se propuso relacionar la maduración biológica a partir del PVC con las aptitudes físicas de escolares de 9 a 15 años de manera longitudinal.

**Metodología.** El estudio que se planteó fue descriptivo, correlacional y longitudinal. La población de estudio se conformó por  $n = 346$  escolares pertenecientes a 5 escuelas primarias y 1 secundaria, participaron los grados de 4, 5 y 6 año de primaria y 1, 2 y 3 año de secundaria respectivamente. Previamente se realizó un consentimiento y asentimiento informado con toda la información del estudio, se excluyeron a aquellos sujetos que no cumplieran con los criterios de selección.

Para determinar el tamaño muestral se utilizó la fórmula para una población finita que considera el número total de individuos (N) y se establecieron un nivel de confianza de  $Z\alpha = 1,96$  y una seguridad del 95% ( $p = 0,05$ ), así como una precisión (d) específica. Esto permitió calcular el número de individuos representativos necesarios para la muestra, asegurando que los resultados fueran estadísticamente significativos y confiables, de acuerdo con los métodos descritos por Fernández (1996).

Se realizaron pruebas físicas, para evaluar la resistencia se utilizó la prueba de Course Navette, para la valoración de la fuerza se utilizó la fuerza de prensión

manual (FPM) con dinamómetro digital, y para la potencia la prueba de CMJ con brazos (salto) con la App Myjump2 siendo estas pruebas aptas para escolares, para las variables antropométricas se tomaron datos de peso, talla, talla sentada, longitud de pierna, edad cronológica y se aplicó la ecuación de Mirwald para estimar el grado de maduración, el Pico de velocidad de crecimiento (PVC) y el índice de maduración biológica (IMB). Se usó estadística descriptiva e inferencial, se realizó el análisis de Kolmogorov Smirnov con corrección de Lilliefors para explorar la distribución de las variables, se decidió realizar pruebas no paramétricas para los análisis inferenciales, se realizó una prueba de correlación de Spearman que permitió conocer la relación de las aptitudes físicas con el índice de maduración biológica, y por último se utilizó la prueba de Wilcoxon para conocer el comportamiento de las aptitudes físicas de los escolares en su evaluación inicial y final. El análisis de los datos se realizó con el programa de análisis estadístico SPSS versión 25.0, con estadísticos descriptivos e inferencial,

**Resultados:** Se observaron diferencias en todos los grupos en cuanto a la evaluación antropométrica, siendo significativo donde el IMB es más cercano al PVC (0) tanto en la primera como en la segunda toma, y los cambios de las aptitudes físicas en la evaluación pre y post de la fuerza y potencia fueron significativos en ambos sexos en los grupos más cercanos al PVC, y la resistencia solo en el sexo masculino.

**Conclusiones:** Se concluye que existe una relación entre la maduración biológica y las aptitudes físicas en los escolares, acentuando cambios cuando el individuo está cerca del PVC, demostrando que es indispensable tomar en cuenta la valoración del PVC en los escolares que están pasando por el proceso de la pubertad para poder establecer métodos efectivos de entrenamiento sobre su crecimiento biológico y así disminuir las bajas deportivas por atletas maduradores tempranos o tardíos.

## Tabla de contenido

<b>Introducción</b> .....	1
Justificación .....	3
Planteamiento del problema .....	4
Enfoque metodológico .....	5
Objetivo general .....	7
Objetivos específicos .....	7
<b>Capítulo I. Fundamentos teóricos</b> .....	8
Pubertad .....	8
Cambios en la pubertad .....	9
Maduración biológica .....	9
Métodos de evaluación de la maduración biológica.....	10
Maduración somática y pico de velocidad de crecimiento (PVC) .....	13
Aptitud física .....	16
Concepto de aptitud física.....	16
Evaluación de la aptitud física.....	17
Resistencia .....	17
Fuerza .....	19
Tipos de fuerza.....	19
Test de fuerza .....	21
Composición corporal.....	22
Composición corporal en niños y adolescentes .....	23
Antecedentes de otros estudios .....	24
<b>Capítulo II. Fundamentos Metodológicos</b> .....	36
Variables implicadas .....	36
Diseño de estudio.....	36

Criterios de Inclusión.....	37
Criterios de Exclusión.....	37
Criterios de eliminación .....	38
Instrumentos y Mediciones .....	38
Medición de la maduración biológica .....	38
Medición de las aptitudes físicas.....	40
Medición de la composición corporal .....	44
Análisis estadístico.....	46
<b>Capítulo III. Resultados .....</b>	<b>49</b>
<b>Capítulo IV. Discusión .....</b>	<b>61</b>
Limitaciones y futuras líneas de investigación .....	65
<b>Capítulo V. Conclusiones.....</b>	<b>67</b>
<b>Referencias.....</b>	<b>69</b>
<b>Apendice 1. Ficha de información básica y cuestionario .....</b>	<b>78</b>
<b>Instrumentos .....</b>	<b>78</b>
<b>Anexo 2. Plantilla de Prueba Course Navette .....</b>	<b>80</b>
<b>Anexo 3. Consentimiento y asentimiento informado .....</b>	<b>81</b>
<b>Evidencia de Actividades de campo .....</b>	<b>85</b>

## Índice de Tablas

### **Tabla 1.**

*Indicadores de maduración biológica* .....11

### **Tabla 2.**

*Ecuación de regresión para predecir el PVC* .....40

### **Tabla 3.**

*Análisis de contrastes de hipótesis para distribución de las variables* .....46

### **Tabla 4.**

*Características físicas, antropométricas y de edad según IMB en escolares* .....51  
*del sexo femenino en su toma inicial*

### **Tabla 5.**

*Características físicas, antropométricas y de edad según IMB en escolares*.....52  
*del sexo masculino en su toma inicial*

### **Tabla 6.**

*Características físicas, antropométricas y de edad según IMB en escolares*.....53  
*de sexo femenino en su toma final.*

### **Tabla 7.**

*Características físicas, antropométricas y de edad según IMB en escolares*.....54  
*de sexo masculino en su toma final.*

### **Tabla 8.**

*Correlación de la maduración biológica y las aptitudes físicas en la toma* .....55  
*inicial y en escolares del sexo femenino y masculino.*

**Tabla 9.**

*Comportamiento de la fuerza (kg) según Índice de maduración (IMB).....56  
en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final.*

**Tabla 10.**

*Comportamiento de la potencia (cm) según Índice de maduración (IMB).....57  
en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final.*

**Tabla 11.**

*Comportamiento de la resistencia (mts) según Índice de maduración (IMB)....58  
en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final.*

**Tabla 12.**

*Comportamiento de la fuerza (kg) según Índice de maduración (IMB).....59  
en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final.*

**Tabla 13.**

*Comportamiento de la potencia (cm) según Índice de maduración (IMB) .....59  
en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final.*

**Tabla 14.**

*Comportamiento de la resistencia (mts) según Índice de maduración (IMB).....60  
en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final.*

## Índice de Figuras

### **Fig 1.**

*Aptitudes físicas durante el pico de velocidad de crecimiento .....15*

### **Fig 2.**

*Cuadros de las fases de despegue y aterrizaje en la aplicación.....42*

*my jump2.*

### **Fig 3.**

*Flujograma del proceso general del estudio .....45*

### **Fig 4.**

*Distribución del índice de maduración por sexo.....50*

## Introducción

La maduración biológica es el proceso del desarrollo humano en donde las diferencias individuales se ven afectadas y el objetivo es el avance del nivel de madurez (Malina et al.,2004,). El avance en el crecimiento en niños y el desarrollo del organismo son variables, ya que desde que un niño nace puede tardar hasta 20 años para completar el proceso de desarrollo morfológico, fisiológico y psicológico y por tanto, llegue a su madurez biológica (Malina et al.,2004; Pearson et al.,2006; 4; Costa et al., 2013) y es importante comprender que las aptitudes físicas se mejoran rápidamente cuando se llega a ello (Van Praagh y Doré, 2002); por tanto, determinar el nivel de maduración biológica para evaluar objetivamente el rendimiento de los jóvenes atletas con talento (Malina et al., 2007; Söğüt et al., 2022) podría ser una estrategia efectiva para establecer entrenamientos objetivos sobre desarrollo para la entrenabilidad en la infancia y adolescencia (Malina et al., 2007).

Recientemente, se ha observado un aumento en la cantidad de niños y adolescentes seleccionados para participar de manera competitiva a nivel nacional e internacional desde edades cada vez más tempranas. A estos jóvenes se les exige alcanzar altos niveles de profesionalización, lo que conlleva un incremento en las cargas de entrenamiento, tanto en tiempo como en intensidad, además de un mayor volumen y frecuencia de competencias, dejando poco espacio para la recuperación. Este proceso de selección en el deporte infantil no siempre se basa en las habilidades y rendimientos reales de los individuos, sino que a menudo responde a diferencias de maduración entre niños de la misma edad cronológica. Este problema se origina en las escuelas y clubes deportivos, donde se utiliza la edad cronológica como criterio para organizar grupos de trabajo y establecer categorías competitivas, sin tener en cuenta que la maduración por sí sola no proporciona información precisa sobre las variaciones individuales de cada organismo (Verdugo, 2015).

Es por eso, que el estado de madurez dentro de los grupos de edad puede ser variable (Malina, 1994) y la medición de la maduración biológica puede ser un punto de referencia en cualquier ámbito deportivo (Gómez-Campos et al., 2013), por tanto, su valoración es esencial desde una perspectiva de la investigación y clasificación de los deportes juveniles (Mirwald et al., 2002).

La edad cronológica tiene una utilidad limitada en la evaluación del crecimiento y la maduración (Malina & Bouchard, 2004). En adolescentes, tanto deportistas como no deportistas, es frecuente encontrar diferentes estadios de maduración dentro de un mismo grupo de entrenamiento o categoría competitiva. Esta situación puede favorecer a aquellos que maduran más temprano en su desarrollo biológico, mientras que puede desmotivar a quienes maduran más tarde, a pesar de que estos últimos también podrían convertirse en excelentes atletas en el futuro (Bojikian et al., 2005).

Por otro lado, Degache et al. (2010) sostiene que las ganancias significativas en fuerza dependen de la etapa de maduración biológica y del periodo de crecimiento del niño o adolescente. Además, la inclinación de la fuerza refleja el desarrollo continuo del prepúber o del adolescente, y puede verse influenciada por un entrenamiento bien estructurado. Es importante que, al identificar talentos en desarrollo, los entrenadores se enfrenten a una gran variedad de cambios en el crecimiento, que son diferentes en cada individuo. Por lo tanto, las intervenciones o el entrenamiento específico durante estas etapas de maduración deben manejarse con cuidado (Philippaerts, 2006). Quienes lo hagan deben poseer un amplio conocimiento sobre el desarrollo del deporte específico y los procesos de desarrollo y madurez en niños y adolescentes, para así evitar la deserción y adaptar el entrenamiento según el grado de maduración (Meylan, 2010).

Se puede observar que en el deporte se otorga una mayor relevancia a la edad cronológica, lo que a menudo beneficia a aquellos que maduran tempranamente, mientras que puede excluir y perjudicar a niños o adolescentes con maduración tardía, así como a aquellos que, aunque tienen una maduración normal, no han

completado su desarrollo (Pittoli, 2010). Actualmente, se ha observado un aumento en la reducción de la edad de los participantes en eventos de alta competencia, lo que hace necesario investigar las particularidades de la dinámica del crecimiento y la maduración biológica que podrían influir en el rendimiento atlético (Méndez, 2020).

Este estudio permitió obtener una comprensión detallada de la relación entre la maduración biológica y las aptitudes físicas en escolares a lo largo de un período de tiempo significativo y proporcionó datos valiosos para comprender el desarrollo físico en esta población.

### **Justificación**

Varios estudios han indicado que someter a una persona en pleno proceso de crecimiento a cargas de trabajo elevadas puede tener efectos adversos tanto en su desempeño como en su bienestar físico; existen diversos enfoques que buscan evaluar y predecir el rendimiento que un joven inexperto alcanzará en la vida adulta, e identifica a niños que podrían convertirse en atletas exitosos en el futuro (Verdugo, 2015), es esencial tener en cuenta la maduración biológica para establecer programas de ejercicio y deporte adecuados, que se ajusten a las necesidades individuales y promuevan un desarrollo óptimo, evitando así posibles riesgos y maximizando el potencial de cada individuo (Silva et al., 2015).

Los estudios transversales son una limitación para establecer relaciones de causalidad proponiendo la necesidad de realizar estudios longitudinales para confirmar hallazgos más certeros (Cossio-Bolaños et al., 2020) y sugerir la necesidad de realizar nuevos estudios para verificar la reproducibilidad de los resultados obtenidos en relación con el crecimiento y el rendimiento físico en atletas jóvenes. Además, se expone que es importante establecer diferencias entre atletas y no atletas en términos de crecimiento y desarrollo físico, y que los estímulos de entrenamiento deben ser individualizados según la capacidad física de cada jugador (Tilkeridis et al, 2015) Así, la maduración es factor clave que afecta tanto al crecimiento como al rendimiento físico, y la edad estimada del pico de crecimiento en

estatura se muestra como una herramienta útil para profesionales en la estructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje-entrenamiento (Barazetti et al., 2019).

Saber que existen relaciones entre el proceso de maduración y los valores antropométricos y que existen métodos de valoración confiables entre los individuos que inician un proceso en el deporte, crea la relevancia de establecer las diferencias entre cada uno de ellos sobre su maduración para poder utilizarlo como apoyo en la mejora del rendimiento deportivo por medio de ejercicios y entrenamientos óptimos en el deporte y la actividad física estableciendo pautas para crear métodos adecuados por estadio de maduración o PVC.

### **Planteamiento del problema**

La relación entre la maduración biológica y las aptitudes físicas durante la pre y pubertad ha sido objeto de numerosos estudios (Van Praagh y Doré, 2002b; Lloyd y Oliver, 2012; Yapici et al., 2022). La investigación científica ha subrayado la importancia de evaluar la maduración biológica, dado que las diferencias en los niveles de maduración y el pico de velocidad de crecimiento pueden influir significativamente en el rendimiento físico, incluyendo fuerza, potencia y resistencia; Platonov (2001) señala que las variaciones en el desarrollo entre niños de la misma edad se deben en gran medida a los ritmos de maduración sexual.

Los niños con un desarrollo biológico acelerado pueden experimentar una ventaja temporal en términos de fuerza, potencia y resistencia. No obstante, esta ventaja tiende a ser efímera, ya que con el tiempo estos niños a menudo pierden el liderazgo en rendimiento físico y, en muchos casos, abandonan el deporte. Este fenómeno está respaldado por datos que indican que aproximadamente el 20% de los atletas que alcanzan niveles internacionales de maestría deportiva presentan un desarrollo biológico acelerado (Meylan, 2010).

En contraste, los niños con un desarrollo biológico normal o retrasado tienden a mostrar un notable incremento en sus aptitudes físicas ( incluyendo fuerza,

potencia y resistencia), alrededor de los 16-17 años, alcanzando su pico de velocidad de crecimiento más tarde. Estos atletas pueden superar a sus pares con desarrollo acelerado y lograr altos niveles de rendimiento en sus disciplinas. Sin embargo, muchos de estos jóvenes no alcanzan su máximo potencial debido a la deserción deportiva. Los estudios muestran que un porcentaje significativo de jóvenes con desarrollo retrasado, que inicialmente no destacaban, puede alcanzar y superar a sus compañeros en rendimiento físico durante la adolescencia tardía.

La trascendencia de este fenómeno es considerable, ya que afecta tanto a la evolución de la carrera deportiva de los jóvenes como a la estructura de los programas de entrenamiento y selección en el deporte. Los entrenadores y responsables de programas deportivos deben tener en cuenta estas variaciones en la maduración para evitar la deserción y promover el desarrollo óptimo de los atletas. La evaluación precisa del pico de velocidad de crecimiento y la maduración biológica es crucial para maximizar el potencial de los jóvenes deportistas y garantizar una participación equitativa y exitosa en el deporte.

### **Pregunta de investigación**

¿Cuál es la relación de la maduración biológica con la aptitud física en escolares de 9 a 15 años?

### **Enfoque metodológico**

El tipo de estudio será cuantitativo, longitudinal, observacional y correlacional en donde el objetivo general será relacionar la maduración biológica de escolares de 9 a 15 años con su aptitud física durante un año escolar completo, por medio de una evaluación inicial y final.

La **estructura general del documento** contiene de manera integral la investigación, abordando los elementos fundamentales que conforman un estudio

científico. Cada sección cumple un rol específico para ofrecer una comprensión completa del problema en estudio.

En el primer capítulo se desarrolla una introducción exhaustiva que abarca la presentación del problema de investigación, la justificación y relevancia, la formulación de la pregunta científica, delimitación de enfoques metodológicos, así como el establecimiento de objetivos generales y específicos que guiaron el desarrollo del estudio. El segundo capítulo alberga el marco teórico, que constituye una sólida base conceptual para la investigación, se exponen los antecedentes que contextualizan el problema, así como la evolución del tema en estudio y su objeto de investigación.

El tercer capítulo, de carácter metodológico, ofrece una visión clara y detallada del diseño de investigación empleado, destacando el alcance del estudio. Se abordan aspectos cruciales como la identificación de la población y muestra, así como el procedimiento utilizado para la recolección y evaluación de cada variable. Además, se describe minuciosamente el proceso de procesamiento de datos, garantizando la transparencia y reproducibilidad del estudio.

El cuarto capítulo constituye la fase de presentación de resultados y discusión. Aquí se exponen los hallazgos obtenidos a través de la investigación y se analizan en detalle, se relacionan con la literatura existente y se evalúa su implicancia en el contexto del problema planteado. Esta sección brinda una interpretación significativa de los resultados y su relevancia en el ámbito de estudio y por último en los capítulos subsiguientes, se incluyen las conclusiones derivadas del análisis de los resultados obtenidos y se proporcionan respuestas a la pregunta científica planteada. Finalmente, se presentan las referencias bibliográficas que respaldan y contextualiza la investigación en el marco de la contribución científica existente en el área de estudio.

## Objetivos de Estudio

### Objetivo general

- Relacionar la maduración biológica con la aptitud física de los escolares de 9 a 15 años .

### Objetivos específicos

1. Determinar la maduración biológica mediante el índice de maduración biológica (IMB) través de un método antropométrico, por medio de la fórmula de curva de pico de crecimiento (PVC).
2. Describir las aptitudes físicas (fuerza, potencia y resistencia) de escolares de 9 a 15 años de edad.
3. Asociar el índice de la maduración biológica con respecto a las aptitudes físicas (fuerza, potencia, resistencia) de los escolares de 9 a 15 años por sexo.
4. Analizar los cambios de las aptitudes físicas de la toma inicial y final de los escolares de 9 a 15 años por sexo.

## Capítulo I. Fundamentos teóricos

En este capítulo se establece la base del objetivo de la investigación mediante los antecedentes teóricos y conceptuales pertinentes, donde se analizan los conceptos relacionados con el estudio, como la pubertad y la maduración biológica y cronológica, así como su impacto en las habilidades físicas, considerando todos los factores que influyen en esta etapa de la vida.

Así mismo, las herramientas que existen y cómo se utilizan para evaluar estos conceptos y especifica cada uno de ellos para una mejor comprensión.

### **Pubertad**

La adolescencia es una etapa de transición que va desde la niñez hasta la adultez, caracterizada por cambios en los aspectos biológicos, personales y sociales que preparan a los jóvenes para su vida adulta en un contexto cultural específico. Por lo tanto, los cambios biológicos que ocurren durante la pubertad, o la maduración sexual, no suceden de manera aislada; están interconectados con otros procesos de desarrollo. Así, cualquier análisis de esta etapa debe realizarse en un marco biosocial o biocultural (Gómez-Campos et al., 2016).

Desde el punto de vista biológico, la adolescencia puede considerarse el inicio de un período de aceleración en la tasa de crecimiento, evidenciado por un aumento en el tamaño corporal que ocurre antes de la maduración sexual. Posteriormente, este crecimiento se desacelera y culmina con el cese del crecimiento, lo que a menudo se interpreta como la consecución de la estatura adulta. Por lo tanto, existe una estrecha relación entre la madurez sexual y el crecimiento (Malina, 1994).

