

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**  
**FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**TESIS**

**PERFIL GENÉTICO, DERMATOGLIFIA Y PROPORCIONALIDAD CORPORAL EN  
EL ATLETISMO UNIVERSITARIO**

**PRESENTA**

**DANIEL CHAPA GUADIANA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN**

**MAYO, 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**TESIS**

**PERFIL GENÉTICO, DERMATOGLIFIA Y PROPORCIONALIDAD CORPORAL EN  
EL ATLETISMO UNIVERSITARIO**

**PRESENTA**

**DANIEL CHAPA GUADIANA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**DIRECTOR DE TESIS**

**DR. OSWALDO CEBALLOS GURROLA**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN      MAYO, 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**TESIS**

**PERFIL GENÉTICO, DERMATOGLIFIA Y PROPORCIONALIDAD CORPORAL EN  
EL ATLETISMO UNIVERSITARIO**

**PRESENTA**

**DANIEL CHAPA GUADIANA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

**DR. JOSÉ ALBERTO PÉREZ GARCÍA**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN      MAYO, 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA**



**TESIS**

**PERFIL GENÉTICO, DERMATOGLIFIA Y PROPORCIONALIDAD CORPORAL EN  
EL ATLETISMO UNIVERSITARIO**

**PRESENTA**

**DANIEL CHAPA GUADIANA**

**PARA OBTENER EL GRADO DE DOCTOR EN  
CIENCIAS DE LA CULTURA FÍSICA**

**CO-DIRECTOR DE TESIS**

**DR. JOSÉ ALBERTO VALADEZ LIRA**

**SAN NICOLÁS DE LOS GARZA, NUEVO LEÓN      MAYO, 2022**

**Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, Dr. José Alberto Pérez García y el Dr. José Alberto Valadez Lira** como Director de tesis interna de la Facultad de Organización Deportiva, acreditamos que el trabajo de tesis doctoral del **MES. Daniel Chapa Guadiana**, titulado **“Perfil genético, dermatoglifia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario”** 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. Oswaldo Ceballos Gurrola**  
Director de la Tesis



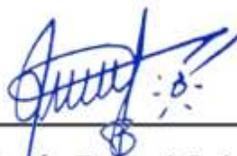
---

**Dr. José Alberto Pérez García**  
Director de la Tesis



---

**Dr. José Alberto Valadez Lira**  
Director de la Tesis



---

**Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero**  
Subdirectora del Área de Posgrado

"Perfil genético, dermatoglifia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario".

Presentado por:

**MES. Daniel Chapa Guadiana**

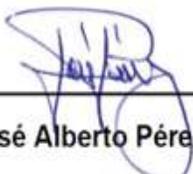
El presente trabajo fue realizado en la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, bajo la dirección del Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, Dr. José Alberto Pérez García y el Dr. José Alberto Valadez Lira, como requisito para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Cultura Física, programa en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Cultura Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua.



---

**Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola**

DIRECTOR



---

**Dr. José Alberto Pérez García**

CO-DIRECTOR



---

**Dr. José Alberto Valadez Lira**

CO-DIRECTOR



---

**Dra. Blanca Rocio Rangel Colmenero.**

Subdirectora del Área de Posgrado

**“Perfil genético, dermatoglifia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario”.**

Presentado por:

MES. Daniel Chapa Guadiana

Aprobación de la Tesis por el Jurado de Examen:



Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Presidente



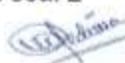
Dr. Luis Enrique Carranza García  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Secretario



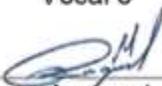
Dr. Ricardo López García  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Vocal 1



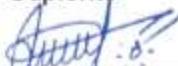
Dr. Gabriel Gastélum Cuadras  
Facultad de Ciencias de la Cultura Física, UACH  
Vocal 2



Dra. Rosa Elena Medina Rodríguez  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Vocal 3



Dra. Raquel Morquecho Sánchez  
Facultad de Organización Deportiva, UANL  
Suplente



Dra. Blanca Rocío Rangel Colmenero  
Subdirectora de Posgrado e Investigación

## DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a las personas que si ellas no hubiera alcanzado una sola de mis metas a mi esposa, María Norayma Guajardo Jasso, a mi hijo Daniel Chapa Guajardo, quienes numerosas veces renunciaron a proyectos personales, en pro de mis propios ideales, gracias por su amor, apoyo, atención y comprensión. Le dedico a mí padre †Oscar Chapa Jasso, que no está físicamente conmigo pero ¡vive en mi corazón y mis logros, vive en mí! que en paz descansa, a mí madre María Yolanda Guadiana Garza, personas que dedicaron su esfuerzo y recursos para ponerlos a mi disposición y mis hermanos †Oscar Chapa, Cinthia Leticia y Yolanda Yazmin, gracias a ellos por habernos brindado lo más sagrado para darme: el tiempo y amor. Dedico también a mis compañeros docentes y administrativos de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por su atención y apoyo para que poder concluir con los estudios.