## **Cambios en la pubertad**

La pubertad implica una serie de cambios en los sistemas nervioso y endocrino que inician y coordinan las transformaciones sexuales, fisiológicas y somáticas. Esto incluye el crecimiento y la maduración de las características sexuales primarias, como ovarios, vagina y útero, así como las secundarias, como los senos y el vello púbico, que culminan en la menarca y en la capacidad reproductiva. También se producen cambios en el tamaño, como el crecimiento acelerado de la adolescencia, así como modificaciones en las proporciones corporales y en la composición física, además de alteraciones en el sistema cardiorrespiratorio, entre otros. Las manifestaciones más destacadas de la adolescencia, excluyendo el comportamiento, son el crecimiento acelerado y la aparición de características sexuales secundarias, que generalmente se presentan durante la segunda década de vida (Malina, 2013).

Los procesos neuroendocrinos y otros cambios fisiológicos que preceden al crecimiento y a las transformaciones puberales se desarrollan con antelación a la aparición de los cambios visibles. Por lo tanto, el periodo en el que se produce el crecimiento acelerado y la pubertad es bastante amplio, pudiendo variar entre los 8 y 9 años hasta los 17 o 18 años en las mujeres, y en algunos casos, hasta cerca de los 20 años en los varones. Además, existe variabilidad entre los individuos en cuanto al momento y la velocidad con la que ocurren estos cambios estructurales y funcionales, lo que significa que los procesos no comienzan al mismo tiempo ni avanzan a la misma velocidad (Malina, 2013).

## **Maduración biológica**

La palabra "maduración" proviene del término latino "maturatio", que significa "aceleración". Tradicionalmente, se define como el conjunto de fenómenos relacionados con el crecimiento y la diferenciación celular que permiten el desarrollo de ciertas funciones en el organismo (Overton & Molenaar, 2015). La maduración implica cambios programados a nivel genético que ocurren de manera natural a lo

largo del tiempo, con cada individuo poseyendo su propio reloj biológico que regula su avance hacia la madurez (Malina & Bouchard, 2004).

Es fundamental entender algunos términos, como la edad cronológica, que se refiere a la diferencia en días entre una fecha específica y el nacimiento de una persona. Presentar esta edad como una fracción centesimal puede ayudar a evitar errores metodológicos, especialmente en investigaciones científicas. Por otro lado, la edad biológica, según Machado & Barbanti (2007), se define como la edad de un individuo basada en los procesos de maduración y las influencias externas, lo que puede resultar en diferencias en la edad biológica entre individuos de la misma edad cronológica.

En este contexto, Malina y Bouchard (2004) argumentan que el concepto de maduración vincula la edad biológica de un individuo con su edad cronológica. Para niños del mismo sexo y edad, la variación en la edad biológica puede ser considerable, debido a las diferencias individuales en el ritmo de desarrollo. Por lo tanto, durante este proceso, los niños y adolescentes pueden presentar maduración precoz, normal o tardía, considerando cuatro indicadores de maduración biológica: dental, sexual, somática y esquelética, que permiten su evaluación y aplicación en el ámbito escolar.

### **Métodos de evaluación de la maduración biológica**

Existen diversas metodologías en la literatura para evaluar la maduración biológica. Sin embargo, a lo largo de los años, ha persistido la necesidad de encontrar métodos simples, prácticos y no invasivos para esta valoración (Gómez-Campos et al., 2013). A continuación, se presentan los indicadores de maduración biológica: esquelética, sexual, somática y dental, junto con sus métodos de evaluación, así como sus ventajas y desventajas. (Ver Tabla 1).

**Tabla 1***Indicadores de maduración biológica*

<b>Indicadores</b>	<b>Características</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
<b>Esquelética</b>	Se evalúa mediante la estandarización de radiografías que determinan el desarrollo esquelético.	Es el método más eficaz para valorar la edad biológica. Permite analizar la madurez desde la infancia hasta la adultez joven.	Requiere equipo que lo hace costoso. Implica exposición a radiación y depende de la habilidad del observador
<b>Sexual</b>	Se basa en el desarrollo de características sexuales secundarias.	Técnica no invasiva	Se realiza mediante observación visual o autopercepción, aunque esto puede llevar a una sobre estimación de los niveles de madurez. En contextos no clínicos puede ser incómodo para niños, adolescentes y padres.
<b>Somática</b>	Se determina por la edad en la que ocurre el pico de velocidad de crecimiento, indicando el máximo crecimiento durante	Puede valorarse con técnicas no invasivas, como la antropometría. Es una herramienta simple y de bajo costo. Para estudios	El pico de velocidad de crecimiento se obtiene mediante ecuaciones de predicción, que pueden ser menos precisas en

	“el estirón” adolescente.	transversales, es práctica y solo requiere una evaluación de pocas variables.	poblaciones diferentes y pueden verse afectadas por la mala nutrición, estrés etc. En estudios longitudinales, requieren varias evaluaciones a lo largo de los años.
<b>Dental</b>	Se evalúa según el número de dientes visibles o el estado de calcificación dental mediante radiografías.	Es un método simple, no invasivo y de rápida ejecución. El desarrollo dental es permanente y puede conservarse durante más tiempo que otros tejidos, cubriendo desde el periodo embrionario hasta cerca de la adultez. Tiene relevancia clínica para diagnóstico y tratamiento.	Puede ser afectado por factores como mala nutrición, pérdida prematura de dientes y caries a partir de los 14 años, la mayoría de los dientes, salvo el tercer molar, han completado su desarrollo, lo que dificulta la determinación de la edad.

*Nota:* Adaptado de Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar, (p.155), por Gómez-Campos et al; 2013, *Rev Andal Med Deporte*,6(4).

En el ámbito deportivo, es crucial considerar el estado de maduración de los deportistas jóvenes al realizar evaluaciones, ya que este aspecto influye significativamente en múltiples variables relacionadas con su rendimiento deportivo.

El método de maduración ósea es ampliamente reconocido como el estándar para evaluar la maduración biológica en deportistas adolescentes, utilizando radiografías de la mano y muñeca. Sin embargo, este método puede ser costoso, requerir tiempo y instalaciones específicas, personal especializado, y también implica exposición a radiación, lo que limita su aplicabilidad en muchos contextos deportivos.

Cuando el método radiográfico no está disponible, la evaluación de la maduración somática mediante fórmulas basadas en mediciones antropométricas es una opción comúnmente utilizada.

Por último, la evaluación de características sexuales y desarrollo dental son métodos menos empleados en ciencias del deporte debido a consideraciones clínicas, éticas y a su complejidad de aplicación.

### **Maduración somática y pico de velocidad de crecimiento (PVC)**

Recientemente, se ha creado un método para evaluar la madurez biológica que requiere la edad cronológica de un adolescente, así como mediciones de su altura, altura al sentarse y peso. Este enfoque utiliza la velocidad de crecimiento de las piernas y la altura al sentarse para predecir los años hasta alcanzar el pico de velocidad de crecimiento (PVC), que es un indicador de madurez somática. Se trata de un método no invasivo, económico y sencillo para evaluar la madurez biológica, con el potencial de integrarse en metodologías que predicen la estatura adulta (Sherar et al., 2015).

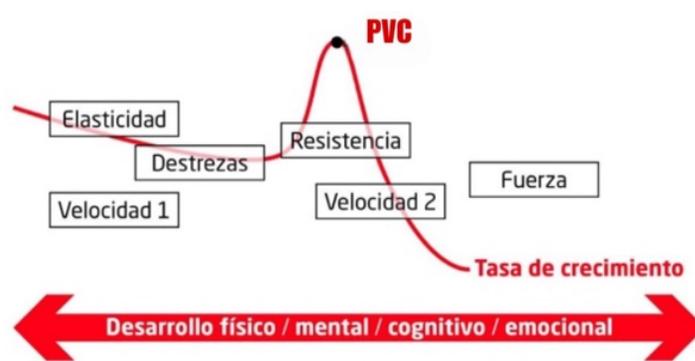
La fórmula propuesta por Mirwald et al. (2002) solo necesita que se realicen las mediciones antropométricas una vez, ya que incluye la edad cronológica del sujeto como una de las variables de predicción. Este método proporciona el tiempo en años que falta para alcanzar el PVC (un resultado negativo) o el tiempo que ha pasado desde que se alcanzó (un resultado positivo), conocido como desfase madurativo. Este desfase se resta de la edad cronológica del individuo para calcular el PVC ( $PVC = \text{edad cronológica} - \text{desfase madurativo}$ ) (Mirwald et al., 2002). Este valor se puede utilizar para clasificar a los deportistas en grupos de maduradores tempranos, a tiempo o tardíos, según diferentes criterios.

Lloyd y Oliver (2012) indican que, en la prepubertad, los niños se desarrollan y maduran a ritmos similares, y que incluso las capacidades físicas, como la velocidad, la coordinación y la potencia, también se desarrollan a un ritmo comparable durante la infancia. El PVC generalmente ocurre más tarde en los niños y es más intenso, lo que explica por qué suelen ser más altos que las niñas. Además, los niños tienden a experimentar mayores mejoras en casi todas las capacidades físicas, excepto en flexibilidad.

El período en torno al PVC es crucial para el entrenamiento, ya que es cuando se incrementa la producción de hormonas sexuales, lo que lleva a un aumento de la masa corporal y a una mayor síntesis de proteínas (Lloyd y Oliver, 2012). Por otro lado, Viru et al. (1999) sugieren que hay momentos sensibles durante la fase de crecimiento en los que se pueden potenciar las cualidades físicas y habilidades, influenciadas por el PVC.

## Figura 1

*Aptitudes físicas durante el pico de velocidad de crecimiento*



*Nota:* Imagen obtenida de: <https://www.comunidadlift.com/blog/alfabetizacion-fisica-y-periodos-sensibles/>

En el campo de las ciencias del deporte, el estudio de la maduración biológica y su relación con el rendimiento deportivo ha sido un tema de gran interés tanto para entrenadores como para investigadores a lo largo de los años. La razón principal es la influencia significativa que la maduración biológica tiene sobre diversas variables que directamente afectan el rendimiento de los deportistas (Albaladejo-Saura et al., 2021).

En diferentes modalidades deportivas, especialmente durante las etapas formativas, los deportistas suelen ser agrupados según su edad cronológica para establecer programas de formación y sistemas de competición equitativos (Gutiérrez-Díaz del Campo, 2013). No obstante, las variaciones individuales en el ritmo de maduración han llevado a observar que los deportistas más maduros, en disciplinas tanto individuales como de equipo como fútbol, baloncesto, voleibol, balonmano, piragüismo y tenis, tienden a mostrar características antropométricas más desarrolladas como altura y masa corporal, así como mejores desempeños en pruebas de rendimiento físico como fuerza, potencia, velocidad y agilidad (Albaladejo-Saura et al., 2022a, 2022b; Albaladejo-Saura et al., 2021; Carvalho et al., 2017; Matthys et al., 2012; Sögüt et al., 2019).

Las diferencias en los ritmos de maduración pueden ofrecer una ventaja competitiva durante la adolescencia, aunque estas diferencias tienden a reducirse hacia el final del proceso de maduración (Dugdale, McRobert, et al., 2021b; Dugdale, Sanders, et al., 2021; Vaeyens et al., 2008). Por esta razón, muchos programas de identificación de talento deportivo están empezando a incluir variables de maduración biológica, como el pico de velocidad de crecimiento (PVC) y el desfase madurativo en relación con la edad cronológica, en sus evaluaciones de los atletas (Johnston et al., 2018).

### **Aptitud física**

El término "aptitud física" ganó popularidad durante la Segunda Guerra Mundial, donde se utilizaba para evaluar las capacidades físicas de los soldados a través de pruebas específicas. Con el tiempo, su uso se expandió a otros ámbitos de la sociedad, buscando mejorar la fuerza muscular, la resistencia cardiovascular y la reducción del tejido adiposo (Martínez, 2003).

De acuerdo con López (2002), la aptitud física de una persona se puede considerar en relación con su trabajo, la preservación de la salud, la lucha diaria, el deporte y el ocio. Sin embargo, es importante recordar que la condición física está ligada a principios como el de transferencia. Realizar pruebas de control no tendría utilidad si no se puede aplicar ese conocimiento a otros aspectos de la vida.

### **Concepto de aptitud física**

La aptitud física se entiende como "un conjunto de atributos físicos que poseen o desarrollan las personas, relacionados con su capacidad para realizar actividad física en la vida diaria y durante el ejercicio" (Swain, 2014). En este contexto, el nivel de aptitud física puede ser alterado mediante un aumento adecuado de la actividad física diaria, ya sea relacionada con el trabajo, el tiempo libre o a

través de programas de ejercicio estructurado. Sin embargo, diversos factores como la edad, el sexo, el gasto energético, la etnia y la ubicación geográfica pueden influir en la aptitud física (Aucouturier et al., 2008). En la actualidad, la aptitud física ha cobrado relevancia en distintas etapas de la vida, convirtiéndose en un área de investigación, respaldada por evidencias científicas que muestran los resultados de los componentes corporales como un conjunto de atributos alcanzados a través de las actividades cotidianas (Caspersen et al., 1985).

### **Evaluación de la aptitud física**

La evaluación de las aptitudes físicas se basa en un conjunto de pruebas empleadas para medir el rendimiento físico, estas pruebas que permiten valorar el estado físico del individuo., Existen diferentes aptitudes físicas, así como instrumentos que las miden, a continuación se muestran los conceptos de las variables en cuestión así como su método de evaluación.

#### Resistencia

La resistencia es un indicador importante del nivel de condición física (CF) de una persona, por lo que se le dará especial atención entre las cualidades físicas fundamentales que pueden ser evaluadas. Según Zintl (1991), la resistencia se define como la capacidad de soportar física y psicológicamente una carga durante un tiempo prolongado, lo que eventualmente lleva a un cansancio insuperable (pérdida de rendimiento) debido a la intensidad y duración del esfuerzo. Existen diversas clasificaciones de la resistencia basadas en diferentes criterios, como el volumen de músculo involucrado, la duración del esfuerzo y su relación con otras capacidades físicas. Sin embargo, la clasificación más común se basa en la vía energética utilizada durante el ejercicio, diferenciando entre resistencia aeróbica y anaeróbica.

#### Tests de resistencia

Las pruebas que se utilizan para medir la resistencia son el Test de Cooper, la carrera de 2.400 metros de George-Fisher, el Test de carrera sobre distancias largas:

5-6-8-10-12-15-20-25 Km, Prueba de Course Navette o Test de Luc Legger, el Cat-Test, Test de carrera sobre tiempos de 15-20-25-30 minutos, Carrera de 1.500 metros, Test de la Universidad de Montreal, Test de Conoconi, Test de Treffene (Test de velocidad máxima) entre otros (López, 2002).

Para García et al. (1996) estas equivalencias teóricas en el test de Course navette, respecto al VO<sub>2</sub> máx., tienen una validez de 0,84, y para obtener esta equivalencia de VO<sub>2</sub> máx., en jóvenes de ocho a diecinueve años, se emplea la fórmula siguiente:

$$\text{VO}_2 \text{ máx. (ml/kg/min)} = 31.025 + (3.238 \times V) - (3.248 \times E) + (0.1536 \times V \times E)$$

Donde V corresponde a : velocidad media y E corresponde a : edad.

Esta prueba se utiliza comúnmente para evaluar la capacidad aeróbica de jóvenes con niveles de entrenamiento medio o bajo, y su relevancia disminuye para atletas de alto rendimiento. A partir de los resultados, se puede estimar el consumo máximo de oxígeno del sujeto, considerando la velocidad alcanzada en el último nivel durante la prueba.

López (2002) señala que no es posible medir la aptitud física de manera general y destaca que el Course Navette tiene un componente motivador que carecen la mayoría de las pruebas. Además, al aplicarse a personas de todas las edades, permite comparar los resultados de un mismo individuo a lo largo del tiempo. Una innovación significativa de esta prueba es su capacidad para predecir el consumo máximo de oxígeno en diversos rangos de edad. Por lo tanto, su inclusión en la batería Eurofit demuestra que muchos expertos en evaluación del ejercicio la consideran una de las pruebas más relevantes para medir estas capacidades en niños y adolescentes, además de ser altamente objetiva y fiable. López enfatiza que es fundamental estandarizar las condiciones y hacer la prueba lo más específica posible.

## Fuerza

En la última década, la evaluación de la fuerza muscular ha cobrado importancia en la valoración de la salud, incluyéndose en diversas pruebas de aptitud física para niños y adolescentes. Además, hay un creciente reconocimiento de la fuerza muscular como un indicador de salud en esta población (Sanchez-Delgado et al., 2015).

### Tipos de fuerza

La fuerza muscular se manifiesta en cualquier tipo de contracción muscular. Tradicionalmente, se ha considerado un elemento básico y determinante del rendimiento físico y humano. Todos los científicos coinciden en la necesidad de medirla, ya sea de manera aislada o como parte del estado general de forma del individuo. Larson y Yocon definen la fuerza de varias maneras:

1. Fuerza muscular: Es la capacidad del músculo de aplicar tensión contra una resistencia.
2. Potencia muscular: Es la realización de fuerza con una exigencia asociada de tiempo mínimo.
3. Resistencia muscular: Es la capacidad de continuar un esfuerzo sin límite de tiempo.
4. Capacidad muscular: Es la suma de fuerza, potencia y resistencia muscular.

En el ámbito de la fuerza, es importante distinguir la fortaleza muscular, que se define como la máxima fuerza que un músculo o grupo de músculos puede generar a una velocidad específica. Esta fortaleza es un componente de la aptitud física, relacionado con la salud, y depende del estado del tejido óseo, muscular y de los ligamentos, así como de la capacidad para coordinar el trabajo de diferentes músculos (López, 2002).

Paish (1992) señala que, en la preadolescencia, no se recomienda realizar ejercicios de sobrecarga intensa con el fin de aumentar la fuerza, ya que durante esta etapa se produce principalmente un crecimiento en el tamaño de los huesos de las extremidades. Un entrenamiento excesivo puede perjudicar tanto los músculos como los ligamentos y tendones, generando estiramientos y esfuerzos excesivos que, una vez finalizado el crecimiento, afectarán la eficacia muscular.

Grosser y Müller (1992) identifican dos fases en el desarrollo de la fuerza: una entre los 12 y 16 años, caracterizada por una estabilización muscular, y otra entre los 15 y 19 años, que se considera una fase más avanzada de adaptación. Por ello, es crucial seleccionar cuidadosamente las pruebas de fuerza para los jóvenes de 12 a 13 años, no solo por su inapropiada utilización, sino también por su impacto negativo en las actividades extracurriculares. Estudios han mostrado que aproximadamente el 62% de los niños de hasta 13 años que realizan entrenamientos intensivos presentan dolencias en el aparato locomotor, así como desequilibrios y debilidades en diversas áreas como pies, espalda, hombros y abdomen. Por lo tanto, para esta franja de edad, es fundamental evitar pruebas de alta intensidad y aquellas que impliquen sobrecarga.

Gutiérrez (1992) señala que el momento más adecuado para iniciar el entrenamiento de fuerza probablemente se produce cuando se alcanza un nivel suficiente de testosterona en el organismo. Antes de los 10 años, el aumento de fuerza a través del entrenamiento específico es limitado debido a la escasa capacidad de incremento del diámetro de las fibras musculares; sin embargo, se puede lograr una notable mejora en la coordinación neuromuscular, lo cual es fundamental para establecer una base sólida para el entrenamiento de fuerza durante la pubertad.

Además, es crucial entender que evaluar la fuerza de un individuo a través de pruebas específicas ayuda a determinar su fuerza funcional, que es esencial para lograr un rendimiento óptimo en actividades que requieren cambios de dirección, velocidad y fuerza en empujes y golpes. Es importante tener en cuenta que hay

diversas manifestaciones de la fuerza que dependen de la edad y el sexo de la persona. También, dentro de un mismo grupo etario, pueden existir diferencias significativas en la fuerza, especialmente antes de los 18 años, debido a las variaciones en el proceso de maduración entre individuos de entre 10 y 15 años (López, 2002).

### Test de fuerza

En la literatura actual, hay diversas pruebas e instrumentos para evaluar la fuerza muscular en niños, destacando la dinamometría, que es un método sencillo de usar para medir la fuerza isométrica de los músculos de las extremidades superiores e inferiores. Este instrumento se utiliza principalmente para evaluar la fuerza de agarre, que es un buen indicador de la fuerza muscular general de una persona. La dinamometría ha sido ampliamente aplicada en un rango etario que va desde los 5 hasta los 80 años, y presenta estudios que respaldan su validez, con un coeficiente de correlación de Pearson superior a 0,8 (Wind et al., 2009) y un coeficiente de correlación intraclase (CCI) mayor a 0,88 (Daloia et al., 2018), lo que confirma su efectividad en la evaluación de la fuerza muscular.

### Potencia

En la mayoría de los deportes, la potencia es una de las características más esenciales para alcanzar el éxito. Para entrenar la potencia de manera efectiva, es crucial llevar a cabo una evaluación precisa de la fuerza explosiva. La potencia anaeróbica también se considera un parámetro fundamental en la planificación del entrenamiento. El "Test de Bosco", desarrollado por el italiano Carmelo Bosco, ofrece una herramienta valiosa para analizar las capacidades individuales de los atletas y determinar que cualidades específicas deben ser potenciadas. Este test, que consiste en una serie de saltos, fue diseñado originalmente por Bosco y se centra en seis tipos diferentes de saltos (Bosco, 1987):

1. Squat Jump
2. Countermovement Jump
3. Squat Jump con carga
4. Abalakov
5. Drop Jump
6. Saltos durante 15 segundos

La aptitud física es un componente esencial de la salud en niños y adolescentes. Un nivel bajo de aptitud física puede aumentar el riesgo de desarrollar enfermedades cardiovasculares, sobrepeso u obesidad, problemas de salud mental y trastornos esqueléticos, lo que eleva el riesgo de mortalidad (Hogrel et al., 2012). Por esta razón, herramientas como la dinamometría y la FSM, así como baterías de pruebas como el BOT-2, el PREFIT y las evaluaciones de fuerza para los miembros superiores e inferiores, son cruciales. Estas herramientas no solo valoran la fuerza muscular, sino que también son fundamentales en el proceso de identificación y evaluación de riesgos y problemas relacionados con el desarrollo motor y la salud en los niños, lo que las convierte en recursos clave para la detección temprana y la prevención de complicaciones.

### **Composición corporal**

La composición corporal se refiere a la división del peso o masa corporal en distintos compartimentos, como la masa esquelética, muscular y grasa, entre otros. Este análisis es fundamental para evaluar el estado nutricional de una persona, ya que implica desglosar la masa total del cuerpo en sus componentes individuales (Marrodán et al., 2007).

Investigar la composición corporal ayuda a entender el estado nutricional y la morfoestructura del individuo (Martínez et al., 2013). La evaluación de parámetros antropométricos en niños es cada vez más relevante para comprender cómo los factores biológicos, genéticos y ambientales impactan en su organismo, calidad de vida y estilo de vida en la adultez.

La antropometría se utiliza para identificar indicadores y clasificar la obesidad, así como para establecer valores límite óptimos y detectar personas en riesgo de problemas metabólicos. También permite evaluar la composición corporal a través de la medición de pliegues cutáneos, aunque esta técnica presenta limitaciones, debido a las variaciones en la interpretación de los pliegues. Por otro lado, la bioimpedancia eléctrica (BIA) es un método alternativo para evaluar la composición corporal, que es sencillo, económico, rápido y minimiza errores de medición. Actualmente, existen ecuaciones de BIA diseñadas para su uso en niños, adolescentes y adultos, sin importar su sexo, edad o estado nutricional, aunque no se ha establecido una ecuación universalmente aplicable (Marrodán et al., 2007; Urrejola et al., 2001).

### **Composición corporal en niños y adolescentes**

En la actualidad, la evaluación de la composición corporal en niños es de gran importancia debido al aumento de la obesidad en las etapas tempranas de la vida y sus efectos negativos en la salud. Además, el índice de masa corporal (IMC) presenta limitaciones, ya que no distingue adecuadamente entre los diferentes tipos de tejido (graso, muscular y óseo) ni su distribución (Marques et al., 2013). La relación entre el IMC y el tejido graso también varía significativamente, lo que puede atribuirse a los cambios fisiológicos en los niños, su nivel de maduración puberal y su sexo. Durante el crecimiento, se producen cambios en la composición corporal que afectan la distribución y almacenamiento de tejido muscular, óseo y graso, en función de la edad y el sexo (Barnett et al., 2013), lo que es crucial para su evaluación.

El análisis de la composición corporal es esencial para valorar el crecimiento y el estado nutricional, proporcionando información valiosa sobre la salud de un individuo o de una población (Lakshmi et al., 2012). Monitorear esta composición durante la etapa escolar es relevante, ya que características como el tejido graso y magro son indicativas de las condiciones físicas en la adultez (Gómez et al., 2013). La evaluación nutricional mediante métodos antropométricos, accesibles en las escuelas, es fundamental para identificar problemas de salud y fomentar hábitos saludables en los estudiantes (Gotthelf, 2012). Por lo tanto, es crucial contar con

herramientas confiables y metodologías válidas para desarrollar estrategias de prevención y promoción que mejoren integralmente la salud.

Un estudio realizado en España en 2015, que evaluó la influencia del ejercicio físico regular en adolescentes de 12 a 13 años sobre su composición corporal, reveló que el IMC en niños con un porcentaje de grasa elevado no mostraba diferencias significativas con aquellos de bajo porcentaje de grasa. Esto llevó a la conclusión de que la composición corporal es un indicador más preciso y debe ser la principal herramienta para comprender las proporciones físicas de los individuos (Gutiérrez et al., 2015).

### **Antecedentes de otros estudios**

La literatura científica describe diferentes estudios en donde la valoración de la maduración biológica tiene importancia a nivel escolar y deportiva y ha sido a través de los años que se logró profundizar más en este tema.

El crecimiento adolescente afecta el desempeño físico, por ello, no se deben agrupar los niños por la edad cronológica en una clase, ya que como lo menciona Malina, en chicos adolescentes con una maduración precoz generalmente al realizar el estímulo del entrenamiento muscular se puede observar un aumento de masa muscular mientras que en chicos que no han llegado a la madurez o que están en ese proceso se puede manifestar de forma menos evidente o puede no manifestarse (Rodahl y Astrand, 1992). Platonov (2001) llega a la conclusión que al seleccionar niños con desarrollo biológico acelerado, posteriormente, pierden la ventaja y desertan; más éxito obtienen los niños con un desarrollo normal o retrasado, que a los 16 – 17 años presentan un brusco incremento de las capacidades y que dentro de los deportistas que alcanzan la maestría deportiva internacional, el 20% tiene desarrollo acelerado; siendo con frecuencia los deportistas con un desarrollo retrasado los que alcanzan los más altos logros.

Un estudio realizado en España en 2003 investigó la edad cronológica como factor en la selección de jugadores para las categorías formativas de baloncesto. Su

objetivo fue analizar la relación entre el mes de nacimiento y la elección de jugadores en las diversas selecciones juveniles. Este estudio descriptivo examinó las fechas de nacimiento de 787 jugadores de distintas edades y categorías. Se organizó el año en meses, semestres y trimestres para calcular el porcentaje de nacimientos en cada segmento. En las selecciones masculinas (cadetes, juvenil y junior), se observó que la mayoría de los jugadores nacidos en el primer y segundo trimestre representaban el 83% del total, mientras que solo un 17% nació en el segundo semestre, con esta diferencia siendo más pronunciada en los jugadores más jóvenes. Al evaluar a los jugadores en la liga ACB, la desigualdad se reduce significativamente. En el caso de los jugadores extranjeros, aquellos nacidos en el segundo semestre superan a los del primero por un 2%. En las selecciones femeninas, los porcentajes se equilibran en las categorías senior, con cifras similares que muestran una distribución casi igualitaria en los trimestres y semestres. Esto indica que los nacidos en los primeros meses del año tienen más probabilidades de ser seleccionados.

En cuanto a la capacidad anaeróbica durante ejercicios de alta intensidad, se observa que los preadolescentes la desarrollan menos que los adultos. Sin embargo, la información sobre su impacto en la resistencia y capacidad es insuficiente para establecer pautas de ejercicio específicas para niños y preadolescentes. Por lo tanto, se debe tener cautela al diseñar programas de entrenamiento para mejorar las habilidades funcionales y deportivas en estas edades (Philippaerts et al., 2006). Malina (2013) señala diferencias significativas en una de las aptitudes físicas, la fuerza. Las jóvenes con maduración temprana tienden a ser ligeramente más fuertes que aquellas con maduración retrasada a la misma edad cronológica durante la adolescencia temprana (11 a 13 años). Sin embargo, estas diferencias son menos marcadas que las observadas en los varones. La ventaja en fuerza de las jóvenes con maduración avanzada refleja su mayor tamaño corporal, ya que la fuerza está correlacionada positivamente con la masa corporal. Al considerar la fuerza por unidad de peso corporal (kg), las jóvenes con maduración temprana muestran menos fuerza en comparación con las de maduración tardía, y estas diferencias persisten a lo largo de la adolescencia.

Tilkeridis et al.(2015) realizaron un estudio experimental en donde su objetivo general era conocer la influencia del entrenamiento sistemático en el crecimiento físico y la madurez biológica en varones prepúberes y estimar cómo afecta esto al crecimiento físico y la madurez esquelética. Se estudiaron 177 alumnos de quinto y sexto grado de primaria de colegios de Alexandroupolis. Los sujetos se subdividieron en dos grupos; grupo control (prepúberes, cuya actividad física era la educación física de su escuela y que nunca habían participado en un entrenamiento sistemático, n = 95) y grupo experimental (prepúberes, cuya actividad física semanal incluía además educación física en sus escuelas y adicionalmente 3-4 unidades de formación organizan entrenamientos en diversos clubes deportivos de la ciudad, n = 82). Como resultado se encontró que el grupo experimental mostró mayor edad biológica ( $p = 0,033$ ), mayor densidad ósea ( $p < 0,001$ ), menor IMC y grasa corporal ( $p < 0,001$ ), mejores características antropométricas y mayor rendimiento en todas las pruebas de habilidad motora ( $p < 0,05$ ), en comparación con el grupo de control, llegando a la conclusión que es importante establecer las diferencias de atletas en esas edades de crecimiento comparado con los que no realizan deporte, o que realizan solo actividad física, así se podrá ver la importancia del crecimiento y desarrollo con una estructura física ideal y establecer métodos de entrenamiento a los atletas dependiendo su maduración.

Otro estudio dirigido por Silva et al. (2015) tenían como objetivo conocer y comparar las características antropométricas de los jugadores y el rendimiento físico de acuerdo con el trimestre de nacimiento, y analizar la influencia de la maduración en el proceso de selección de jugadores jóvenes, por lo tanto se estudiaron a ochenta y nueve jugadores de fútbol masculino de la categoría sub-14, se realizaron pruebas físicas y se calculó la maduración biológica por el modelo propuesto por Mirwald et al. (2002) en sus resultados se obtuvieron que las características antropométricas, físicas y de maduración comparadas según el trimestre de nacimiento y las diferencias estadísticamente significativas se observaron sólo en la comparación con la maduración ( $p < 0.005$ ). Se puede concluir que el trimestre de Nacimiento no presenta relación con el rendimiento físico ni con las características antropométricas, aunque sí hay diferencias en la maduración biológica y concluye

que un factor importante a tener en cuenta durante el proceso de selección de jóvenes deportistas es la maduración biológica, habiendo ya estudios que exponen que los individuos con maduración avanzada tienden a ser favorecidos y clasificados como “talentosos”, pero que luego podrían correlacionarse con el predominio de individuos nacidos en el primer trimestre en equipos de deportes competitivos, por lo tanto se sugiere que nuevos estudios con el mismo propósito deberían llevarse a cabo para observar si los resultados presentados aquí son reproducibles, especialmente entre individuos con tasas de maduración más bajas ; es decir, antes de pasar el pico-altura-velocidad (PHV) , por lo que se puede observar el comportamiento de las variables analizadas antes del desempeño de período de estabilización, por último, es importante enfatizar que los procesos de selección de jóvenes talentos deportivos deben tener en cuenta todas las características madurativas de estos niños y adolescentes, y que la selección debe basarse menos en criterios subjetivos con respecto a cuestiones técnicas y físicas.

Philippaerts et al. (2015) investigaron acerca de la relación entre la velocidad de pico de crecimiento y el rendimiento físico en futbolistas juveniles, Se estudiaron los cambios longitudinales de la altura, el peso y el rendimiento físico en 33 jugadores de fútbol juvenil masculinos flamencos del Ghent Youth Soccer Project, los cambios longitudinales se estudiaron durante un período de 5 años y llegó a la conclusión que los deportistas y los no deportistas experimentan picos de crecimiento en la adolescencia en cuanto a tamaño corporal y capacidades de rendimiento, pero la variación en el momento y el ritmo del crecimiento máximo durante el pico de la adolescencia es relevante.

Hammami et al. (2016) realizaron una investigación en donde su objetivo fue examinar las relaciones específicas de la madurez del equilibrio estático/dinámico con las medidas de fuerza y potencia en atletas masculinos jóvenes, se realizó en jugadores de fútbol (N = 130) de 10 a 16 años y fueron evaluados con las pruebas Stork y Y balance (YBT). Las medidas de fuerza/potencia incluyeron la fuerza de los músculos extensores de la espalda, el salto de longitud de pie (SLJ), el salto con contramovimiento (CMJ) y las pruebas de salto de 3 saltos. Las asociaciones entre el

equilibrio y las variables de fuerza/potencia se calcularon de acuerdo con PHV, en sus resultados hubo correlaciones significativas de tamaño medio-grande entre todas las medidas de equilibrio con la fuerza de los extensores de la espalda ( $r = 0.486-0.791$ ) y asociaciones grandes con la potencia ( $r = 0.511-0.827$ ). Estos coeficientes de correlación fueron significativamente diferentes entre pre-PHV y circa PHV, así como entre pre-PHV y post-PHV con asociaciones más grandes en los grupos más maduros. Independientemente del estado de madurez, SLJ fue el mejor predictor de fuerza/potencia con la mayor proporción de varianza (12-47%) para el equilibrio (es decir, ojos abiertos) y el YBT fue el mejor predictor de equilibrio con la mayor proporción de varianza (43-78%) para todas las variables de fuerza/potencia, el cual puede concluir que las asociaciones entre el equilibrio y las medidas de fuerza/potencia muscular en atletas jóvenes que aumentan con la madurez pueden implicar efectos de transferencia del entrenamiento de equilibrio a fuerza/potencia y viceversa en atletas jóvenes.

Padilla y Lozada (2017) llevaron a cabo un estudio en un centro deportivo de Venezuela con el objetivo de analizar la condición física aeróbica en relación con la maduración somática de 133 jóvenes estudiantes de un Liceo Bolivariano en el Estado Barinas. De estos participantes, 72 eran hombres y 61 mujeres, con edades entre 11 y 14.8 años. El estudio fue de tipo cuantitativo, descriptivo-comparativo y de corte transversal. Para medir la condición física aeróbica, se utilizó una prueba submáxima indirecta en escalón conocida como PWC170, y se evaluó el pico de crecimiento en altura (PHV) para determinar la maduración somática. Los resultados mostraron que, en términos de  $Vo_{2m\acute{a}x}$  relativo (ml/kg/min), los chicos obtuvieron promedios superiores a las chicas ( $p < 0.05$ ). Además, se observó una tendencia ( $p < 0.05$ ) hacia la disminución del  $Vo_{2m\acute{a}x}$  relativo al alcanzar o superar el PHV, mientras que el  $Vo_{2m\acute{a}x}$  absoluto aumentó ( $p < 0.05$ ) al acercarse o superar el PHV. También se halló que 2 de cada 10 participantes presentan un riesgo cardiovascular futuro, independientemente de su sexo. En conclusión, el conocimiento de los valores de  $VO_{2m\acute{a}x}$  en niños y adolescentes, junto con su relación con el estado de maduración, es una herramienta clave para evaluar su rendimiento físico y estado de salud.

En Brasil, se realizó una investigación sobre la maduración somática y la condición física de jóvenes futbolistas, con el fin de analizar la relación entre la distancia del pico de velocidad de crecimiento y la aptitud física, así como comparar el rendimiento en pruebas de aceleración, velocidad y agilidad entre jugadores de distintos niveles de maduración. Participaron 104 jugadores masculinos de las categorías juveniles del Fluminense Football Club. Se aplicó el método de Mirwald (2002) para evaluar la distancia del pico de velocidad de crecimiento, mientras que la aptitud física se midió mediante pruebas de aceleración (10 m), velocidad (30 m) y agilidad (test de Zig-Zag), con un nivel de significancia de  $p < 0.05$ . Los resultados mostraron una fuerte correlación negativa entre la distancia del pico de velocidad de crecimiento y la aceleración ( $\rho = -0.660$ ,  $p < 0.01$ ), la velocidad ( $\rho = -0.767$ ,  $p < 0.01$ ) y la agilidad ( $\rho = -0.703$ ,  $p < 0.01$ ). En conclusión, se recomienda que los estímulos de entrenamiento para los jugadores sean personalizados para proporcionar un entrenamiento físico adecuado a cada uno (Kunrath et al., 2017).

Barazetti et al. (2019) realizaron una investigación en jóvenes jugadores de baloncesto de diferentes posiciones de juego (menores de 13 años) en donde el objetivo fue comparar las características de maduración somática, rendimiento antropométrico y físico (salto vertical y potencia aeróbica) y analizar estas relaciones utilizando Peak Height Velocity (PVC) como una medida de la maduración somática. Para ello se evaluaron 26 atletas masculinos. Las variables antropométricas fueron: masa corporal, altura de pie y sentada, y longitud de miembros inferiores. La maduración fue determinada por la edad en el PVC. El rendimiento físico se determinó mediante pruebas de potencia de los miembros inferiores (salto con contramovimiento - CMJ) y potencia aeróbica (Test de Recuperación Intermitente). MANOVA reportó diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre las posiciones de juego con respecto a las variables de compensación de madurez, edad estimada del PVC, altura de pie, altura sentada, longitud estimada de piernas, masa corporal y Yo-Yo IR1. Además, se identificó que los bases alcanzaban el PVC estimado a una edad más avanzada que sus pares que actúan como aleros y pivots. En cuanto al CMJ, no se identificaron diferencias significativas entre las posiciones de juego, pero en

relación con la potencia aeróbica, los bases y los aleros presentaron mayor rendimiento (Barazetti et al., 2019).

Estos hallazgos confirman que la maduración tiene un gran efecto en las medidas de crecimiento y rendimiento físico y que la edad estimada del PVC es una herramienta aplicable en los jóvenes atletas, ayudando principalmente a los profesionales en la estructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje-entrenamiento en este grupo de edad pero en relación con la potencia aeróbica, los bases y los aleros presentaron mayor rendimiento, pero con relación a la potencia aeróbica, los bases y los aleros presentaron mayor rendimiento.

Se realizó un estudio en el 2020, en donde su objetivo fue determinar las contribuciones individuales de la edad cronológica, la maduración somática, el tamaño y la composición corporal y la experiencia de entrenamiento como indicadores de rendimiento en evaluaciones neuromusculares y específicas de judo en atletas jóvenes, se evaluaron sesenta y seis atletas jóvenes de judo a los cuales se les realizaron mediciones antropométricas, pruebas neuromusculares: prueba de salto de longitud de pie (SLJ), prueba de lanzamiento de balón medicinal (MBT), prueba de fuerza de agarre (HGS) y pruebas específicas de judo: prueba especial de condición física de judo (SJFT). ) y Prueba de Fuerza Isométrica de Agarre de Judogi (JGST ISO ). Se utilizó una regresión lineal múltiple con el nivel de significancia fijado en 5%. Los principales resultados mostraron que la velocidad de altura máxima (PHV) por edad, la grasa corporal y la experiencia de entrenamiento explicaron cerca del 20 % del rendimiento de SJFT. La edad cronológica, la edad-PHV, la altura, la masa y la grasa corporales representaron el 42 % de la variación en JGST ISO, la edad cronológica, la grasa corporal y la experiencia de entrenamiento explicaron el 35 % de la variación en SLJ, mientras que la edad cronológica, la masa corporal y la grasa corporal explicaron el 53 % de la variación en MBT. Finalmente, la edad-PHV, la masa corporal y la altura explicaron el 54% de la varianza en HGS, este estudio llega a la conclusión que las variables estimadas de edad-PHV y crecimiento explicaron proporciones moderadas a grandes de la varianza en las pruebas neuromusculares (con la excepción de SLJ), mientras que ambas variables

estimadas de edad-PHV, entrenamiento y crecimiento fueron predictores del rendimiento específico del judo (Detanico et al., 2020).