## **AGRADECIMIENTOS**

Hoy este acto marca el fin de uno de los caminos más importantes que he recorrido, comparto mi alegría por haber conseguido una meta personal que me impuse hace unos años. Agradecido con todos lo que me apoyaron y quienes en mí creyeron. Las personas que dedicaron su tiempo, esfuerzo y recursos para ponerlos a mi disposición, personas que nunca escatimaron en mí: mis padres y amigos docentes, gracias por su apoyo incondicional en todo momento.

Lugar relevante ocupa en el desempeño de mi vida profesional, el apoyo que recibí del †Ing. Cayetano Garza Garza, él motivó mi crecimiento profesional y gracias a él me desempeño como docente universitario.

Quiero expresar mi infinita gratitud por su apoyo que me brindó durante el doctorado al Director de Facultad de Organización Deportiva el Dr. José L. Tristán Rodríguez y la subdirectora la maestra Mireya Medina Villanueva; a mis directores de tesis el Dr. Oswaldo Caballo Gurrola por apoyarme con la asesoría y ser mi guía en todo momento durante este proyecto, al Dr. José Alberto Pérez García, Director de Deportes de la UANL, gracias por su asesoría y haber financiado este proyecto y estar al pendiente del progreso del mismo, al Dr. José Alberto Valdez Lira, docente de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, especialista en biología molecular, gracias por su asesoramiento y abrirme las puertas del laboratorio, apoyarme con análisis de muestras, también al personal docente y administrativo, por brindarme su confianza en el manejo de equipo y el material de laboratorio; también mi agradecimiento a los entrenadores del equipo Tigres de Atletismo UANL, Luis Francisco Ibarra Tobías, Edgar Enrique Treviño, Alejandro Laberdesque Vázquez, Violeta Ávila Torres, Laura Gabriela Pulido Ruiz, Diego Alejandro Arvizu Lozoya, Romarico Sánchez Argote, Santiago Olivos Huerta, Jaime Jefferson Guilarte y atletas del equipo tigres atletismo UANL por estar a disposición para la toma de muestras, huellas dactilares y mediciones requeridas para el

estudio; también al tribunal del coloquio integrado por el Dr. Fernando Alberto Ochoa Ahmed quien me asesoró al inicio y durante los estudios de doctorado, Dr. Luis Enrique Carranza García por su asesoramiento y Dr. Ricardo López García, especialista certificado nivel 3 ISAK y a la Lic. Mayra Cañamar Ramírez quienes me apoyaron con las mediciones antropométricas, gracias por su valiosas aportaciones a este proyecto; al Dr. Gabriel Gastélum Cuadras especialista Dermatoglifia quien me apoyó con la toma de huellas dactilares y al Dr. Víctor Gómez Renault por su asesoría a lo largo de este proyecto; al Dr. Zapopan Martín Muela Meza por su asesoramiento en la búsqueda de información digital; así como al personal docente de este programa de doctorado, Dr. Jorge Isabel Zamarripa Rivera, Dra. Blanca Roció Rangel Colmenero, Dr. Germán Hernández Cruz, Dra. María Cristina Enríquez Reyna, Dra. Perla Lizeth Hernández Cortés, Dra. Myriam Zarái García Dávila, Dra. Marina Medina Corrales y la Dra. María Salette Marentes Castillo, que estuvieron en todo momento apoyándome con su profesionalismo y sus valiosas aportaciones, ya que me han guiado he enriquecido el contenido de este trabajo; también mi gratitud a mis compañeros de generación Víctor, Javier, Argenis, Odet, Marvin, Juan Pablo, Karen, Romario y Emmanuel Rizo, que nos estuvimos apoyando en todo momento durante este trayecto del doctorado. Gracias por su apoyo a mis compadres: MC. Alfredo Sanmiguel Regino y MES. Rene Rodríguez Medellín.

A cada uno de manera especial y subrayada por diversas razones, dedico este esfuerzo en pro de adquirir el grado de Doctor. Doy gracias a la vida y reitero mi compromiso de seguirme preparando y ser cada día de mi vida una mejor persona.

## Resumen

Generalmente, los padres de familia, entrenadores y los propios atletas tienen la duda de que estén participando en la disciplina adecuada al perfil para desempeñarse con éxito en una determinada disciplina o especialidad deportiva. El objetivo de la presente investigación es evaluar el perfil genético, dermatoglífico y proporcionalidad corporal en los atletas que integran el equipo representativo de atletismo de la UANL. Se presenta un trabajo con alcance descriptivo y correlacional de corte transversal en atletas que integran el equipo representativo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León, integrados por 108 estudiantes pertenecientes a las distintas facultades. Participó una muestra final de 87 (80.55%) con una edad promedio de  $20.05 \pm 2.20$  años, de los cuales 44 (50.6%) son hombres y 43 (49.4%) mujeres.

Los resultados en relación al perfil genético ACE muestran una mayor presencia de genotipo II (43.2%) en hombres y en mujeres ID (39.5%); en cuanto al total de la muestra se muestra mayor porcentaje de genotipo ID (39.1%); en relación al alelo I del gen ACE fue de mayor presencia en el total de la muestra (57.47%); en cuanto al perfil genético ACTN3 los hombres presentaron mayor presencia de genotipo RX (72.7%); al igual que las mujeres RX (58.1%); el total de la muestra presentó la presencia del genotipo RX (65.5%); en relación al alelo X presentó mayor porcentaje tanto en hombres y mujeres (66.09%). En relación al porcentaje de ubicación según su genotipo en la muestra de hombres tienen para el gen ACE un 68% y ACTN3 82%, y las mujeres un 70% para el gen ACE y 72% ACTN3. Las disciplinas que mostraron el 100% de ubicación de atletas son: medio fondo, fondo, decatón/heptatón y marcha, ya que se ubican en su especialidad de acuerdo a su genotipo y alelo del gen ACE y ACTN3.

Los índices dermatoglíficos muestran que el tipo de huellas dactilares más predominante en los atletas estudiados son la presilla cubital, seguido por el verticilo, por

consiguiente, las fórmulas digitales más relevantes con  $L > W$  y  $W > L$ , con un índice D10 de 13.4. Los datos antes expuestos dan muestra de una variación importante de cualidades físicas, maximizado los niveles funcionales de coordinación, resistencia, fuerza, velocidad y agilidad. En cuanto a la ubicación de atletas por tipo de huella dactilar que nos arroja las cualidades físicas predominantes en las personas, los resultados muestran que el 83% de ellos están en la disciplina adecuada según el tipo de huella dactilar, cantidad de diseños y líneas.

Respecto a la proporcionalidad corporal, las atletas mujeres tienen una estatura de 162.28 cm, un peso corporal de 60.38 kg, IMC de 22.79, longitud de: tronco 87.40 cm y piernas 74.00 cm, diámetro: biacromial 36.50 cm y bicrestal 27.10 cm, longitud de brazos o envergadura 162.10 cm; mientras que los atletas hombres registran una estatura de 173.57 cm, un peso corporal de 72.52 kg, IMC de 23.99, longitud de: tronco 91.85 cm y piernas 82.85 cm, diámetro: biacromial 40.25 cm y bicrestal 28.15 cm, longitud de brazos o envergadura 180 cm.

Se puede concluir que el perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal, proporcionan una asociación en sus disciplinas atléticas y marca un buen referente para futuros estudios para la detección y orientación del talento atlético, integrando estos perfiles en la prescripción del ejercicio en base a su desempeño y orientación de cargas de entrenamiento específico para mejorar su rendimiento.

## Abstract

Generally, parents, coaches and the athletes themselves have doubts about whether they are participating in the appropriate discipline to perform successfully in a given discipline or sport specialty. The objective of this research is to evaluate the genetic, dermatoglyphic and body proportionality profiles of the athletes that make up the UANL athletics team. A descriptive and correlational cross-sectional study is presented in athletes who are members of the representative athletics team of the Universidad Autónoma de Nuevo León, composed of 108 students belonging to different faculties. A final sample of 87 (80.55%) participated with an average age of  $20.05 \pm 2.20$  years, of which 44 (50.6%) were men and 43 (49.4%) women.

The results in relation to the ACE genetic profile show a greater presence of genotype II (43.2%) in men and ID in women (39.5%); as for the total of the sample, a greater percentage of ID genotype (39.1%) is shown; in relation to allele I of the ACE gene, it was of greater presence in the total of the sample (57.47%). 47%); as for the ACTN3 genetic profile, men presented a greater presence of genotype RX (72.7%); as well as women RX (58.1%); the total sample presented the presence of genotype RX (65.5%); in relation to the X allele, it presented a greater percentage in both men and women (66.09%). In relation to the percentage of location according to genotype, the male sample had 68% for the ACE gene and 82% for ACTN3, and the female sample had 70% for the ACE gene and 72% for ACTN3. The disciplines that showed 100% location of athletes are: middle-distance, long-distance, decathlon/heptathlon and walking, since they are located in their specialty according to their genotype and allele of the ACE and ACTN3 gene.

The dermatoglyphic indexes show that the most predominant type of fingerprints in the studied athletes are the ulnar presilla, followed by the whorl, consequently, the most relevant digital formulas with  $L > W$  and  $W > L$ , with a D10 index of 13.4. The above data show an important variation of physical qualities, maximizing the functional levels of coordination,

endurance, strength, speed and agility. Regarding the location of athletes by type of fingerprint, which shows the predominant physical qualities of individuals, the results show that 83% of them are in the appropriate discipline according to the type of fingerprint, number of designs and lines.