En Ecuador, Manangón et al. (2020) llevaron a cabo un estudio sobre la relación entre el desempeño motor y la maduración biológica en futbolistas Sub-16 del equipo El Nacional. Este estudio se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo y se basa en una investigación de campo de tipo descriptivo correlacional, con una muestra de 25 jugadores que participan en el Campeonato Ecuatoriano de Fútbol Sub-16. Para la evaluación, se utilizaron la prueba anaeróbica Running-based Anaerobic Sprint (RAST) y la prueba aeróbica Yo-Yo Endurance Nivel 1, además de realizar mediciones antropométricas. Los resultados mostraron que no existían diferencias significativas en las variables de edad, peso, altura y Altura Tronco Cefálica (ATC) en relación con el Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC). Se sugiere que estas diferencias podrían estar relacionadas con el aumento de la edad, la transición de la adolescencia a la juventud y el tiempo de entrenamiento sistemático. Además, se identificaron correlaciones inversas y directas entre las pruebas físicas y el PVC. Solo las variables de Potencia Máxima ( $r=0.466$ ,  $p=0.019$ ) y Media ( $r=0.512$ ,  $p=0.009$ ) del Test RAST mostraron correlaciones significativas con el PVC. En conclusión, los resultados sobre las características antropométricas de los sujetos en relación con su maduración biológica indican que, independientemente del método empleado para clasificar a los jóvenes futbolistas, la maduración biológica (niveles de PVC) se presenta como una alternativa válida.

En el mismo año, Hespanhol et al. (2020) realizaron una investigación para examinar la relación entre la velocidad máxima alcanzada en un partido de fútbol y la composición corporal y la masa ósea en jóvenes futbolistas en distintas etapas de maduración. Este estudio fue de carácter transversal e incluyó a 175 jugadores masculinos. La velocidad se midió con un sistema de posicionamiento global (Polar Team2), mientras que los parámetros de masa ósea (densidad y contenido mineral) y la composición corporal se evaluaron mediante absorciometría de rayos X de energía dual (iDXA) en todo el cuerpo y en las piernas. La maduración somática se determinó a través de la velocidad máxima de crecimiento, usando el método de Mirwald, y se

clasificó a los atletas en tres grupos: Pre (n=42), Durante (n=57) y Post (n=76) PVC. Los resultados mostraron diferencias significativas entre los grupos en todas las variables analizadas. No obstante, no se hallaron correlaciones significativas entre la masa ósea y las variables de composición corporal con el rendimiento en velocidad. Aunque no fueron significativos, se notaron coeficientes de determinación más bajos en los diferentes grupos: Pre (23.12% para densidad ósea), Durante (27.25% para tejido magro total) y Post (24.61% para porcentaje de grasa y tejido bruto total). En conclusión, los resultados sugieren que hay una capacidad limitada para predecir la masa ósea y la composición corporal en relación con el rendimiento de velocidad máxima durante un partido de fútbol en los distintos grupos de maduración, aunque se observaron diferencias en el comportamiento de la masa ósea y la composición corporal en función de la velocidad máxima.

Cossio-Bolaños et al. (2020) llevaron a cabo un estudio en Chile con 1685 escolares (731 mujeres y 954 hombres) de entre 9 y 15.4 años, dividiéndolos en cuatro grupos (7.5-9.4 años; 9.5-11.4 años; 11.5-13.4 años y 13.5-15.4 años). El objetivo principal fue analizar la relación entre la fuerza de prensión manual relativa (FPMR) y la masa grasa (MG), considerando el efecto del estado de madurez. Se evaluaron niños y adolescentes de ambos sexos, midiendo la FPMR con un dinamómetro hidráulico y la MG mediante absorciometría de rayos X de doble energía. Para examinar las diferencias según sexo y grupo etario, así como entre niños de peso normal y obesos en los niveles de FPMR, se aplicó análisis de covarianza, tomando en cuenta los años de pico de velocidad de crecimiento como covariable. Se utilizó correlación parcial para analizar la relación entre FPMR y MG, controlando el año de pico de velocidad de crecimiento. Los resultados mostraron que la FPMR aumentaba con la edad en ambos sexos, y los niveles de MG eran altos en todos los grupos de edad. No se encontraron diferencias significativas en los grupos 3 y 4 entre las niñas ni en el grupo 4 entre los niños. Además, los niños con peso normal presentaron una FPMR significativamente mayor que los obesos, observándose una asociación negativa entre FPMR y MG. En conclusión, la FPMR se asoció negativamente con la MG, controlando el estado de madurez.

Este estudio presenta fortalezas, como la adecuada selección y tamaño de la muestra, que permiten generalizar los resultados a poblaciones similares en Chile. Sin embargo, su diseño transversal limita la capacidad para establecer relaciones causales, por lo que se sugiere realizar estudios longitudinales en el futuro para confirmar estos hallazgos.

Towilson et al. (2021) realizaron una revisión sistemática en donde evaluaron las consideraciones asociadas con la madurez para la carga de entrenamiento, el riesgo de lesiones y el rendimiento físico en el fútbol juvenil: una talla no sirve para todos, en la cual su propósito fue resaltar y discutir muchos de los métodos que se pueden usar para estimar la maduración en el entorno aplicado y discutir las implicaciones de manipular la carga de entrenamiento alrededor del PHV en el desarrollo físico y el riesgo de lesiones y llega a concluir que estimar la madurez utilizando ecuaciones predictivas es útil para guiar el proceso de capacitación para que los profesionales sean conscientes de sus limitaciones, explicando que para aumentar la precisión y la utilidad de los datos, también es vital que los científicos del deporte implementen protocolos de prueba confiables en puntos de tiempo predeterminados.

Manonelles et al. (2021) señalan que, durante las etapas de crecimiento, los deportistas presentan diversas capacidades condicionales y coordinativas. Sin embargo, la experiencia indica que los individuos más maduros tienden a perder su destreza a medida que avanzan a categorías superiores, siendo superados por aquellos que, en categorías anteriores, tenían un rendimiento inferior. Por otro lado, Verdugo (2015) plantea la problemática en los clubes deportivos, donde algunos entrenadores seleccionan a sus atletas desde una edad temprana, imponiendo altos niveles de profesionalización y aumentando las cargas de entrenamiento en tiempo e intensidad. Esto puede tener efectos negativos en el deportista, perjudicando su desarrollo en etapas posteriores. Villamarin et al. (2021) explican que las diferencias en el crecimiento y la maduración de los niños generan variaciones en las características estructurales y funcionales de sus órganos y sistemas. Como resultado, las capacidades y habilidades motrices se manifiestan de manera diferente

para enfrentar los esfuerzos cotidianos y las demandas deportivas. Así, los niños con un desarrollo tardío o normal pueden alcanzar y superar a aquellos con un desarrollo precoz, quienes, a su vez, pueden no mantener su estatus como los mejores.

Otro estudio reciente publicado en el 2021 por Giudicelli et al. (2021) tuvo como objetivo analizar la asociación entre la edad cronológica, la maduración biológica y las características antropométricas para explicar el rendimiento físico de jóvenes atletas de judo, en donde los participantes fueron sesenta y siete judokas (11.0-14.7 años), las variables que evaluaron fueron rendimiento físico y antropométrico, la estatura adulta predicha la cual se utilizó como indicador de maduración somática. Para la parte estadística se realizó una correlación bivariada de Pearson para definir qué variables antropométricas estaban asociadas a cada prueba física. Se realizó una regresión jerárquica lineal múltiple para verificar los efectos de la edad, la madurez y la antropometría en el rendimiento físico. Los modelos de regresión se construyeron con la edad, la estatura adulta predicha y las tres variables antropométricas más significativamente correlacionadas para cada prueba física, los resultados obtenidos dentro del estudio fueron que los judokas mayores se desempeñaron mejor en la mayoría de las pruebas físicas. Sin embargo, la maduración atenuó el efecto de la edad en la mayoría de las variables y afectó significativamente la fuerza de prensión y la parte superior del cuerpo. Las variables antropométricas atenuaron la edad y la madurez y las asociadas con la composición corporal afectaron significativamente el rendimiento en la mayoría de las pruebas, como conclusión se expone que futuros estudios deberían investigar el papel de las variables antropométricas en el efecto de la madurez en jóvenes judokas. Futuros estudios deberían investigar el papel de las variables antropométricas en el efecto de la madurez en jóvenes judokas.

Vega Silvia et al. (2021) llevaron a cabo una investigación para evaluar, a través de la antropometría, el estado de maduración, la masa muscular y su impacto en el rendimiento físico de adolescentes deportistas en la provincia de San Luis. Este estudio fue de tipo transversal descriptivo, cuantitativo y correlacional, y se centró en 60 adolescentes de la ciudad de San Luis, con edades entre 10 y 19 años. El estado

de maduración y la composición corporal se evaluaron utilizando el Protocolo ISAK, mientras que el rendimiento físico se midió a través de una prueba de fuerza en miembros inferiores, siguiendo el Protocolo de Bosco para el salto en contramovimiento (CMJ). Los datos fueron analizados con el software estadístico SPSS, con un nivel de significación del 95% de precisión, y se utilizó la prueba Chi Cuadrado de Pearson para las correlaciones. Se halló que el 61,6% (n = 37) de los adolescentes que habían alcanzado el pico máximo de crecimiento (PHV) según la fórmula de Mirwald (2002) mostraron un estado de maduración normal. Los adolescentes varones con maduración normal (n = 17) y tardía (n = 16) presentaron medias de 26 y 26,5 kg de masa muscular (MM), respectivamente. Por otro lado, los adolescentes de maduración normal (n = 20) tuvieron una media de 21 kg de MM, mientras que los de maduración tardía (n = 6) mostraron un promedio de 25 kg de MM. La prueba de fuerza en miembros inferiores reveló que el 75% (n = 45) de la población analizada tenía un nivel bajo de CMJ. En conclusión, se observa que los varones adolescentes que habían alcanzado el PHV presentaron mayor masa muscular y niveles más altos de CMJ. Los resultados de este estudio sugieren una relación entre la edad del PHV, los kilogramos de masa muscular y la altura del CMJ, así como su repercusión en el rendimiento físico deportivo.

## Capítulo II. Fundamentos Metodológicos

Este capítulo detalla las variables involucradas, el diseño del estudio, el universo y la muestra, así como el método de muestreo y los criterios de inclusión y exclusión. A continuación, se presenta la descripción de las mediciones físicas y los procedimientos para la recolección de datos, junto con las consideraciones éticas y el plan de análisis de resultados.

### Variables implicadas

La maduración biológica como variable independiente y la variable dependiente la aptitud física.

### Diseño de estudio

Se trata de un estudio, cuantitativo, descriptivo-correlacional y longitudinal, el cual es apropiado para describir y probar la relación de la maduración biológica con las aptitudes físicas de los escolares durante un año escolar (Delgado y Llorca, 2004).

De acuerdo con las recomendaciones de Hernández-Sampieri (2014) para la selección de muestra y las características de los sujetos de estudio, se seleccionó un muestreo no probabilístico por conveniencia considerando a los escolares de cuarto, quinto y sexto grado de cinco primarias y primero, segundo y tercero de secundaria.

Para la determinación del tamaño muestral se utilizó la fórmula para el cálculo de una proporción en una población finita. Se calculó el número de individuos representativos de la población que se iban a muestrear a partir del número total de individuos (N) manteniendo un determinado nivel de confianza ( $Z\alpha$ ) y de seguridad (q), así como una determinada precisión (d) (Fernández, 1996).

El tamaño de la población fue de  $N = 700$ , seleccionando un nivel de confianza de  $Z\alpha = 1,96$  y seguridad del 95% de probabilidad ( $p = 0.05$ ). En este proyecto, se

consideró una precisión del  $d=2\%$ . Aplicando la ecuación anteriormente indicada el tamaño mínimo de muestra fue  $n = 276$  participantes, con una pérdida estimada de 15% de muestra, ajustando las pérdidas, el cálculo estimado indicó que se requirió fue de al menos 325 participantes para el estudio, a partir de la siguiente fórmula donde:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

$N$  = Total de la población

$Z_{\alpha}^2 = 1.96$  (si la seguridad es del 95%)

$p$  = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)

$q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0.05 = 0.95$ )

$d$  = precisión (en este caso deseamos un 2%).

### ***Criterios de Inclusión***

Aquellos que en el momento de la evaluación contaran con las indicaciones previas como lo son el consentimiento y asentimiento informado firmado, ropa adecuada, calzado adecuado.

### ***Criterios de Exclusión***

Que no permitieran alguna medición haciendo válida su derecho de desertar del proyecto (como lo indica el asentimiento informado) o que tuvieran alguna enfermedad o condición física en el momento de la evaluación.

### ***Criterios de eliminación***

Aquellos que no hayan completado las pruebas físicas y antropométricas en su totalidad del estudio (toma inicial y final).

### **Instrumentos y Mediciones**

Una vez obtenido el permiso se solicitó a las primarias y secundaria (Escuela primaria 27 de septiembre, Escuela primaria Belisario Domínguez, Escuela primaria Plan de San Luis, Escuela primaria Chapultepec, Escuela Primaria José de Jesús Martínez, Escuela Secundaria Josefa Ortiz de Domínguez) una visita para explicar el objetivo del estudio y entregarle a los padres de familia el consentimiento y asentimiento informado (Anexo 2) , aprobados los criterios de inclusión y exclusión posteriormente se adaptó en la institución escolar un espacio físico adecuado para poder realizar las mediciones antropométricas y las pruebas físicas, consecutivamente se realizó el llenado del cuestionario sociodemográfico (Anexo 1) básico para después iniciar con la realización de las pruebas antropométricas y de aptitud física.

### ***Medición de la maduración biológica***

La maduración biológica se evaluó por medio de la maduración somática por un método antropométrico determinado por la ecuación propuesta por Mirwald et al., (2002), permitiendo el cálculo del Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC) y los cambios tomando en cuenta el índice de maduración biológica.

Esté método de evaluación ha sido estudiado y re formulado así como también validado por algunos autores para uso en diferentes poblaciones incluyendo latinoamérica, llegando a la conclusión que las ecuaciones de regresión de Mirwald et. al (2002) son válidas y que en los estudios son una alternativa para evaluar la maduración somática (Gómez-Campos et al., 2012).

Este procedimiento implica la interacción entre las variables antropométricas como peso, estatura, estatura tronco-cefálica y edad, lo que permite clasificar a los

individuos en ocho niveles. Estos se agrupan con un Índice de Maduración Biológica (IMB) que va de -4 a 3, donde el valor (0) indica el momento del pico de velocidad de crecimiento (PVC). La longitud de los miembros inferiores (LMI) se calcula restando la estatura sentada de la estatura total, lo que sirve como un indicador para evaluar la maduración en poblaciones escolares. Este enfoque puede aplicarse en contextos clínicos, escolares, deportivos y en la evaluación de calidad de vida, permitiendo clasificar grupos de trabajo para homogeneizar a niños y adolescentes en actividades deportivas y no deportivas (Gómez-Campos et al., 2013).

Con este método, se pueden identificar a los maduradores tempranos como aquellos que alcanzan el PHV antes de la media del resto o que están a menos de un año de él; los maduradores medios son aquellos que se encuentran a más o menos un año de su PHV, mientras que los maduradores tardíos son los que están a más de un año de esta medida (Sherar et al., 2015). Además, se puede predecir la estatura adulta que alcanzará el joven en función del Maturity Offset obtenido.

La edad cronológica de los escolares se determinó en formato decimal, utilizando la fecha decimal de nacimiento y la de la evaluación. Las medidas antropométricas fueron tomadas por un técnico certificado de nivel I de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), siguiendo el protocolo estandarizado descrito en su Manual de Referencia (Marfel et al., 2006). Para medir la masa corporal, los escolares fueron evaluados descalzos y con la menor cantidad de ropa posible, utilizando una báscula de bioimpedancia eléctrica Tanita BC 418. La estatura se midió en centímetros con un estadiómetro de aluminio SECA 213, que tiene una escala graduada de 0 a 250 cm, asegurándose de que los sujetos estuvieran en el plano de Frankfurt y sin calzado. Para medir la estatura tronco-cefálica (sentada), se utilizó un banco de madera firme de 50 cm de altura y una escala de 0 a 150 cm, con una precisión de 1 mm.

Después de obtener los datos se realizaron las ecuaciones adecuadas para obtener los resultados de la maduración biológica. (Sherar et al., 2015).

**Tabla 2**

*Ecuación de regresión para predecir el pico de velocidad de crecimiento*

Sexo	Ecuación de regresión
H	$\text{PVC} = -9,232 + 0,0002708 (\text{LMI} * \text{ATC}) - 0,001663 (\text{E} * \text{LMI}) + 0,007216 (\text{E} * \text{ATC}) + 0,02292 (\text{P} / \text{Est})$
M	$\text{PVC} = -9,37 + 0,0001882 (\text{LMI} * \text{ATC}) + 0,0022 (\text{E} * \text{LMI}) + 0,005841 (\text{E} * \text{ATC}) - 0,02658 (\text{E} * \text{P}) + (0,07693) (\text{P} / \text{Est})$

*Nota.* En esta tabla se muestra la fórmula para predecir el PVC. LMI=Longitud de miembros inferiores, ETC=Esta - tura tronco-cefálica, E= Edad, P= Peso, Est=Estatura (Mirwald,2002).

### ***Medición de las aptitudes físicas***

Para valorar las aptitudes físicas se realizaron pruebas físicas, las cuales se llevaron a cabo en un área anexa dentro de la institución educativa, ventilada, con temperatura agradable y espacio suficiente para realizar las pruebas.

### ***Fuerza***

En la literatura actual, existen diversas pruebas e instrumentos para evaluar la fuerza muscular en niños, destacando la dinamometría. Este dispositivo, que es fácil de usar, mide la fuerza muscular isométrica en las extremidades superiores e inferiores y se centra especialmente en la evaluación de la fuerza de agarre, la cual es un indicador de la fuerza muscular general. La dinamometría se ha utilizado ampliamente en un rango de edad de 5 a 80 años, y cuenta con estudios que respaldan su validez, mostrando un coeficiente de correlación de Pearson superior a 0.8 (Wind et al., 2010) y un coeficiente de correlación intraclase (CCI) superior a 0.88 (Daloia et al., 2018), lo que evidencia su eficacia en la evaluación de la fuerza muscular.

La prueba de dinamometría manual tiene como objetivo medir la fuerza estática de los músculos flexores de mano y antebrazo, se midió con un dinamómetro digital Takei SMEDLEY III T-19D con precisión de 100g, la evaluación de esta se realizó de una manera estructurada.

De acuerdo con el protocolo recomendado el sujeto con el brazo extendido y a 90 grados tomó el aparato y realizó la fuerza máxima (Mathiowetz y cols. 1985), este procedimiento se repitió tres veces alternando mano derecha e izquierda con pausas de 1 minuto cada intento; anotándose como medida válida el mejor de los seis intentos efectuados.

Para la toma de resultados solo se utilizó el total numérico, sin categorizar ni clasificar al individuo debido a que solo buscamos observar cambios.

### ***Potencia***

Existen pruebas para conocer la potencia (Sargent, 1921), se manejan diferentes tipos y variantes de saltos, la prueba que se utilizará para potencia es la prueba de salto vertical con pies juntos y brazos (CMJ con brazos), su principal propósito es medir la potencia de la musculatura del miembro inferior.