Regarding body proportionality, female athletes have a height of 162.28 cm, a body weight of 60.38 kg, BMI of 22.79, length of: trunk 87.40 cm and legs 74.00 cm, diameter: biacromial 36.50 cm and bicrestal 27.10 cm, length of arms or wingspan 162.10 cm; while male athletes register a height of 173.57 cm, a body weight of 72.52 kg, BMI of 23.99, length of: trunk 91.85 cm and legs 82.85 cm, diameter: biacromial 40.25 cm and bicrestal 28.15 cm, length of arms or wingspan 180 cm.

It can be concluded that the genetic, dermatoglyphic and body proportionality profiles provide an association in their athletic disciplines and mark a good reference for future studies for the detection and orientation of athletic talent, integrating these profiles in the exercise prescription based on their performance and orientation of specific training loads to improve their performance.

## Tabla de Contenido

<b>Introducción</b>	1
<b>Capítulo 1. Fundamentación Teórica. Factores asociados al rendimiento físico atlético</b>	7
<b>1.1 El atletismo</b>	7
1.1.1 Las pruebas en el atletismo	8
1.1.2 Características físicas en el atletismo	10
<b>1.2 Factores genéticos</b>	15
1.2.1 Enzima convertidora de angiotensina (ACE)	17
1.2.2 Rendimiento físico y su relación con la enzima convertidora de angiotensina (ACE)	19
1.2.3 Polimorfismos genéticos en el gen ACE	23
1.2.4 El gen ACTN3	29
1.2.5 Rendimiento físico y su relación con el gen ACTN3	31
1.2.6 Polimorfismos genéticos en el gen ACTN3	32
1.2.7 Antecedentes de estudios relacionados con los factores genéticos en el rendimiento físico	33
<b>1.3 Dermatoglifia</b>	41
1.3.1 Componentes de las impresiones digitales	47
1.3.2 Tipos de impresiones digitales o dactilogramas	48
1.3.3 Relación de la Dermatoglifia con la práctica deportiva	49
1.3.4 Dermatoglifia en el deporte	53
1.3.5 Antecedentes de estudios relacionados con la Dermatoglifia y el rendimiento físico	55
<b>1.4 Composición corporal</b>	59
1.4.1 Métodos de medición	61
1.4.2 Antropometría	62
1.4.3 Proporcionalidad corporal	70
1.4.4 Antecedentes de estudios relacionados con la composición corporal y el rendimiento físico	75

<b>Capítulo 2. Fundamentos Metodológicos</b>	<b>80</b>	
<b>2.1</b>	<b>Diseño de la investigación</b>	<b>80</b>
<b>2.2</b>	<b>Población y muestra</b>	<b>80</b>
<b>2.3</b>	<b>Criterios de inclusión</b>	<b>81</b>
<b>2.4</b>	<b>Criterios de exclusión</b>	<b>81</b>
<b>2.5</b>	<b>Métodos cuantitativos de recolección de los datos</b>	<b>81</b>
2.5.1	Factores genéticos	82
2.5.1.1	Reactivos químicos y material biológico	82
2.5.1.2	Equipo de laboratorio	84
2.5.1.3	Obtención de muestra de mucosa bucal	85
2.5.1.4	Extracción de DNA genómico	86
2.5.1.5	Lisis y homogenización de la muestra	86
2.5.1.6	Validación de la extracción del DNA genómico	87
2.5.1.7	Calidad del DNA genómico	87
2.5.1.8	Caracterización genética de muestras mediante diferentes técnicas de PCR	87
2.5.1.9	PCR	87
2.5.1.10	Genotipado ACE	89
2.5.1.11	Electroforesis en Gel de Agarosa gen ACE	89
2.5.1.12	Genotipado ACTN3	89
2.5.1.13	Electroforesis en Gel de Agarosa gen ACTN3	91
2.5.2	Dermatoglifia dactilar	92
2.5.3	Evaluaciones antropométricas	92
2.5.3.1	Masa corporal	93
2.5.3.2	Estatura	93
2.5.3.3	Talla sentado	94
2.5.3.4	Envergadura	95
2.5.3.5	Diámetro biacromial	95
2.5.3.6	Diámetro bicrestal	96
2.5.3.7	Índice de masa corporal (IMC)	96
<b>2.6</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>96</b>
<b>2.7</b>	<b>Consideraciones éticas</b>	<b>97</b>