Para evaluar el salto de CMJ con brazos se utilizó la aplicación para iPhone My jump2 v.3.9.4, validada por Carlos Balsalobre en el artículo The validity and reliability of an iPhone app for measuring vertical jump performance (Balsalobre-Fernández, 2015) y con la finalidad de validar este instrumento para escolares Bogataj et al. (2020) realizaron un estudio y se encontró que My Jump 2 es una herramienta válida, fiable y útil para medir el rendimiento de salto en niños escolares.

### ***Medición CMJ con brazos***

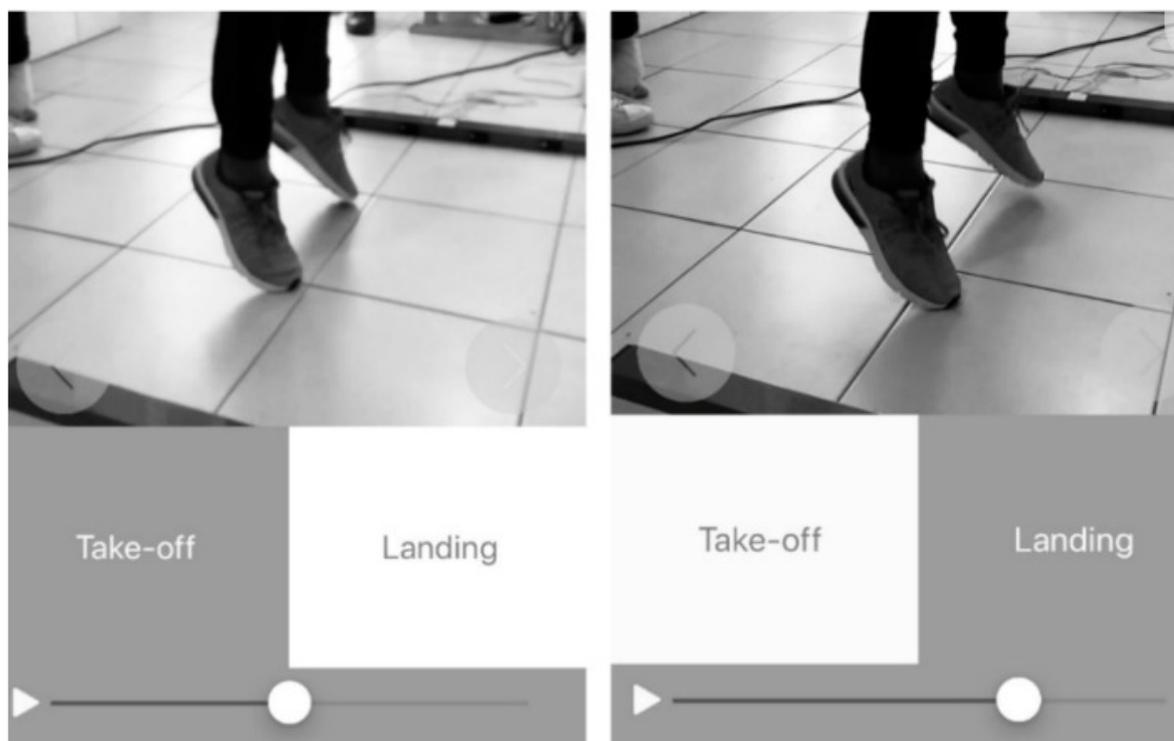
Desde la posición erguida se realizó una flexión de rodillas hasta los 90° y se indicó inmediatamente un salto vertical al esfuerzo máximo acompañado con el impulso de brazos; La prueba se realizó tres veces y se registró el mejor resultado obtenido (Garrido et al., 2004; Mouche, 2001). Para grabar el CMJ con brazos se

realizó con la app My Jump, un investigador se localizó en una silla con el iPhone 12 XR de cara (en el plano frontal), a 1.5 m de distancia y acercándose a los pies del participante.

Para el análisis de vídeo, se realizó marcando el primer fotograma en el que ambos pies se despegaron del suelo (fase de despegue) y posteriormente, el primer cuadro en el que al menos un pie tocar el suelo (fase de aterrizaje) para así encontrar el valor del salto en centímetros (Balsalobre-Fernández, 2015) (Figura 2).

### Figura 2

*Cuadros de las fases de despegue y aterrizaje en la aplicación myjump2*



*Nota:* Esta figura muestra la forma de localizar la fase de despegue y aterrizaje en la aplicación myjump2.

### ***Resistencia aeróbica***

La prueba de "course navette" o carrera de 20 metros es un test progresivo de aptitud cardiorrespiratoria que evalúa la potencia aeróbica máxima y, de forma indirecta, el consumo máximo de oxígeno. Consiste en realizar una carrera de ida (20 metros) y vuelta (20 metros), donde el participante se desplaza entre dos puntos al ritmo marcado por una señal sonora que acelera progresivamente. La prueba comienza a una velocidad de 8 km/h, que aumenta lentamente hasta alcanzar los 18 km/h.

El participante debe ajustar su propio ritmo para llegar a un extremo de la pista al escuchar la señal, manteniendo una aproximación de 1 a 2 metros. En cada extremo, debe tocar la línea con el pie. La prueba finaliza cuando el individuo decide detenerse o no puede mantener el ritmo impuesto por la señal acústica (Torres-Luque, Carpio, Lara, & Zagalaz, 2014; Gomez-Campos et al., 2014).

La prueba se lleva a cabo en una pista deportiva o en un terreno plano y liso, con dos conos naranjas colocados paralelamente a 20 metros de distancia. Para delimitar este espacio, se utiliza una cinta de 20 metros, junto con un reproductor de audio que emite las señales del protocolo, asegurándose de que el participante pueda escucharlas claramente (López, 2002).

Para ejecutar la prueba, el sujeto se posiciona detrás de una línea, mirando hacia la otra línea situada a 20 metros. Al iniciar el reproductor, escucha el protocolo de la prueba, que incluye las siguientes instrucciones: a) Al primer sonido, debe correr a la máxima velocidad hacia la línea de 20 metros, superándola. b) Debe esperar en posición de salida alta hasta escuchar la siguiente señal. c) Repetirá este ciclo tantas veces como le sea posible, tratando de seguir el ritmo de las señales. d) La prueba termina cuando el participante no llega a tiempo a la siguiente línea al escuchar la señal.

Al finalizar, se registra la distancia total recorrida hasta el último trayecto completado. Esta prueba ha sido bien recibida por entrenadores, investigadores y

educadores físicos, y actualmente es el test más utilizado en niños y adolescentes (Olds et al., 2006).

#### Recolección de datos

Para la recolección de datos, primero se solicitó autorización de las autoridades de las instituciones públicas siendo 5 escuelas primarias y 1 secundaria a conveniencia participaron, se eligieron por las edades del proyecto los grados de 4, 5 y 6 de primaria y 1, 2 y 3 de secundaria respectivamente para realizar el estudio y se acudió a cada una de las escuelas donde se realizó una reunión con los padres de familia y posteriormente con los escolares para presentar y promover el proyecto.

Se entregó el consentimiento y asentimiento informado y se les explicó la importancia de cumplir con los requerimientos indicados en los formatos.

A quienes cumplieran con los criterios de selección, se les solicitó la firma del consentimiento y asentimiento informado e inmediatamente después, se comenzó con el llenado del cuestionario básico sociodemográfico y se procedió con la realización de las mediciones antropométricas y finalmente se realizarán las pruebas físicas, en este punto aquellos escolares que decidieran salir de las pruebas o no permitieran alguna medición su participación terminará en ese momento.

Debido a que es una investigación de carácter longitudinal se realizaron las pruebas en dos momentos (una semana después de iniciar curso escolar y un mes antes de salir de clases). (Figura 3).

#### ***Medición de la composición corporal***

Se evaluó la composición corporal por medio de bioimpedancia eléctrica. Para la medida del peso y la composición corporal, el participante permaneció de pie (descalzo) con ropa ligera en el centro de la báscula TANITA BC 418 tomando las dos manijas para obtener la lectura por medio de bioimpedancia completa de los miembros superiores, inferiores y el tronco, para conocer el porcentaje de grasa, la

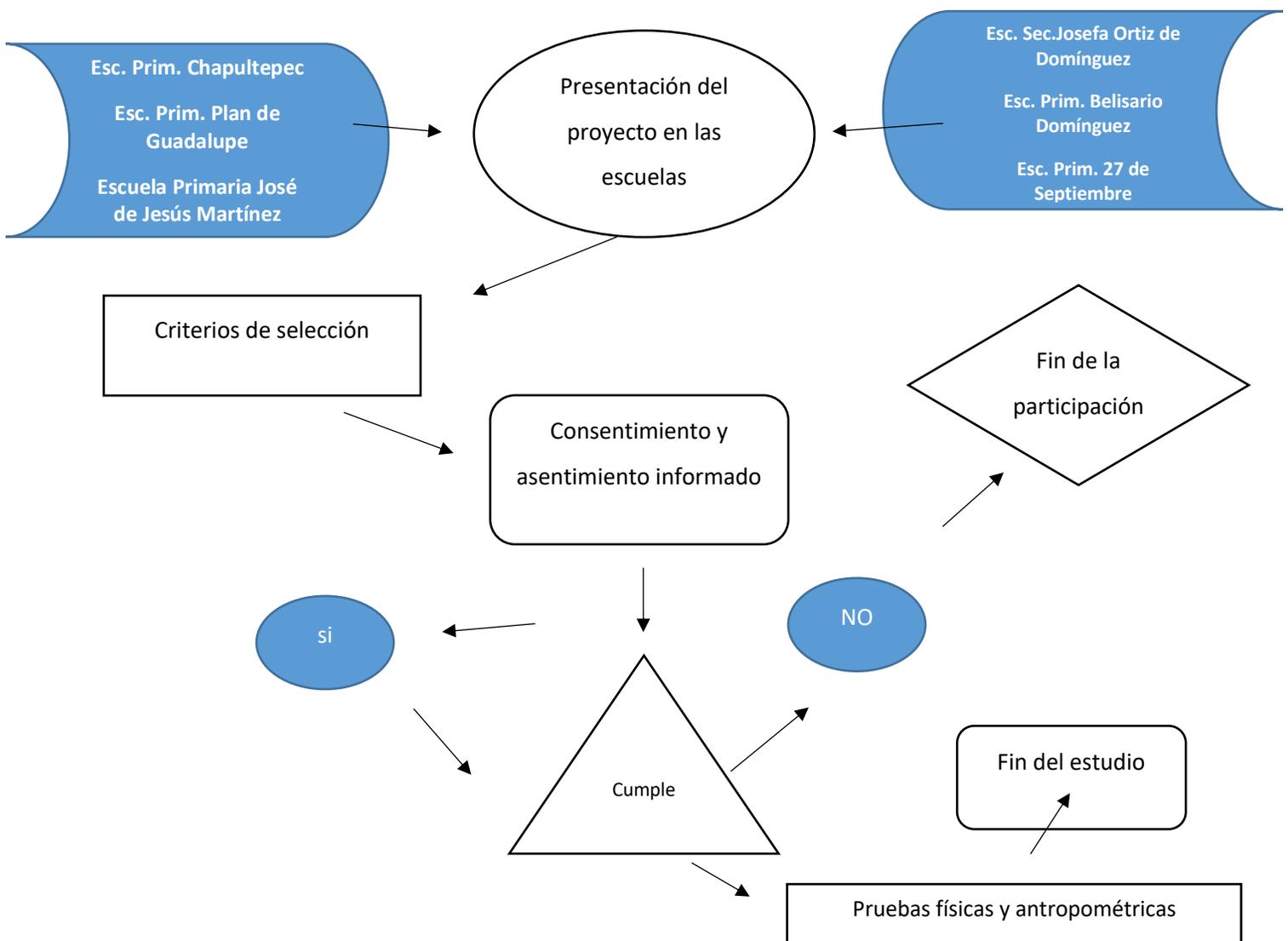
masa libre de grasa (kg), porcentaje de agua corporal de los miembros inferiores, superiores y el tronco.

### Procedimientos

En la figura 3 se presentan los procedimientos que se llevaron a cabo durante la investigación.

### Figura 3

*Flujograma del proceso general del estudio*



*Nota:* Elaboración propia

## Análisis estadístico

Se empleó el paquete estadístico SPSS versión 25.0 para el procesamiento de los datos y el análisis de los resultados.

Se usó estadística descriptiva e inferencial de acuerdo con los siguientes pasos:

Primero, se utilizó estadística descriptiva para conocer las características demográficas de la muestra, de las variables, así como para el primero y segundo objetivo (media y desviación estándar) tomando en cuenta el índice de maduración biológica por lo que se realizaron grupos.

Se realizó el análisis de Kolmogorov Smirnov (KS) con corrección de Lilliefors para explorar la distribución de las variables implicadas en este estudio: IMB, fuerza, potencia y resistencia, donde se observó que las variables no tienen una distribución normal (tabla No.3) por lo que se decide realizar pruebas no paramétricas para los análisis inferenciales.

**Tabla 3**

*Análisis de contrastes de hipótesis para distribución de las variables.*

Variables	Kolmogorov Smirnov	p
Índice de maduración	.106	<.0001
Fuerza inicial	.082	<.0001
Fuerza final	.105	<.0001
Potencia inicial	.070	<.0001
Potencia final	.081	<.0001
Resistencia inicial	.177	<.0001
Resistencia final	.160	<.0001

Elaboración propia

Respecto al objetivo 3 que se proponía conocer la relación de las variables de índice de maduración biológica, fuerza, potencia y resistencia se realizó una prueba de correlación de Spearman.

Para el objetivo número 4 se utilizó la prueba de Wilcoxon para conocer el comportamiento de las aptitudes físicas de los escolares en su evaluación inicial y final.

### **Consideraciones éticas**

El estudio se llevó a cabo siguiendo lo estipulado por el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación (Diario Oficial de la Federación. (2014). En particular, se observó lo mencionado en el Capítulo I, Artículo 13, garantizando la dignidad, derechos y bienestar de los participantes, quienes dieron su consentimiento de manera voluntaria y en el momento adecuado.

De acuerdo con el Artículo 14, fracciones V, VI, VII y VIII, la investigación fue realizada por profesionales de la salud con la formación y experiencia necesarias para proteger la integridad de los participantes. Se obtuvo el consentimiento informado de los padres y el asentimiento de los niños, a quienes se les ofreció una explicación clara sobre el desarrollo del estudio. Según el Artículo 16, se resguardó la privacidad de los participantes y se mantuvo la confidencialidad en las encuestas, protegiendo así su derecho a la privacidad.

Conforme al Artículo 17, fracción II, se realizaron pruebas físicas que evaluaron únicamente la fuerza, potencia y resistencia según la percepción de cada individuo. En relación con el Artículo 21, fracciones I, VI, VII y VIII, tanto padres como participantes fueron informados sobre los objetivos del estudio. En caso de que surgieran dudas sobre el procedimiento, se les brindó la opción de retirarse en cualquier momento, asegurando que esto no implicaría ningún perjuicio. Se garantizó la privacidad de la información a través del consentimiento informado, evitando que los participantes fueran identificados por su nombre.

En lo que respecta al Capítulo V, Artículo 58, fracciones I y II, se comunicó a los profesionales encargados de las mediciones y pruebas físicas la naturaleza de su participación, así como la confidencialidad de la información. Los resultados se presentarían a la institución de manera global, sin identificar a los individuos.

Esta investigación también se alineó con la Declaración de Helsinki (World Medical Association, 2013), respetando la decisión de los sujetos de participar con pleno conocimiento de los objetivos, duración y todas las implicaciones del estudio, y asegurando la integridad física y mental de los participantes a lo largo del proceso.

### Capítulo III. Resultados

En este capítulo, se presentan los resultados descriptivos obtenidos a partir de la evaluación de n= 346 participantes que cumplen con los criterios de selección, constituyendo así la muestra actual de este estudio.

Se siguió la estructura propuesta para el análisis de resultados y se procede a exponer, en primer lugar, los datos descriptivos fundamentales relacionados con los escolares participantes.

Este análisis inicial sienta las bases del primer y segundo objetivo para una comprensión más completa de los resultados, organizando la información de manera primordial por índice de maduración biológica (Fig.4), posteriormente, se ofrece una descripción detallada de la variable dependiente: las aptitudes físicas de los participantes. Esta sección proporciona un análisis exhaustivo de las mediciones y evaluaciones realizadas, destacando las tendencias y variaciones de la evaluación inicial y final de los grupos de estudio (Tabla 4,5,6 y 7).

Respecto al tercer objetivo que pretende conocer la relación de las variables IMB ,fuerza, potencia y resistencia, se realizó una prueba de correlación de Spearman (Tabla 8).

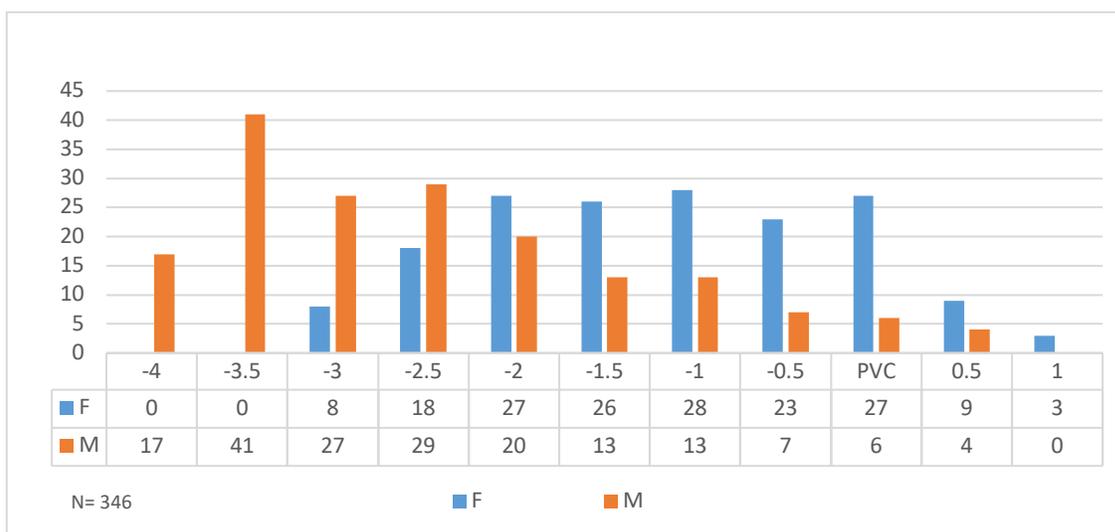
Conforme al objetivo numero 4 en el cual buscamos observar los cambios en cuanto a las aptitudes físicas de los escolares (fuerza, potencia y resistencia) en su evaluación inicial y final la cual se llevó a cabo en un lapso de 1 año escolar se realizó la prueba de Wilcoxon para encontrar resultados significativos, encontrando resultados en ciertos grupos de IMB, en los escolares del sexo femenino. (tabla 9,10, 11) y en los escolares del sexo masculino (tabla 12,13 y 14).

En la figura 4 se exponen los resultados de la distribución de la muestra por índice de maduración biológica (IMB) obtenido de la fórmula del PVC, se observa mayor cantidad de escolares del sexo femenino en el PVC debido a que la edad aproximada de PVC en el sexo femenino es aproximadamente a los 10-12 años y el

del sexo masculino entre los 12-14 años y la muestra está establecida en edades de 9 a 15 años.

#### Figura 4

*Distribución de índice de maduración por sexo*



*Nota:* Elaboración propia:, PVC, pico de velocidad de crecimiento(0);

La tabla 4 y 5 muestran los resultados de los datos la primera recolección propiamente denominada “toma inicial” en donde podemos observar una inclinación hacia el aumento de las variables antropométricas sobre el índice de maduración biológica y se acentúa más entre los grupos de -1 hasta el 1 (que son los más cercanos al PVC), diferente a los resultados de las aptitudes físicas.

La tabla 6 y 7 muestran los resultados de los datos de la segunda recolección propiamente denominada “toma final” de los escolares del sexo femenino y masculino en donde se pueden observar diferencias de variables antropométricas sobre el índice maduración biológica y cambios en las aptitudes físicas.

**Tabla 4**

*Características físicas, antropométricas y de edad según índice de maduración biológica (IMB) en escolares de sexo femenino en su toma inicial.*

Características	Índice de maduración biológica								
	-3 (n=8)	-2.5 (n=18)	-2 (n=27)	-1.5 (n=26)	-1 (n=28)	-.5 (n=23)	0 (n=27)	.5 (n=9)	1 (n=3)
Edad (años)	8.97 ±.10	9.21 ±.34	9.83 ±.48	10.20 ±.54	10.51 ±.50	11.02 ±.46	11.49 ±.63	11.91 ±.48	12.46 ±.1.14
Peso (kg)	25.92 ±2.99	31.03 ± 5.23	33.16 ±6.43	37.93 ±5.23	42.56 ±9.01	44.72 ±8	49.14 ±10.67	54.28 ±11.13	69.66 ±9.05
Estatura (cm)	130.37 ±3.02	132.86 ±2.85	136.61 ±3.03	141.58 ±4.63	147.42 ±4.18	149.82 ±3.26	153.85 ±3.29	154.77 ± 5.14	159.30 ±5.34
Edad pico	11.84 ±.16	11.67 ±.32	11.88 ±.54	11.71 ±.61	11.46 ±.54	11.74 ±.91	11.56 ±.71	11.52 ±.42	11.39 ±.97
IMC	15.32 ± 2	17.49 ±3.23	17.55 ±3.14	18.94 ±3.47	19.84 ±4	20.28 ±3.86	20.82 ±4.57	22.66 ±4.5	27.36 ±1.76
Fuerza (kg)	9.62 ±2.14	10.21 ± 1.91	11.99 ± 2.34	13.85 ± 2.56	16.09 ± 3.51	15.88 ± 3.02	18.25 ±3.67	18.14 ± 3.97	18.26 ± 5
Potencia (cm)	17.63 ± 4.75	18.24 ± 4.67	19.86 ± 4.83	19.78 ± 4.68	18.80 ± 4.93	19.15 ±3.24	20.33 ±5.09	19.31 ± 5.43	15.2 ±1.53
Resistencia (mts)	282.50 ±90.35	265.56 ± 107.33	268.89 ±112.50	285.38 ±133.45	347.14 ±177.40	304.352 ±119.38	339.26 ±196.93	366.67 ±245.37	180 ±52.91

*Nota:* kg; kilogramos, cm; centímetros, IMB; índice de maduración biológica, mts; metros

**Tabla 5**

*Características físicas, antropométricas y de edad según índice de maduración biológica (IMB) en escolares de sexo masculino en su toma inicial.*

Características	Índice de maduración biológica									
	-4 (n=17)	-3.5 (n=41)	-3 (n=27)	-2.5 (n=29)	-2 (n=20)	-1.5 (n=13)	-1 (n=13)	-.5 (n=7)	0 (n=6)	.5 (n=5)
Edad (años)	9.13 ±.25	9.86 ±.40	10.26 ±.57	10.79 ±.60	11.61 ±.44	11.76 ±.53	12.49 ±.76	13.40 ±.51	13.72 ±.80	14.01 ±.65
Peso (kg)	28.21 ±3.84	33.36 ±5.47	39.69 ±6.64	42.73 ±6.94	47.16±10.94	54.28 ±13.58	55.53 ±13.50	48 ±6.53	58.13 ±9.46	60.60 ±7.29
Estatura (cm)	129.18 ±4.92	135.32 ±3.51	140.09 ±3.66	145.72 ±4.43	148.10 ±3.82	152.77 ±2.91	157.66 ±3.84	157.41 ±4.68	162.88 ±2.94	164.7 ±3.98
Edad pico (años)	13.17 ±.30	13.26 ±.49	12.88 ±1.36	13.19 ±.71	13.60 ±.44	13.23 ±.55	13.72 ±1.19	13.99 ±.45	13.72 ±.77	13.24 ±.75
IMC	16.94 ±2.20	18.24 ±2.82	20.24 ±3.35	20.21 ±3.56	21.65 ±5.65	23.3 ±5.93	22.43 ±5.66	19.42 ±2.97	21.97 ±3.48	22.19 ±1.99
Fuerza (kg)	10.74 ±2.79	13.50 ±2.71	14.23 ±2.94	16.86 ±3.31	15.89 ±4.36	18.55 ±4.13	20.98 ±4.82	21.81 ±5.26	30.80 ±.95	31.40 ±10.55
Potencia (cm)	19.90 ±6.45	22.74 ±5.77	20.56 ±4.98	22.20 ±5.61	21.54 ±7.24	23.66 ±7.91	23.56 ±9.09	31.34 ±4.36	30.36 ±6.58	29.19 ±6.43
Resistencia (mts)	362.35 ±224.37	380 ±276.11	351.85 ±179.25	440.69 ±307.82	383 ±247.62	456.15 ±267.57	400 ±252.05	614.29 ±326.13	616.67 ±292.68	650 ±300.44

*Nota:* kg; kilogramos, cm; centímetros, IMB; índice de maduración biológica, mts; metros

**Tabla 6**

*Características físicas, antropométricas y de edad según índice de maduración biológica (IMB) en escolares de sexo femenino en su toma final.*

Caracterís- ticas	Índice de maduración biológica								
	-3 (n=8)	-2.5 (n=18)	-2 (n=27)	-1.5 (n=26)	-1 (n=28)	-.5 (n=23)	0 (n=27)	.5 (n=9)	1 (n=3)
Peso (kg)	28.35 ±3.87	35.47 ±6.51	37.45 ±7.41	42.66 ±8.25	46.19 ±9.80	49.71 ±10.84	53.04 ±11.41	58.37 ±12.17	74.63 ±15.04
Estatura (cm)	135.65 ±4.72	138.91 ±4.14	142.91 ±3.18	147.70 ±4.07	151.41 ±5.80	154.33 ±4.35	156.66 ±3.44	156.8 ±5.1	161.33 ±7
IMC	15.54 ± 2.45	18.55 ±3.45	18.36 ±3.60	19.69 ±3.93	20.19 ±3.94	20.86 ±3.90	21.74 ±4.70	24.67 ±4.54	28.56 ±3
Fuerza (kg)	11.88 ± 2.96	13.62 ± 2.22	14.75 ± 2.29	16.81 ± 2.61	19.19 ± 3.61	19.21 ± 3.77	20.46 ±4.31	20.51 ±3.71	19.96 ± 2.19
Potencia (cm)	18.64 ± 3.15	19.52 ± 4.60	20.67 ± 4.82	21.24 ± 4.54	21.28 ± 4.62	20.91 ±3.70	20.04 ±4.65	19.03 ±3.65	17.38 ± 3
Resistencia (mts)	382.50± 161.93	296.77± 115.86	334.07± 192.69	356.92± 180.19	393.57± 201.40	329.70 ±92.21	268.15 ±119.64	262.22 ±196.58	180 ± 20

Nota: kg; kilogramos, cm; centímetros, IMB; índice de maduración biológica, mts; metros.

**Tabla 7**

*Características físicas, antropométricas y de edad según índice de maduración biológica (IMB) en escolares de sexo masculino en su toma final.*

Características	Índice de maduración biológica									
	-4 (n=17)	-3.5 (n=41)	-3 (n=27)	-2.5 (n=29)	-2 (n=20)	-1.5 (n=13)	-1 (n=13)	-.5 (n=7)	0 (n=6)	.5 (n=4)
Peso (kg)	30.56 ±5.29	36.27 ±6.44	42.82 ±7.86	46.74 ±8.20	50.8 ±12.09	59.798 ±15.07	58.56 ±14.86	51.35 ±7.10	61.91 ±7.92	63.22 ±9.67
Estatura (cm)	133.57 ±5.03	140.16 ±4.12	145.33 ±3.29	151.84 ±5.86	154.3 ±4.55	158.90 ±3.55	163.04 ±4.25	161 ±4.55	166.10 ±2.86	166.67 ±3.12
IMC	17.23 ±2.77	18.53 ±3.06	20.37 ±3.52	20.22 ±3.85	21.57 ±5.92	23.83 ±6.33	22.06 ±5.45	19.90 ±2.83	22.5 ±2.57	22.75 ±3.15
Fuerza (kg)	12.80 ±1.73	15.03 ±3.02	16.47 ±3	20.87 ±4.45	18.79 ±4.66	23.70 ±4.76	26.17 ±5.59	25.61 ±5.76	36.01 ±1.91	35.70 ±9.04
Potencia (cm)	21.73 ±3.89	23.34 ±5.59	21.46 ±4.41	24.53 ±5.68	24.01 ±7.51	25.99 ±6.68	25.70 ±6.71	33.48 ±5.36	31.67 ±6.58	29.13 ±7.28
Resistencia (mts)	477.65 ±302.64	490.24 ±289.41	417.78 ±229.87	502.76 ±310.56	421 ±245.41	513.85 ±356.68	561.54 ±306.10	674.29 ±261.46	580 ±123.28	615 ±443.13

Nota: kg; kilogramos, cm; centímetros, IMB; índice de maduración biológica, mts; metros

En la tabla 8 se presentan los resultados obtenidos mediante la prueba de correlación de Spearman de los escolares (N=346) evaluando la significancia de las aptitudes físicas en relación con el índice de maduración biológica en dos momentos: antes (inicial) y después (final) de un determinado período.

Para los escolares del sexo masculino, se observó una correlación significativa en todas las aptitudes físicas (fuerza, potencia y resistencia), y en el caso de las escolares del sexo femenino, se encontró una correlación significativa únicamente en la fuerza .

**Tabla 8**

*Correlación de Spearman de la maduración biológica y las aptitudes físicas en escolares del sexo femenino y masculino*

Aptitudes físicas	<i>n</i>	Inicial <i>r</i>	<i>p</i>
Sexo Masculino	177		
Fuerza (kg)		.676	0.0001
Potencia (cm)		.248	0.001
Resistencia (mts)		.198	0.008
Sexo femenino	169		
Fuerza (kg)		.695	0.0001
Potencia (cm)		.019	.803
Resistencia (mts)		.096	.210

Nota: n = muestra; p = significancia estadística

Conforme al objetivo numero 4 en el cual buscamos observar los cambios en cuanto a las aptitudes físicas de los escolares (fuerza, potencia y resistencia) en su evaluación inicial y final la cual se llevó a cabo en un lapso de 1 año escolar, en los escolares del sexo femenino hubo cambios en cuanto la fuerza y fue significativo en todos los grupos excepto en el grupo del IMB .5 y 1, así mismo, en el comportamiento de la potencia se observaron cambios significativos en el grupo -1 y -.5, y en resistencia cambios significativos solamente en el grupo de -1.5 . Los que

estaban en el PVC se observó una reducción en la evaluación como se observa en las siguientes tablas (9,10 y 11).

**Tabla 9**

*Comportamiento de la fuerza (kg) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final*

Grupo IMB	Evaluación			<i>p</i>
	(n)	Toma inicial	Toma final	
-3	8	9.62 ± 2.14	11.88 ± 2.96	<0.0001**
-2.5	18	10.21 ± 1.91	13.62 ± 2.22	<0.0001**
-2	27	11.99 ± 2.29	14.76 ± 2.29	<0.0001**
-1.5	26	13.85 ± 2.56	16.81 ± 2.61	<0.0001**
-1	28	16.09 ± 3.51	19.19 ± 3.61	<0.0001**
-.5	23	15.88 ± 3.02	19.21 ± 3.77	<0.0001**
0	27	18.25 ± 3.67	20.46 ± 4.31	0.005*
.5	9	18.14 ± 3.97	20.51 ± 3.71	0.086
1	3	18.26 ± 5	19.96 ± 2.19	0.593

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia = 0.05; significativo  $p < 0.05$  (\*); muy significativo  $p < 0.001$  (\*\*).

**Tabla 10**

*Comportamiento de la potencia (cm) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final.*

Grupo IMB	Evaluación			$p$
	(n)	Toma inicial	Toma final	
-3	8	17.63 ± 4.75	18.64 ± 3.15	0.441
-2.5	18	18.24 ± 4.67	19.52 ± 4.60	0.231
-2	27	19.86 ± 4.83	20.67 ± 4.82	0.374
-1.5	26	19.78 ± 4.68	21.24 ± 4.54	0.112
-1	28	18.80 ± 4.93	21.28 ± 4.62	0.014*
-.5	23	19.15 ± 3.24	20.91 ± 3.70	0.010*
0	27	20.33 ± 5.09	20.04 ± 4.65	0.792
.5	9	19.31 ± 5.43	19.03 ± 3.65	0.767
1	3	15.21 ± 1.53	17.38 ± 3	0.285

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia = 0.05; significativo  $p < 0.05$  (\*); muy significativo  $p < 0.001$  (\*\*).

**Tabla 11**

*Comportamiento de la resistencia (mts) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo femenino en su toma inicial y final.*

Grupo IMB	Evaluación			$p$
	(n)	Toma inicial	Toma final	
-3	8	282.50 ± 90.35	382.50 ± 161.93	0.173
-2.5	18	265.56 ± 107.33	296.67 ± 115.86	0.319
-2	27	268.89 ± 112.50	334.07 ± 192.69	0.109
-1.5	26	285.38 ± 133.45	356.92 ± 180.19	0.036*
-1	28	347.14 ± 177.40	393.57 ± 201.40	0.230
-.5	23	304.35 ± 119.38	329.57 ± 92.21	0.184
0	27	339.26 ± 196.93	268.15 ± 119.64	0.019*
.5	9	366.67 ± 235.37	262.22 ± 196.58	0.107
1	3	180 ± 52.91	180 ± 20	1.000

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia = 0.05; significativo  $p < 0.05$  (\*); muy significativo  $p < 0.001$  (\*\*).

Así mismo en el sexo masculino se observaron resultados significativos; en las tablas 12, 13 y 14 se expone el resultado de la fuerza, potencia y resistencia en donde se observa que en la fuerza hubo cambios significativos en todos los grupos de IMB excepto en el grupo .5, en cuanto a la potencia los cambios puntuales se observan en los grupos de -2.5 y -2 ( $p < 0.05$ ). En cuanto a resistencia se observan cambios significativos solamente en los grupos de IMB -4, -3.5, y -1 ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 12**

*Comportamiento de la fuerza (kg) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final*

Grupo IMB	(n)	Evaluación		p
		Toma inicial	Toma final	
-4	17	10.74 ± 2.79	12.80 ± 1.73	0.006**
-3.5	41	13.50 ± 2.71	15.03 ± 3.02	0.001**
-3	27	14.23 ± 2.94	16.47 ± 3.00	0.0001**
-2.5	29	16.86 ± 3.31	20.87 ± 4.45	0.0001**
-2	20	15.89 ± 4.36	18.79 ± 4.66	0.0001**
-1.5	13	18.55 ± 4.13	23.70 ± 4.76	0.002**
-1	13	20.98 ± 5.09	20.04 ± 4.65	0.003**
-.5	7	21.81 ± 5.26	25.61 ± 5.76	0.043*
0	6	30.80 ± .95	36.01 ± 1.91	0.028*
.5	4	31.40 ± 10.55	35.70 ± 9.04	0.144

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia =0.05; significativo p < 0.05 (\*); muy significativo p < 0.001 (\*\*).

**Tabla 13**

*Comportamiento de la potencia (cm) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final.*

Grupo IMB	(n)	Evaluación		p
		Toma inicial	Toma final	
-4	17	19.90 ± 6.45	21.73 ± 3.89	0.201
-3.5	41	22.74 ± 5.77	23.34 ± 5.59	0.542
-3	27	20.56 ± 4.98	21.46 ± 4.41	0.325
-2.5	29	22.20 ± 5.61	24.53 ± 5.68	0.003**
-2	20	21.54 ± 7.24	24.01 ± 7.51	0.017*
-1.5	13	23.66 ± 7.91	25.99 ± 6.68	0.075
-1	13	23.57 ± 9.09	25.70 ± 6.71	0.101
-.5	7	31.34 ± 4.36	33.48 ± 5.36	0.499
0	6	30.36 ± 6.58	31.67 ± 6.79	0.249
.5	4	29.19 ± 6.43	29.13 ± 7.28	0.1000

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia =0.05; significativo p < 0.05 (\*); muy significativo p < 0.001 (\*\*).

**Tabla 14**

*Comportamiento de la resistencia (mts) según índice de maduración (IMB) en escolares del sexo masculino en su toma inicial y final*

Grupo IMB	Evaluación			<i>p</i>
	(n)	Toma inicial	Toma final	
-4	17	362.35 ± 224.37	477.65 ± 302.64	0.033*
-3.5	41	380 ± 276.11	490.24 ± 289.41	0.005*
-3	27	351.85 ± 179.25	417.78 ± 229.87	0.137
-2.5	29	440.69 ± 247.62	421 ± 245.41	0.353
-2	20	383 ± 7.24	341.01 ± 7.51	0.432
-1.5	13	456.15 ± 267.56	513.85 ± 356.68	0.666
-1	13	400 ± 252.05	561.54 ± 306.10	0.027*
-.5	7	614.29 ± 326.13	674.29 ± 261.46	0.600
0	6	616.67 ± 292.68	580 ± 123.28	0.917
.5	4	650 ± 300.44	615 ± 443.13	1000

*Nota:* Prueba de Wilcoxon de los rangos con signo, nivel de significancia = 0.05; significativo  $p < 0.05$  (\*); muy significativo  $p < 0.001$  (\*\*).

## Capítulo IV. Discusión

La presente sección tiene como objetivo interpretar y contextualizar los resultados obtenidos, previamente presentados en la sección de resultados, en relación con el índice de maduración biológica y las aptitudes físicas de los escolares. Esta investigación se llevó a cabo durante un año escolar completo, durante el cual se realizaron evaluaciones en dos momentos: al inicio y al final del período de estudio. A lo largo de este tiempo, se observaron diferencias físicas notables, tanto visuales como estadísticamente significativas.

Al revisar los resultados del IMB, se observó que las escolares del sexo femenino presentaron valores más cercanos al Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC), lo cual se atribuye a la edad de la muestra (de 9 a 15 años). Se encontró que el 15% de las escolares femeninas se encontraban en esta fase, en contraste con solo un 3% de los varones. Según la literatura, el PVC en las mujeres ocurre, en promedio, dos años antes que en los varones, lo que explica que en esta muestra haya una mayor proporción de escolares del sexo femenino (con una edad pico promedio de 12 años) que ya han atravesado el PVC, mientras que los escolares masculinos, cuyo pico de crecimiento promedio ocurre entre los 13.8 y 14.4 años, presentan una menor proporción en esta fase. En estudios previos, se ha documentado que el pico de crecimiento en las niñas se produce entre los 11.4 y 12.2 años, mientras que en los varones se presenta entre los 13.8 y 14.4 años (Beunen & Malina, 1988; Beunen et al., 2006; Malina & Bouchard, 1991).

Al analizar los resultados de la antropometría, se observaron cambios significativos en las medidas de peso, estatura e índice de masa corporal (IMC) de los escolares, los cuales fueron más pronunciados en aquellos individuos cercanos al pico de velocidad de crecimiento (PVC). En contraste, los escolares más alejados de este pico mostraron menores variaciones en sus medidas antropométricas. Estos cambios reflejan la aceleración del crecimiento que típicamente ocurre durante la pubertad, cuando niños y niñas atraviesan una fase de rápido desarrollo físico,

siendo el ritmo de crecimiento fuertemente influenciado por la maduración biológica (Beunen & Malina, 1988; Malina & Bouchard, 1991).

En este contexto, las escolares femeninas experimentaron cambios más pronunciados en el IMC en comparación con los escolares masculinos, lo que refleja las variaciones en la distribución de la grasa corporal y el crecimiento durante esta etapa crucial. Las diferencias entre géneros se hicieron más notorias a partir de los 10 años, momento en el cual los prepúberes comienzan su transición hacia la pubertad, marcada por un cambio hormonal. Esta característica ha sido documentada por diversos autores, quienes describen un aumento en la talla a un ritmo aproximado de 9 cm/año en niñas y 10,3 cm/año en niños, así como un aumento en la masa corporal de 8,3 kg/año en niñas y 9 kg/año en niños (Kelch & Beitins, 1994; Tanner, 1990).