<b>2.8</b>	<b>Tratamiento estadístico de los datos</b>	<b>99</b>
	<b>Capítulo 3. Resultados</b>	<b>100</b>
<b>3.1</b>	<b>Perfil genético ACE y ACTN3 y ubicación de atletas por genotipo</b>	<b>100</b>
<b>3.2</b>	<b>Perfil Dermatoglífico y ubicación de atletas</b>	<b>108</b>
<b>3.3</b>	<b>Proporcionalidad corporal</b>	<b>122</b>
<b>3.4</b>	<b>Asociación entre el perfil genético, dermatoglifia y composición corporal</b>	<b>130</b>
	<b>Capítulo 4. Discusión</b>	<b>135</b>
<b>4.1</b>	<b>Perfil genético ACE y ACTN3</b>	<b>135</b>
<b>4.2</b>	<b>Perfil Dermatoglífico</b>	<b>141</b>
<b>4.3</b>	<b>Proporcionalidad corporal</b>	<b>144</b>
	<b>Limitaciones</b>	<b>147</b>
	<b>Futuras líneas de investigación</b>	<b>148</b>
	<b>Conclusiones</b>	<b>148</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>151</b>
	<b>Anexos</b>	<b>172</b>
	1. Autorización del estudio	172
	2. Registro de proyecto de investigación	173
	3. Carta de consentimiento informado	174

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b>	Clasificación de las pruebas del atletismo para hombres y mujeres.	8
<b>Tabla 2</b>	Récords mundiales, de universiada mundial y nacional para las pruebas del atletismo en hombres.	9
<b>Tabla 3</b>	Récords mundiales, de universiada mundial y nacional para las pruebas del atletismo en mujeres.	10
<b>Tabla 4</b>	Nivel de herencia de diferentes parámetros funcionales y condicionales.	20
<b>Tabla 5</b>	Genes relacionados con fuerza y crecimiento muscular.	21
<b>Tabla 6</b>	Principales genes asociados con el deporte.	22
<b>Tabla 7</b>	Frecuencia relativa del alelo I de 91 corredores de nivel olímpico y de 79 caucásicos.	26
<b>Tabla 8</b>	Distribución del genotipo ACE y frecuencia de alelos I para 414 atletas de nivel olímpicos.	28
<b>Tabla 9</b>	Clasificación del conjunto de los índices dermatoglíficos y del índice somático-funcional entre atletas de alta calificación.	50
<b>Tabla 10</b>	Tipos de huellas dactilares, total de líneas dactilares, deltas y su relación con las cualidades físicas.	52
<b>Tabla 11</b>	Referencia de índice dermatoglífico en diferentes modalidades deportivas de Brasil.	53
<b>Tabla 12</b>	Características de los atletas hombres según su morfología.	70
<b>Tabla 13</b>	Características de las atletas mujeres según su morfología.	72
<b>Tabla 14</b>	Participación de la muestra de hombres y mujeres por disciplinas agrupadas.	80
<b>Tabla 15</b>	Secuencias de los cebadores específicos del alelo (cebadores externos) y de los cebadores específicos de C-R y T-X.	90
<b>Tabla 16</b>	Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACE entre los atletas hombres y las atletas mujeres.	100
<b>Tabla 17</b>	Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 entre los atletas hombres y las atletas mujeres.	101
<b>Tabla 18</b>	Frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE en los atletas hombres de las distintas disciplinas por grupos.	102
<b>Tabla 19</b>	Frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE en las atletas mujeres de las distintas disciplinas por grupos.	103
<b>Tabla 20</b>	Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 de los atletas hombres en las distintas disciplinas del atletismo por grupos.	104

<b>Tabla 21</b>	Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 de las atletas mujeres en las distintas disciplinas del atletismo por grupos.	105
<b>Tabla 22</b>	Arcos, Presilla radial, Presillas cubitales, Verticilos W, Verticilos WS y Delta 10 en atletas universitarios.	108
<b>Tabla 23</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo pulgar de la mano izquierda según su forma.	109
<b>Tabla 24</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo índice de la mano izquierda según su forma.	109
<b>Tabla 25</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo medio de la mano izquierda según su forma.	110
<b>Tabla 26</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo anular de la mano izquierda según su forma.	110
<b>Tabla 27</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo meñique de la mano izquierda según su forma.	110
<b>Tabla 28</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo pulgar de la mano derecha según su forma.	111
<b>Tabla 29</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo índice de la mano derecha según su forma.	111
<b>Tabla 30</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo medio de la mano derecha según su forma.	111
<b>Tabla 31</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo anular de la mano derecha según su forma.	112
<b>Tabla 32</b>	Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo meñique de la mano derecha según su forma.	112
<b>Tabla 33</b>	Datos descriptivos del número de líneas para cada dedo de la mano.	113
<b>Tabla 34</b>	Frecuencias y porcentajes de los atletas según la prueba.	114
<b>Tabla 35</b>	Frecuencias y porcentajes de los atletas hombres por prueba y promedio de líneas dactilares.	115
<b>Tabla 36</b>	Frecuencias y porcentajes de los atletas mujeres por prueba y promedio de líneas dactilares.	116
<b>Tabla 37</b>	Frecuencias y porcentajes según su tipo FD y cualidades físicas predominantes.	117
<b>Tabla 38</b>	Frecuencias y porcentajes de los atletas hombres por prueba, FD y cualidades físicas predominantes.	118
<b>Tabla 39</b>	Frecuencias y porcentajes de las atletas mujeres por prueba, FD y cualidades físicas predominantes.	119

<b>Tabla 40</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres de la UANL.	122
<b>Tabla 41</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres de la UANL.	123
<b>Tabla 42</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres participantes en los Juegos Olímpicos de Londres 2012.	123
<b>Tabla 43</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres participantes en los Juegos Olímpicos de Londres 2012.	124
<b>Tabla 44</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres participantes en los Juegos Olímpicos de Río 2016.	125
<b>Tabla 45</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres participantes en los Juegos Olímpicos de Río 2016.	125
<b>Tabla 46</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de las atletas mujeres del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro.	126
<b>Tabla 47</b>	Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de los atletas hombres del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro.	128
<b>Tabla 48</b>	Comparación de la proporcionalidad corporal de mujeres de la UANL.	129
<b>Tabla 49</b>	Comparación de la proporcionalidad corporal de hombres de la UANL.	129
<b>Tabla 50</b>	Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas hombres.	130
<b>Tabla 51</b>	Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas mujeres.	131
<b>Tabla 52</b>	Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas hombres y mujeres.	132
<b>Tabla 53</b>	Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en pruebas de velocidad (100 mts, 200 mts, 400 mts, 100, 110 y 400 vallas, 4x100 y 4x400 mts).	133
<b>Tabla 54</b>	Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en pruebas de lanzamientos (bala, disco, jabalina y martillo).	134

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b>	Sistema renina angiotensina y su relación en la tensión arterial de los genotipos del gen ACE mediante los mecanismos de interacción con las funciones de la ACE (enzima convertidora de angiotensina).	18
<b>Figura 2</b>	Localización y estructura del dominio de las alfombras sarcásticas $\alpha$ -actinas.	30
<b>Figura 3</b>	Frecuencias de los tres genotipos de ACTN3 R577X en controles y atletas de élite.	32
<b>Figura 4</b>	Impresiones dactilares, según su dibujo arcos, presillas y verticilos.	45
<b>Figura 5</b>	Trazos de la línea de Galton en los patrones dermatoglíficos para conteo de líneas.	48
<b>Figura 6</b>	Clasificación de patrones dermatoglíficos comunes en el ser humano	49
<b>Figura 7</b>	El gel muestra los diferentes genotipos del gen ACE. Gel de agarosa al 1.5%.	89
<b>Figura 8</b>	Genotipado del polimorfismo ACTN3 r577x.	91
<b>Figura 9</b>	Porcentajes de atletas hombres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACE.	106
<b>Figura 10</b>	Porcentajes de atletas hombres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACTN3.	106
<b>Figura 11</b>	Porcentajes de atletas mujeres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACE.	107
<b>Figura 12</b>	Porcentajes de atletas mujeres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACTN3.	108
<b>Figura 13</b>	Porcentaje de ubicación de atletas hombres por disciplina según el tipo de FD y CF.	120
<b>Figura 14</b>	Porcentaje de ubicación de atletas mujeres por disciplina según el tipo de FD y CF.	120
<b>Figura 15</b>	Frecuencia y porcentaje de ubicación de la muestra total de atletas por disciplina según el tipo FD y CF.	121
<b>Figura 16</b>	Porcentaje de atletas que se ubican en su especialidad de acuerdo al perfil dermatoglífico.	121

## **Introducción**

El atletismo es considerado el deporte organizado más antiguo del mundo, tiene disciplinas agrupadas en carreras, saltos, lanzamientos pruebas combinadas y marcha. El vocablo atletismo proviene de la palabra griega "atletes" que se define como aquella persona que compete en una determinada prueba por un premio. Haciendo notar que dicha palabra griega está relacionada de manera directa con el vocablo "aethos" que es sinónimo de la palabra "esfuerzo" en dicha actividad deportiva, el número de pruebas ya sea individuales o en grupo ha variado con el paso del tiempo, también, podemos establecer que el Atletismo es de los pocos deportes que se practican a nivel mundial, ya sea entre aficionados o en competencias de todos los niveles con gran éxito (Jaramillo, 2004).

La idea del presente estudio es el establecer el perfil genético sustentado en la manifestación de la enzima convertidora de Angiotensina codificada por el Gen ACE, en concreto los polimorfismos cuya manifestación se dé a través de los alelos II, Homocigoto, DD, Homocigoto, e ID, Heterocigoto; también los polimorfismos del gen ACTN3 cuya manifestación se dé a través de los genotipos RR, RX y XX; además conocer el perfil dermatoglífico mediante el estudio de las huellas dactilares que se dividen de forma general en tres grupos, Arcos, Presillas y Verticilos; además estudiar y obtener el perfil de proporción corporal por medio del análisis de la masa corporal, estatura, talla sentado, envergadura, diámetro biacromial, bicrestal y el IMC de los atletas que componen el equipo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

### **Justificación**

En la actualidad existen empresas privadas que se enfocan en el diagnóstico de los genes que predisponen a un alto rendimiento deportivo basado en la presencia o ausencia de tal condición; sin embargo, no se ha desarrollado un protocolo que aplique específicamente la

predisposición o asociación genética la dermatoglia y además de la proporcionalidad corporal para el atletismo en el deporte universitario en México.