Las diferencias físicas entre escolares separados por sexo se deben a las variaciones en la maduración biológica durante el crecimiento y desarrollo, Lloyd y Oliver (2012) señalan que antes de la pubertad, niños y niñas tienden a desarrollarse y madurar a ritmos similares, las capacidades físicas como velocidad, coordinación y potencia se desarrollan de manera generalmente similar. En la pubertad, que suele comenzar más tarde en los niños (alrededor de los 14 años) que en las niñas (alrededor de los 12 años), marca un punto de inflexión significativo en estas diferencias.

En el presente estudio se observa que conforme más se acercan los procesos madurativos (IMB) hay mayores cambios sobre las aptitudes físicas; en los escolares masculinos por ejemplo, se puede observar un cambio significativo en correlación con el IMB en fuerza, potencia y resistencia, mientras que en los resultados de las escolares femeninas solo hubo correlación en la fuerza. Esto no solo optimiza el rendimiento, sino que también ayuda a prevenir lesiones que pueden ocurrir debido a cargas de entrenamiento inapropiadas para el estado de maduración del atleta. (Verdugo, 2015; Gómez-Campos et al., 2013; Méndez-Perez, 2021).

El presente estudio es de carácter longitudinal y fue posible encontrar resultados en todos los grupos de IMB, en unos más acentuados que otros, en este tipo de estudios, algunos autores lo recomiendan para poder observar los cambios físicos a través del tiempo dependiendo de su IMB ya que los estudios transversales solo han demostrado que en el momento hay ventaja en aquellos que están o pasaron por el PVC pero no hay estudios suficientes para demostrar estos cambios a través del tiempo.

Para valorar los cambios de las capacidades físicas durante el periodo escolar en la evaluación inicial y final utilizando la prueba de Wilcoxon se obtuvieron hallazgos interesantes. Se entiende que las tomas inicial y final son sobre un año escolar completo.

En el comportamiento de la fuerza en la medición inicial y final de las escolares del sexo femenino dividido por los grupos de IMB fueron significativos excepto el grupo de IMB .5 y 1 y en escolares del sexo masculino, en su toma inicial y final fueron significativos todos los grupos excepto el grupo de IMB .5, según Navarro (2007), diversos autores han documentado que el mayor crecimiento relativo de fuerza en los jóvenes está estrechamente relacionado con el pico de velocidad de crecimiento, en especial Malina y Bouchard (1991), Baxter-Jones y Mirwald (2004), Tanner (1962), y Tanner y Whitehouse (1976), quienes concluyen que este aumento en la fuerza es una consecuencia directa de los cambios fisiológicos asociados con el PVC.

En concreto, 2 años antes de éste y 1 año después, corroborando el hecho, de que el periodo de máximo crecimiento de fuerza comienza entre los 12-13 años en el hombre, para terminar a los 17-18 años y de 2 a 4 años antes en las mujeres, también, relacionan la fase sensible para la ganancia de fuerza con el pico máximo de crecimiento, los 2 años anteriores a éste y en el año posterior al mismo.

Para la potencia las escolares femeninas fueron altamente significativos en la medición inicial y final excepto el grupo de IMB -1 y .5 y en los escolares masculinos fue significativo los grupos -2.5 y -2 , en las escolares femeninas el resultado de su

evaluación puede coincidir con los estudios anteriormente pronunciados en donde explica que cerca del PVC o justo en el PVC hay cambios morfológicos y de IMC que pueden impedir el resultado del avance en ciertas capacidades físicas, explicando que aquellas que estaban en -1 en su toma final estarían en 0 (PVC) y las de .5 en 1.5. Y en los escolares del sexo masculino quienes estaban en -2.5 en su toma pre cambiaron a -1.5 y los de -2 a -1 explicando justamente que a partir de 2 años antes del PVC se puede ver un cambio en la fuerza (Navarro, 2007).

Y para finalizar con la resistencia se observaron resultados significativos entre la toma inicial y final en los escolares del sexo femenino en el grupo de -1.5 y 0, lo cual coincide con estudios que exponen que la causa de la menor potencia aeróbica de las chicas, es atribuible al hecho de que éstas presentan un volumen sistólico y una masa sanguínea inferior, factores que limitan el aumento de la capacidad cardiaca (Halmgren 1967, op. cit. Documenti, C. 1986) y en la resistencia en los escolares masculinos únicamente se observó diferencia significativa en los grupos de -4, -3.5 y -1.

Lozano (2003), concluye que gran cantidad de cambios del púber; tanto a nivel somático como en la personalidad que se producen en esta etapa, van a repercutir considerablemente en el comportamiento motriz del mismo. La modificación de la imagen corporal y, por tanto, de la conciencia corporal, con su favorable o inadecuada aceptación, va a originar una mejor o peor disposición para el trabajo físico-deportivo. Así, mientras habrá adolescentes que busquen en la actividad física el afianzamiento de su esquema corporal, otros evitarán la práctica deportiva por la sobrecarga física que les supone para su organismo, la cual se une a la fatiga generalizada producida por los cambios morfológicos y funcionales.

Para Rutenfranz et al. (1982) no es posible obtener un aumento considerable del poder aeróbico antes de la pubertad, pero si el entrenamiento se inicia al menos desde un año antes de ésta, y se continúa adecuadamente, puede aumentarse el poder aeróbico más allá de los valores normales.

Guimaraes et al. (2019) proporciona un marco de referencia valioso al analizar cómo la maduración biológica afecta las características antropométricas y el rendimiento físico en jóvenes atletas. Dicho autor, encontró que los atletas en etapas avanzadas de maduración presentaron mejores medidas antropométricas y un rendimiento físico superior. En tanto que Matthys et al. (2012) ampliaron esta observación a diferentes deportes, indicando que la influencia de la maduración biológica en la composición corporal puede variar según el tipo de deporte y otros factores individuales. De manera similar, Hespanhol et al. (2020) encontraron que la maduración somática, medida por la velocidad máxima de crecimiento, afecta significativamente las medidas antropométricas y el rendimiento físico.

### **Limitaciones y futuras líneas de investigación**

Este estudio tuvo varias limitaciones. Ya que era un estudio longitudinal y con escolares de 9 a 15 años, no fue fácil que todos los padres de familia firmaran el consentimiento y los alumnos el asentimiento informado, los grupos de edad para la evaluación antropométrica aun siendo peso y talla para ciertos grupos de edad era complicada su valoración y el seguimiento de las evaluaciones por el programa escolar fue un tanto complicado evaluar a los escolares tal cual se establecía el cronograma de actividades, fuera de eso, se tuvieron buenos resultados y el apoyo de las escuelas para poder cubrir la muestra.

A partir del presente proyecto, se han considerado futuras líneas de investigación y al abordar las recomendaciones mencionadas anteriormente, los investigadores pueden contribuir significativamente a la comprensión del pico de velocidad de crecimiento y las aptitudes físicas en niños y adolescentes. Este avance en el conocimiento no solo tiene el potencial de impactar positivamente en la salud y el bienestar físico de estas poblaciones, sino que también puede proporcionar información crucial para proponer políticas públicas, desarrollar programas educativos más efectivos y mejorar las prácticas en el deporte orientadas a la promoción de la salud.

En primer lugar, al mejorar el diseño y la metodología de los estudios longitudinales, se puede obtener una visión más precisa y detallada de cómo evoluciona el crecimiento físico y las aptitudes físicas a lo largo del tiempo en diferentes contextos y grupos demográficos. Esto permitirá identificar factores de riesgo y protectores que afectan el desarrollo físico y la actividad física en niños y adolescentes, facilitando la implementación de intervenciones preventivas y de promoción de la salud más dirigidas y efectivas.

El uso de tecnologías avanzadas para la recopilación de datos, como dispositivos y aplicaciones móviles, no solo mejorará la precisión de las mediciones, sino que también permitirá monitorear de manera continua y a largo plazo la actividad física y otros parámetros relevantes. Esto es crucial para entender cómo los hábitos de actividad física y el estilo de vida influyen en el desarrollo físico durante las etapas críticas de crecimiento y desarrollo.

Además, mediante el análisis estadístico avanzado y la modelación de trayectorias de crecimiento físico y aptitudes físicas, los investigadores podrán identificar patrones y correlaciones complejas que pueden no ser evidentes a simple vista.

Estos análisis ayudarán a personalizar intervenciones y estrategias educativas que promuevan estilos de vida saludables desde la infancia hasta la adolescencia, mejorando así la salud a largo plazo y reduciendo las disparidades en el acceso a la actividad física y el desarrollo físico óptimo.

## Capítulo V. Conclusiones

En el desarrollo de esta investigación, se lograron cumplir los objetivos establecidos, proporcionando una comprensión más detallada de la relación entre la maduración biológica y las aptitudes físicas en escolares de 9 a 15 años.

Relacionado con la determinación del índice de maduración biológica (IMB) a través del cálculo del pico de velocidad de crecimiento (PVC) utilizando la fórmula de Mirwald, permitió obtener una medición precisa del momento de la aceleración del crecimiento de cada individuo y su fase de maduración. Este análisis facilitó la identificación del punto en que los niños y adolescentes alcanzan su PVC, proporcionando información relevante sobre su desarrollo biológico y físico, así mismo se logró una evaluación detallada de las aptitudes físicas (fuerza, potencia y resistencia) de los escolares. A través de diversas pruebas físicas, se determinó el nivel de rendimiento en cada una de estas capacidades, lo que permitió establecer un perfil de las aptitudes físicas de los participantes en función de su edad y su desarrollo físico.

Se pudo observar que las aptitudes físicas (fuerza, potencia y resistencia) están asociadas con el índice de maduración biológica, mostrando diferencias significativas entre los escolares en función de su fase de maduración. Los escolares en fases más avanzadas de maduración biológica presentaron mejores resultados en las pruebas de fuerza y potencia, mientras que los escolares en etapas más tempranas de maduración mostraron una mayor resistencia. Estos hallazgos confirman que el IMB tiene un impacto directo en el rendimiento físico, y que el desarrollo biológico juega un papel crucial en las capacidades físicas de los niños y adolescentes y finalmente, el análisis de los cambios en las aptitudes físicas entre la toma inicial y final de los datos reveló una evolución significativa durante el transcurso del año escolar. Este análisis mostró que, tanto para los escolares en fases tempranas como tardías de maduración, hubo mejoras notables en fuerza, potencia y resistencia, aunque la magnitud de estos cambios varió según el índice de maduración biológica. Este resultado sugiere que el IMB no solo está relacionado

con el rendimiento físico, sino que también puede influir en la tasa y la dirección del cambio en las aptitudes físicas a lo largo del tiempo.

Los resultados de este estudio contribuyen a una mejor comprensión de cómo el proceso de maduración biológica impacta en las aptitudes físicas de los escolares, lo que podría ser útil para personalizar programas de entrenamiento y desarrollo físico, promoviendo un enfoque más integral y adaptado a las necesidades de cada niño o adolescente según su etapa de maduración.

## Referencias

- Barazetti, L. K., Varoni, P. R., Campos, F. de S., Demarchi, M., Baumann, L., Teixeira, A. S., Nunes, R. F. H., & Flores, L. J. F. (2019). Comparison of maturation and physical performance in basketball athletes of different playing positions. *Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano*, 21. <https://doi.org/10.1590/1980-0037.2019v21e60248>
- Barnett, T. A., Maximova, K., Sabiston, C. M., van Hulst, A., Brunet, J., Castonguay, A. L., Bélanger, M., & O'Loughlin, J. (2013). Physical activity growth curves relate to adiposity in adolescents. *Annals of Epidemiology*, 23(9), 529–533. <https://doi.org/10.1016/J.ANNEPIDEM.2013.07.004>
- Behm, D. G., Faigenbaum, A. D., Falk, B., & Klentrou, P. (2008). Canadian Society for Exercise Physiology position paper: resistance training in children and adolescents. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 33(3), 547–561. <https://doi.org/10.1139/h>
- Bogataj, Š., Pajek, M., Hadžić, V., Andrašić, S., Padulo, J., & Trajković, N. (2020). Validity, Reliability, and Usefulness of My Jump 2 App for Measuring Vertical Jump in Primary School Children. *International journal of environmental research and public health*, 17(10), 3708. <https://doi.org/10.3390/ijerph1710370808-020>
- Bojikian, L. P., Teixeira, C. P., Böhme, M. T. S., & Ré, A. H. N. (2005). Relações entre crescimento, desempenho motor, maturação biológica e idade cronológica em jovens do sexo masculino. *Revista Brasileira de Educação Física E Esporte*, 19(2), 153-162. <https://doi.org/10.1590/s1807-55092005000200006>

- Bosco, C.(1987). Valoraciones funcionales de la fuerza dinámica, de la fuerza explosiva y de la potencia anaeróbica aláctica con los test de Bosco. *Apunts. Medicina De L'esport*, 24(93), 151–156.
- Carl J. Caspersen, PhD, M., Kenneth E. Powell, MD, M., & Gregory M. Christenson, P. (1985). Bishop White Kennett's father. *Public Health Reports*, 100, 126–131. <https://doi.org/10.1093/nq/s9-IX.228.365-f>
- Cossio-Bolaños, M., Gómez-Campos, R., Correia, L., Sulla-Torres, J., & Urra, C., C, A., Pires V., (2020). Fuerza muscular y porcentaje de grasa corporal en niños y adolescentes de la región del Maule, Chile. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 118(5). <https://doi.org/10.5546/aap.2020.320>
- Daloia, L. M. T., Leonardi-Figueiredo, M. M., Martinez, E. Z., & Mattiello-Sverzut, A. C. (2018). Isometric muscle strength in children and adolescents using Handheld dynamometry: reliability and normative data for the Brazilian population. *Brazilian Journal of Physical Therapy*, 22(6), 474–483. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2018.04.006>
- Delgado, M, & Llorca, J., (2004). Estudios longitudinales: concepto y particularidades. *Revista Española de Salud Pública*, 78(2), 141-148. Recuperado en 17 de noviembre de 2023, de [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1135-57272004000200002&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-57272004000200002&lng=es&tlng=es).
- De Moraes, A. M., Gonçalves, E. M., de Oliveira Barbeta, V. J., & Guerra-Júnior, G. (2013). Cross-sectional study of the association of body composition and physical fitness with bone status in children and adolescents from 11 to 16 years old. *BMC Pediatrics*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2431-13-117>
- Detanico, D., Kons, R. L., Fukuda, D. H., & Teixeira, A. S. (2020). Physical Performance in Young Judo Athletes: Influence of Somatic Maturation, Growth, and Training Experience. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 91(3), 425–432. <https://doi.org/10.1080/02701367.2019.1679334>

- Degache, F., Richard, R., Edouard, P., Oullion, R., & Calmels, P. (2010). The relationship between muscle strength and physiological age: A cross-sectional study in boys aged from 11 to 15. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 53(3), 180–188. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2010.02.001>
- Diario Oficial de la Federación. (2014). Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud. [https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg\\_LGS\\_MIS.pdf](https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGS_MIS.pdf)
- Giudicelli, B. B., Luz, L. G. O., Sogut, M., Sarmiento, H., Massart, A. G., Júnior, A. C., Field, A., & Figueiredo, A. J. (2021). Anthropometric Measures: Association with Physical Performance of Young Male Judo Athletes. *International Journal of Environmental Research and Public Health Article*, 18, 6410. <https://doi.org/10.3390/ijerph>
- Gómez-Campos, R., de Arruda, M., Hobold, E., Abella, C., Camargo, C., Martínez Salazar, C., & Cossio-Bolaños, M. (2013). Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(4), 151–160. [https://doi.org/10.1016/s1888-7546\(13\)70051-0](https://doi.org/10.1016/s1888-7546(13)70051-0)
- Gotthelf, S. & Mendes M. (2011). Hipertensión arterial y su asociación con variables antropométricas en adolescentes escolarizados de la ciudad de Salta (Argentina). *Revista De La Federación Argentina De Cardiología*, 2012, 41(2), 96–102., 41(2), 96–102.
- Grosser, M & Müller. (1992). Desarrollo muscular un nuevo concepto de musculación (“Power Stretch”) (E. H. Europea, Ed.).
- Guimarães, E., Ramos, A., Janeira, M. A., Baxter-Jones, A. D., & Maia, J. (2019). How Does Biological Maturation and Training Experience Impact the Physical and Technical Performance of 11–14-Year-Old Male Basketball Players? *Sports*, 7(12), 243. <https://doi.org/10.3390/sports7120243>
- Gutiérrez, R., Aldea, L., Cavia, M. del M., & Alonso-Torre, S. R. (2015). Relation between the body composition and the sports practice in teenagers. *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 336–345. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.9112>

- Hammami, R., Chaouachi, A., Makhlouf, I., Granacher, U., & Behm, D. G. (2016). Associations between balance and muscle strength, power performance in male youth athletes of different maturity status. *Pediatric Exercise Science*, 28(4), 521–534. <https://doi.org/10.1123/pes.2015-0231>
- Hernandez-Sampieri, R. (2014). *Metodología De La Investigación (6ta Edición) (6th ed.)*. McGraw Hill.
- Hespanhol J, Lopes E, Lopes T, Pereira N, M. J. A. M. (2020). Influence of body composition and bone mass on maximum speed during a match in young soccer players. *Revista Peruana de Ciencias Actividad Física y Deporte*, 8(1), 1054–1063. <https://doi.org/https://doi.org/10.53820/rpcafd.v8i1.128>
- Hogrel, J. Y., Decostre, V., Alberti, C., Canal, A., Ollivier, G., Josserand, E., Taouil, I., & Simon, D. (2012). Stature is an essential predictor of muscle strength in children. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2474-13-176>
- Kunrath, C. A., Gonçalves, E., Teoldo, I., & Assis Marques Barbosa, M. (2017). Maduração somática e aptidão física em jovens jogadores de futebol. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 10(4), 187–191. <https://doi.org/10.1016/j.ramd.2016.01.002>
- Kelch, R. P., & Beitins, I. Z. (1994). Adolescent sexual development. In M. S. Kappy, R. M. Blizzard, & C. J. Migeon (Eds.), *The diagnosis and treatment of endocrine disorders in childhood and adolescence* (pp. 193-234). Charles Thomas.
- Lakshmi, S., Metcalf, B., Joglekar, C., Yajnik, C. S., Fall, C. H., & Wilkin, T. J. (2012). Differences in body composition and metabolic status between white UK and Asian Indian children (EarlyBird 24 and the Pune Maternal Nutrition Study) *S. Pediatric Obesity*, 7(5), 347–354. <https://doi.org/10.1111/j.20476310.2012.00063.x>
- López, E. J. M. (2002). *Pruebas de aptitud física (Vol. 24)*. Editorial Paidotribo.
- Lozano, D. O. (2003). El desarrollo de la capacidad aeróbica en la adolescencia: *Adaptación cardiovascular y entrenamiento deportivo*. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 59, 9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=312108>

- López-Plaza, D., Alacid, F., Muyor, J. M., & López-Miñarro, P. Á. (2017). Differences in Anthropometry, Biological Age and Physical Fitness Between Young Elite Kayakers and Canoeists. *Journal Of Human Kinetics*, 57(1), 181-190.  
<https://doi.org/10.1515/hukin-2017-0059>
- Lloyd, R. S., & Oliver, J. L. (2012). The Youth Physical Development Model. *Strength and Conditioning Journal*, 34(3), 61-72. <https://doi.org/10.1519/ssc.0b013e31825760ea>
- Machado, Dalmo & Barbanti, V. (2007). (2007). Maturacao esquelética e crescimento em crianças e adolescentes. *Ver Bras Cineantropom. Desempenho Hum.*, 9, 12–20.
- Malina, R. M. (1994). physical growth and biological maturation in young athletes.pdf. In *Exercise and sports sciences reviews* (pp. 280–284).
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). Growth, Maturation, and Physical Activity (2nd Revised ed.). *Human Kinetics Publishers*.
- Malina, R. M. (2013). Crecimiento, Performance, Actividad, y Entrenamiento Durante la Adolescencia. (Parte I). *Revista de Educación Física*, 29. <https://gse.com/crecimiento-performance-actividad-y-entrenamiento-durante-la-adolescencia-parte-i-177-sa-u57cfb27111d3d>
- Manonelles, P., Alvarez, J., Coloma, M., Sainz de Aja, C., Corona-Virón, P., & Giménez-Salillas, L. (2015). Edad cronológica como factor de elección de jugadores de las selecciones españolas de baloncesto de formación. *Archivos de Medicina Del Deporte*, 20(96), 321–328.
- Marrodán Serrano, MD Santos Beneit, MG Mesa Saturnino, MS Cabañas Armesilla, MD González-Montero de Espinosa M, Pacheco del Cerro, J. (2007). Técnicas analíticas en el estudio de la composición corporal. *Nutrición Clínica Dietética Hospitalaria*, 27(1), 11–19.
- Mathiowetz, V., Wiemer, D. M., & Federman, S. M. (1986). Grip and pinch strength: norms for 6- to 19-year-olds. *The American journal of occupational therapy: official publication of the American Occupational Therapy Association*, 40(10), 705–711.  
<https://doi.org/10.5014/ajot.40.10.705>

- Meylan, C., & Malatesta, D. (2009). Effects of In-Season Plyometric Training Within Soccer Practice on Explosive Actions of Young Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2605–2613.  
<https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181b1f330>
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Navarro, F. J. P. (2007b). El entrenamiento de la fuerza en niños y jóvenes. Aplicación al rendimiento deportivo. *Journal Of Human Sport And Exercise*, 2(1), 1-9.  
<https://doi.org/10.4100/jhse.2007.21.01>
- Padilla, J., & Lozada, J. (2017). Análisis comparativo de la condición física aeróbica en función de la maduración somática en estudiantes de un liceo bolivariano del estado Barinas, Venezuela. *Actividad Física y Ciencias*.  
<http://revistas.upel.edu.ve/index.php/actividadfisicayciencias/article/view/5571>
- Paish. (1992). Entrenamientos para alcanzar el máximo rendimiento (1992. Madrid : Tutor, Ed.).
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Bourgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221–230.  
<https://doi.org/10.1080/02640410500189371>
- Pita Fernández S. Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. Complejo Hospitalario Juan Canalejo. A Coruña. *Cadernos Atencion Primaria* 1996; 3: 138-14. Disponible en:  
[https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/tamano\\_muestral.pdf](https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/tamano_muestral.pdf)
- Pittoli, T. E. M., Barbieri, F. A., Pauli, J. R., Gobbi, L. T. B., & Kokubun, E. (2010). Brazilian soccer players and no-players adolescents: effect of the maturity status on

the physical capacity components performance. *Journal of Human Sport and Exercise*, 5(2), 280–287. <https://doi.org/10.4100/jhse.2010.52.15>

Platonov, V. (2001). Teoría general del entrenamiento deportivo olímpico (A & M Gràf).