Ahora bien, el deporte del atletismo y sus disciplinas exigen demandas físicas que en esencia están ligadas no solo a los procesos de preparación deportiva, si no, a aspectos más complejos como: un adecuado perfil genético, dermatoglífico y una apropiada morfología sustentada en la proporcionalidad corporal; por lo que la posibilidad de analizar y estudiar estos tres aspectos en atletas universitarios los cuales forman el equipo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), podrá ser un referente para los atletas y entrenadores que participan en olimpiada juvenil, universiadas y campeonatos internacionales. Además de propiciar el hecho de que los mismos puedan ser consolidados y/o ubicados de acuerdo con características propias en las disciplinas específicas pertenecientes a este complejo deporte.

El presente estudio podrá generar la gran oportunidad de crear una metodología adecuada para la detección del talento deportivo al permitir en etapas tempranas de los procesos de preparación deportiva la consolidación y/o ubicación de los diferentes deportistas que componen la muestra de estudio en cada una de las disciplinas o especialidades pertenecientes al deporte de atletismo en la UANL.

Además, la información aportada en este trabajo servirá a la comunidad deportiva universitaria de nuestro país y los diferentes grupos científicos- multi disciplinares que la componen para ser utilizada en la consolidación o ubicación de los talentos cualquiera que sea su nivel de rendimiento deportivo y sin importar la actividad deportiva en la que estos participen, lo anterior debido a que al generar un esquema de estimación de la posible carga genética, el perfil dermatoglífico y de proporcionalidad corporal del talento deportivo en etapas iniciales de desarrollo atlético, posibilitará la consolidación o inserción de dicho talento de

manera adecuada y con tiempo suficiente para lograr un nivel de maestría deportiva en determinada disciplina en el contexto universitario.

Por lo anterior, se puede asumir que en la búsqueda del éxito deportivo en esta disciplina deportiva tan compleja, y producto de este esfuerzo de índole científico metodológico, el análisis y control sistemático de las variables genéticas, dermatoglíficas y de proporcionalidad corporal que coadyuven al desarrollo de las características antes mencionadas en el deporte Universitario, dará como resultado una herramienta confiable para el establecimiento de criterios de consolidación y/o ubicación de los diferentes atletas en cada una de las disciplinas que componen el atletismo.

### **Planteamiento del Problema**

Estudios recientes abordan esta problemática vinculado fuertemente algunas variantes genéticas, entre ellas la variación en la estructura del gen ACE (Enzima Convertidora de Angiotensina, por sus siglas en inglés) que ha sido ampliamente estudiada para explicar el rendimiento físico al más alto nivel en características de resistencia y velocidad (Díaz-Hirashi, 2014; Ma et al., 2013; Mustafina et al., 2014; Papadimitriou et al., 2016; Puthucheary et al., 2011), los dermatoglifos se pueden utilizar como criterio de selección y orientación deportiva precoz a determinada actividad física (João & Fernandes Filho, 2002; Da Cunha & Fernandes Filho, 2004); además de otros trabajos relacionados con la proporción corporal que influyen de manera positiva en el desempeño físico de determinados deportistas (Martinez Sanz et al, 2011; Pacheco del Cerro, 1996), cuya posible aplicación en el deporte del atletismo y sus diferentes especialidades han adquirido gran importancia; estos tres aspectos están estrechamente ligados a la capacidad de resistencia al esfuerzo, desempeño muscular, habilidad de los tendones y ligamentos para resistir daños durante el esfuerzo físico y alta disposición fisiológica para el entrenamiento y la competencia, estas características dependen del sexo del atleta, grupo étnico y el tipo de deporte o especialidad practicada.

En este contexto se establece que en la búsqueda de la excelencia deportiva adquiere gran importancia, que el atleta posea las características necesarias para competir en determinada prueba con la mayor posibilidad de obtener un rendimiento óptimo, dichas características se encuentran estrechamente ligadas al desarrollo adecuado del desempeño físico, el cual es un factor heredable de aspecto multifactorial e influenciado por la carga genética, el tipo de dermatoglifo, la proporcionalidad corporal y factores ambientales, de tal forma que las disparidades encontradas en el desempeño físico humano pudieran ser explicadas por las diferencias genéticas, de biotipo y de la posibilidad de interactuar de manera adecuada con el medio ambiente (Filgueira Pérez, 2015).

Ahora bien, el atletismo universitario ha sido históricamente la fuente que aporta el talento a las selecciones nacionales de México, sin embargo, la cantidad y calidad de los deportistas que han representado dicho esfuerzo en justas de carácter internacional como Campeonatos del Mundo y Juegos Olímpicos no ha sido suficiente y del todo satisfactorio por los resultados obtenidos en dichas competiciones.