Rodahl, K. & Astrand, P. (1992). Fisiología del trabajo físico (M. Panamericana, Ed.).

Rutenfranz, J., Andersen, K. L., Seliger, V., Ilmarinen, J., Klimmer, F., Kylian, H., Rutenfranz, M., & Ruppel, M. (1982). Maximal aerobic power affected by maturation and body growth during childhood and adolescence. *European Journal Of Pediatrics*, 139(2), 106-112. <https://doi.org/10.1007/bf00441491>

Sanchez-Delgado, G., Cadenas-Sanchez, C., Mora-Gonzalez, J., Martinez-Tellez, B., Chillón, P., Löf, M., Ortega, F. B., & Ruiz, J. R. (2015). Assessment of handgrip strength in preschool children aged 3 to 5 years. *Journal of Hand Surgery (European Volume)* 40(9), 966–972. <https://doi.org/10.1177/1753193415592328>

Sargent, D. A. (1921). The Physical Test of a Man. *American physical education review*, 26(4), 188-194. <https://doi.org/10.1080/23267224.1921.10650486>

Silva.C., Palma, A., Imbiriba, L., Ribeiro, M. & Marquez, M. (2015). Relationship between relative age effect and physical characteristics of young soccer players. *Cultura\_Ciencia\_Deporte*, 10(30), 227–233. <https://doi.org/10.12800/ccd.v10i30.591>

Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 508–514. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2005.04.041>

Swain, D. P. (2014). ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription (W. K. H. W. & Wilkins, Ed.; 7th ed.). *Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins*. [https://digitalcommons.odu.edu/hms\\_books/3](https://digitalcommons.odu.edu/hms_books/3)

Tanner, J. M. (1990). Fetus into Man: Physical Growth from Conception to Maturity. Harvard University Press.

Tilkeridis, K. E., Theodorou, E. F., Papathanasiou, J. V, Chloropoulou, P. A., Trypsianis, G. A., Tokmakidis, S. P., Kazakos, K. I., (2015). Physical Improvement and biological

maturity of young athletes (11-12 YEARS) with systematic training. *Folia Medica*, 57(4), 223–229. <https://doi.org/10.1515/folmed-2015-0042>

Towlson, C., Salter, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: One size does not fit all. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 403–412. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2020.09.003>

Urrejola N., P., Hodgson B., M. I., & Icaza N., M. G. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría bioeléctrica y pliegues subcutáneos. *Revista Chilena de Pediatría*, 72(1). <https://doi.org/10.4067/S0370-41062001000100005>

Van Praagh, E., & Doré, E. (2002b). Short-Term Muscle Power During Growth and Maturation. *Sports Medicine*, 32(11), 701-728. <https://doi.org/10.2165/00007256-200232110-00003>

Vega, S. A., Bentivegna, N. R., & Sarmiento, G. E. (2021). Estado Madurativo, Masa Muscular Y Su Impacto En El Rendimiento Físico De Adolescentes Deportistas De La Provincia De San Luis- Argentina. *International Journal of Kinanthropometry*, 1(1), 22–30. <https://doi.org/10.34256/ijk2115>

Verdugo, M. F. (2015). Biological maturation process and athletic performance. *Revista Chilena de Pediatría*, 86(6), 383–385. <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.003>

Villamarin Menza, S., Zaldívar Pérez, B., & Siret Alfonso, J. R. (2021). La edad morfológica como instrumento para la selección de talentos en escolares colombianos de 11 a 14 años. *Revista Digital: Actividad Física y Deporte*, 7(1). <https://doi.org/10.31910/rdafd.v7.n1.2021.1763>

Viru, A., Loko, J., Harro, M., Volver, A., Laaneots, L., & Viru, M. (1999). Critical Periods in the Development of Performance Capacity During Childhood and Adolescence. *European Journal of Physical Education*, (1), 75-119. <https://doi.org/10.1080/1740898990040106>

- Wind, A. E., Takken, T., Helders, P. J. M., & Engelbert, R. H. H. (2009). Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *European Journal of Pediatrics*, 169 (3), 281–287. <https://doi.org/10.1007/s00431-009-1010-4>
- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, 310(20), 2191–2194. <https://doi.org/10.1001/JAMA.2013.281053>
- Yapici, H., Güllü, M., Yagin, F. H., Eken, Ö., Gabrys, T., & Knappova, V. (2022). Exploring the Relationship between Biological Maturation Level, Muscle Strength, and Muscle Power in Adolescents. *Biology*, 11(12), 1722. <https://doi.org/10.3390/biology11121722>
- Zintl, F. (1991). Entrenamiento de la resistencia: fundamentos métodos y dirección del entrenamiento.

## Apendice 1. Ficha de información básica y cuestionario

### Instrumentos

#### FORMATO DE MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS Y FÍSICAS

DATOS PERSONALES			
Nombre y apellido:			
Edad:	Fecha de Nacimiento: / /	Grado:	
Sexo: M/F	Fecha de Medición: / /	Escuela:	
Ejercicio o Deporte	Horas/semana	Enfermedad:	

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS				
Mediciones básicas				
Peso:	Estatura:	Talla sentado:	Envergadura:	IMC:
Peso:	Estatura:	Talla sentado:	Envergadura:	IMC:

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS			
Diámetros óseos			
Biacromial (Espalda)	Bioliocrestal (Cadera)	Húmero (Codo)	Fémur (Rodilla)
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:

MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS		
Perímetros		
Cintura (Ombligo)	Cadera (Glúteos)	Muñeca
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:

<b>PRUEBAS FÍSICAS</b>		
<b>Dinamometría: Fuerza Prensil</b>		<b>Salto</b>
Derecha	Izquierda	Salto horizontal
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:
Toma 1:	Toma 1:	Toma 1:
Toma 2:	Toma 2:	Toma 2:

### Anexo 2. Plantilla de Prueba Course Navette

Etapa	Vel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	8,5	20	40	60	80	100	120	140								
2	9	160	180	200	220	240	260	280	300							
3	9,5	320	340	360	380	400	420	440	460							
4	10	480	500	520	540	560	580	600	620							
5	10,5	640	660	680	700	720	740	760	780	800						
6	11	820	840	860	880	900	920	940	960	980						
7	11,5	1000	1020	1040	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180					
8	12	1200	1220	1240	1260	1280	1300	1320	1340	1360	1380					
9	12,5	1400	1420	1440	1460	1480	1500	1520	1540	1560	1580					
10	13	1600	1620	1640	1660	1680	1700	1720	1740	1760	1780	1800				
11	13,5	1820	1840	1860	1880	1900	1920	1940	1960	1980	2000	2020				
12	14	2040	2060	2080	2100	2120	2140	2160	2180	2200	2220	2240	2260			
13	14,5	2280	2300	2320	2340	2360	2380	2400	2420	2440	2460	2480	2500			
14	15	2520	2540	2560	2580	2600	2620	2640	2660	2680	2700	2720	2740	2760		
15	15,5	2780	2800	2820	2840	2860	2880	2900	2920	2940	2960	2980	3000	3020		
16	16	3040	3060	3080	3100	3120	3140	3160	3180	3200	3220	3240	3260	3280		
17	16,5	3300	3320	3340	3360	3380	3400	3420	3440	3460	3480	3500	3520	3540	3560	
18	17	3580	3600	3620	3640	3660	3680	3700	3720	3740	3760	3780	3800	3820	3840	
19	17,5	3860	3880	3900	3920	3940	3960	3980	4000	4020	4040	4060	4080	4100	4120	4140

## Anexo 3. Consentimiento y asentimiento informado



**"PROYECTO: MADURACIÓN BIOLÓGICA Y APTITUDES FÍSICAS EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS"  
CUERPO ACADÉMICO "CIENCIAS DEL EJERCICIO"  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA DE LA UANL**



### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Sr(a) \_\_\_\_\_, con fecha de nacimiento \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_, (señalar: Padre/ Madre/  
Tutor) del menor: \_\_\_\_\_ con fecha de nacimiento \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_\_.

Se le invita a participar e inscribir a su hijo(a) en el proyecto de investigación titulado "**Maduración biológica y aptitudes físicas en juveniles de 9 a 15 años**", este proyecto tiene como responsable al Dr. Ricardo López García de la Facultad de Organización Deportiva (FOD) y la alumna de Doctorado Mtra. Ivonne Estrada Sánchez

#### Propósitos del estudio

- Asociar la maduración biológica con las aptitudes físicas de los escolares de 9 a 15 años.

#### Sujetos

En este estudio participarán 3 grupos de escolares en edades de 9 a 15 años deportistas, sedentarios y activos físicamente.

#### Protocolo

En caso de seguir interesado en que su hijo participe en el presente proyecto a continuación se le informa en que consiste el estudio:

Evaluación antropométrica (estatura, peso, talla sentada, diámetros de humero, fémur, bieleocrestal y biacromial, humero y femur) y composición corporal por medio de Bioimpedancia eléctrica con una báscula de 4 puntos y cuestionario básico.

Evaluación de las aptitudes físicas (salto de altura, fuerza de agarre y prueba de Course Navette).

#### Participación

Se compromete a llevar a su hijo(a), las 3 evaluaciones marcadas en el calendario y que no realice una actividad agotadora 24 horas antes de la valoración

Los días para las pruebas serán en horario escolar en las instalaciones de la escuela.

En caso de no asistir algún día o el no asistir en el tiempo y forma de alguna de las muestras se considerará como concluida la participación en el estudio.

La duración de la participación está considerada que dure 1 año, realizando 3 evaluaciones en 12 meses, al mes, al mes 6 y al mes 12.

**Su participación y la de su hijo(a) es de carácter voluntario y sin remuneración.** Su hijo se verá beneficiado al recibir un informe de los resultados de composición corporal, estimación de la estatura adulta, edad biológica y aptitudes físicas de las pruebas realizadas que ayuden a su hijo(a), maestro de deportes o entrenador en la reorientación de su planeación del entrenamiento.

Al aceptar participar usted tienen el derecho de saber cualquier resultado de las pruebas que sean realizadas a su hijo(a) en el momento que sean requeridos una vez que estos hayan sido analizados y procesados por el laboratorio o el investigador responsable del proyecto.

Al finalizar la investigación y tener el informe escrito terminado usted recibirá un informe global de la investigación, pero sin mencionar en particular el nombre de ningún participante.

**Tiene usted completa libertad de negarse a participar y/o de retirarse de la investigación en cualquier momento sin sanción o pérdida de los beneficios a que tendría derecho antes de haber iniciado esta investigación.**

Toda la información que usted suministre en el expediente es totalmente confidencial.

**Usted no tendrá que pagar ningún dinero por todas las pruebas que se realicen en este estudio.** Esta es una investigación financiada con recursos propios de los investigadores.

#### Confidencialidad

Los registros obtenidos mientras usted está en este estudio, así como los registros de salud relacionados, permanecerán con carácter estrictamente confidencial en todo momento.

Sin embargo, estos requieren estar disponibles para otros que trabajan en representación de la Facultad de Organización Deportiva, así como los miembros del Comité de Bioética en Ciencias del Ejercicio, CoBiCE y autoridades regulatorias de Salud.

Al firmar la forma de consentimiento Usted acuerda proporcionar este acceso para el estudio actual y para cualquier investigación futura que se realice con estos mismos datos. Se tomarán las precauciones necesarias para proteger su información personal así como la de su hijo(a), y no se incluirá su nombre en ningún formato del patrocinador, recortes, publicaciones o en alguna revelación futura.

Si usted se retira del estudio, el investigador responsable ya no compilará más su información personal, pero se podrán procesar los datos obtenidos.

#### **Beneficios de este estudio serán los siguientes:**

- Conocer la composición corporal del escolar
- Ubicar la maduración biológica del escolar
- Detectar las aptitudes físicas del escolar
- Conocer su altura máxima

**Posibles riesgos:** No existen riesgos de la evaluación ni de las mediciones ya que se proponen métodos no invasivos.



**"PROYECTO: MADURACIÓN BIOLÓGICA Y APTITUDES FÍSICAS EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS"  
CUERPO ACADÉMICO "CIENCIAS DEL EJERCICIO"  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA DE LA UANL**



**Contactos: Investigador responsable, Director de la FOD, Colaboradores**

El Investigador responsable es quien dirige el estudio: Dr. Ricardo López García, quien se localiza en el siguiente domicilio: Facultad de Organización Deportiva de la UANL., Campus Ciudad Universitaria, Ave. Alfonso Reyes s/n, San Nicolás de los Garza, N. L., C. P. 66451. Teléfono oficina (81) 13 40 44 50  
Correo: [ricardo78-82@hotmail.com](mailto:ricardo78-82@hotmail.com) y su doctorando Mtra. Ivonne Azeret Estrada Sánchez.

Para cualquier pregunta sobre los procedimientos en este estudio, usted puede recurrir o contactar, en horas de oficina a: Dr. José L. Tristán Rodríguez, Director de la Facultad de Organización Deportiva, UANL., quien asignará a la persona idónea para dar seguimiento a su solicitud. Dirección, Campus Ciudad Universitaria, Ave. Alfonso Reyes s/n, San Nicolás de los Garza, N. L., C. P. 66451. Teléfono oficina (81) 13 40 44 50

**FIRMAS**

Yo, he leído o me han leído todas y cada una de las 7 páginas de esta forma de consentimiento y los riesgos descritos, certifico que he entendido y me han sido aclaradas todas mis dudas, por lo que voluntariamente acepto y me ofrezco para formar parte de este estudio así como a inscribir a mi hijo(a) en el proyecto arriba ampliamente descrito.  
Además, firmando esta hoja de consentimiento, certifico que toda la información que yo he dado, incluyendo el historial médico, es verdadera y correcta hasta donde es de mi conocimiento.  
Estoy en el entendido de que recibiré una copia de esta forma de consentimiento firmada.

\_\_\_\_\_  
Nombre con letras de molde del Padre, Madre o Tutor del menor

\_\_\_\_\_  
Firma del Padre, Madre o Tutor

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Nombre y Firma del menor

\_\_\_\_\_  
Fecha de Nacimiento del Menor

\_\_\_\_\_  
Fecha



**"PROYECTO: MADURACIÓN BIOLÓGICA Y APTITUDES FÍSICAS EN  
ESCOLARES DE 9 A 15 AÑOS"**  
CUERPO ACADÉMICO "CIENCIAS DEL EJERCICIO"  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA DE LA UANL



## ASENTIMIENTO INFORMADO

### Asentimiento de menor de edad

Vamos a realizar un estudio en escolares de 9 a 15 años porque queremos saber si influye la maduración biológica con sus aptitudes físicas.

La ciencia comprueba que la maduración biológica debe ser tomada en cuenta en estas edades en donde existen cambios importantes físicos, hormonales y fisiológicos para establecer directrices y conocer los cambios a través de la maduración sobre las aptitudes físicas y la composición corporal.

Si aceptas estar en nuestro estudio, se te hará un historial clínico (preguntas) y se te valorará la composición corporal por medio de antropometría y bioimpedancia eléctrica (báscula y mediciones corporales), para así conocer tu edad biológica con una fórmula, después se realizarán pruebas para conocer las aptitudes físicas por medio de: salto de altura, fuerza de agarre con dinamómetro y la prueba de Course Navette.

Puedes hacer preguntas las veces que quieras en cualquier momento del estudio. Además, si decides que no quieres terminar el estudio, puedes parar cuando quieras. Nadie puede enojarse o enfadarse contigo si decides que no quieres continuar en el estudio.

Si firmas este papel quiere decir que lo leíste, o alguien te lo leyó y que quieres estar en el estudio. Si no quieres estar en el estudio, no lo firmes. Recuerda que tú decides estar en el estudio y nadie se puede enojar contigo si no firmas el papel o si cambias de idea y después de empezar el estudio, te quieres retirar.

\_\_\_\_\_  
Firma del participante del estudio

\_\_\_\_\_  
Firma del investigador

\_\_\_\_\_  
Nombre con letras de molde del Padre, Madre o Tutor del menor

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Firma



**CARTA DE CONFIRMACIÓN DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
IT-INV-01-R03 Rev.02-10/2022**

**Dr. Ricardo López García:**

Presente:

Asunto: **Registro y aprobación de proyecto de investigación**

Estimado Dr. López:

Mediante la presente le confirmo que el proyecto de investigación titulado "**Maduración biológica y aptitudes físicas de escolares de 9 a 15 años**", donde usted aparece como responsable, muestra ser de relevancia científica y apegado a la guía de proyectos dada a conocer por la Coordinación de Investigación de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León. El proyecto se encuentra aprobado y tiene número de registro: REPRIN-FOD-112.

Participa como colaboradora del proyecto la M. Ivonne Azeret Estrada Sánchez. Adicionalmente les exhortamos a que dicho proyecto se lleve a cabo con el rigor científico y apegado a las normas éticas que rigen en nuestra universidad. En caso de llevarlo a cabo dentro de las instalaciones de la misma dependencia, deberá hacer buen uso de los laboratorios y equipo destinado para tal efecto.

Sin más por el momento le deseamos éxito en su proyecto.

Atentamente

"ALERE FLAMMAM VERITATIS"

Cd. Universitaria a 23 de Noviembre de 2022

  
Dra. Rosa Elena Medina Rodríguez  
Coordinadora



### Evidencia de Actividades de campo