Se puede establecer que una de las posibles causas es el hecho de que los deportistas universitarios no posean las características de perfil genético, dermatoglífico y de corporales necesarias para entrenar y competir a altos niveles cuyos estándares puedan equipararse con las grandes potencias deportivas del orbe.

Es así, que a través del presente trabajo nos daremos a la tarea de resolver el problema científico relacionado con el hecho de que los diferentes atletas universitarios pertenecientes al equipo de atletismo de la UANL son consolidados y ubicados en una determinada disciplina deportiva, sin saber si cuentan con el perfil genético y el tipo de dermatoglifo y la proporcionalidad corporal adecuadas para desempeñarse con éxito en una determinada disciplina o especialidad deportiva.

## **Pregunta de investigación**

¿Qué porcentaje de atletas del equipo representativo de atletismo de la UANL están ubicados en la disciplina adecuada según su perfil genético y dermatoglífico?

## **Objetivo General**

Evaluar el perfil genético, dermatoglífico y proporcionalidad corporal en los atletas que integran el equipo representativo de atletismo de la UANL.

## **Objetivos Específicos**

1. Aplicar pruebas de perfil genético para el establecimiento del genotipo para los polimorfismos ACE I/D y el gen ACTN3 con sus variantes.
2. Valorar los índices dermatoglíficos de los atletas, a través de impresiones digitales, cantidad de diseños y líneas que determinan la capacidad físico atlética predominante.
3. Analizar la proporcionalidad corporal por medio del análisis de: la masa corporal, estatura, índice de masa corporal, talla sentado, envergadura, diámetro biacroamial y bicrestal, de los atletas que componen el equipo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
4. Determinar el grado de asociación entre el conjunto de variables genéticas, dermatoglíficas y de proporcionalidad corporal en los atletas.
5. Contrastar los resultados obtenidos en el presente estudio con la información científica relacionada a la carga genética, dermatoglífica y de proporcionalidad corporal de este deporte con la de otros países considerados potencias en el atletismo.

## **Hipótesis**

H1. La mayoría de los atletas del equipo representativo del atletismo de la UANL están ubicados en la disciplina según su perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal.

H2. El perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal se correlacionan de manera positiva.

### **Breve alusión de los enfoques metodológicos**

Se presenta un trabajo con un diseño de tipo descriptivo y correlacional. Además, desde el punto de vista temporal, es un trabajo de corte transversal ya que se realiza en un periodo de tiempo específico; es correlacional, ya que se propondrá encontrar el grado de relación existente entre el conjunto de variables genéticas, dermatoglíficas y de proporcionalidad corporal en las diferentes disciplinas del atletismo (Hernández et al., 2014).

### **Estructura general del documento**

El presente documento consta de una introducción y tres capítulos. En la introducción se presenta el tema de interés, se justifica la importancia para su estudio a partir de la experiencia que ha tenido el equipo representativo de atletismo de la UANL, así como la participación de los atletas en justas deportivas internacionales; se analiza la problemática en torno a su análisis y pertinencia, se proponen los objetivos que serán los que brindan una guía de lo que se pretende llevar a cabo, se propone la hipótesis de estudio que intenta dar respuesta a la pregunta de investigación; finalmente se hace una breve alusión de los enfoques metodológicos y la descripción de la estructura general del documento.

En el primer capítulo de fundamentos teóricos, se describe de manera detallada las variables de la disciplina del atletismo, factores genéticos, dermatoglíficos y de proporcionalidad corporal; así como los antecedentes de otras investigaciones relacionadas con el tema de estudio; es decir se presenta la fundamentación teórica de la investigación.

# Capítulo 1

## Fundamentos teóricos. Factores asociados al rendimiento físico atlético

A continuación se describe la fundamentación teórica de las variables implicadas en la investigación (también llamada estado de arte), que permite conectar el problema de estudio con el campo de conocimientos existentes; para ello, se hará en primera instancia una explicación del origen y evolución del problema y del objeto, continuando con la conceptualización y clasificación en torno a las variables relacionadas el atletismo como disciplina deportiva, los factores genéticos relacionados al rendimiento físico-deportivo los factores dermatoglíficos y la proporcionalidad corporal, donde serán desarrollados a partir de la revisión de otras investigaciones (antecedentes de otros estudios).

### 1.1 El Atletismo

El Atletismo es una actividad física integrada por acciones naturales como la carrera, el salto y el lanzamiento llevada a cabo por el hombre bajo una u otra manera desde el mismo origen de la especie (Jaramillo, 2004).

De los perdurables legados de la antigua Grecia y el imperio Romano, cabe destacar al recio luchador que fuera figura protagónica en los milenarios juegos públicos; al combatiente o “Athlos” (que en griego significa lucha –combate). De donde derivara el vocablo “atleta”, que se emplea para definir a todo individuo particularmente capacitado en el aspecto físico, apto para competir en pruebas de destreza y fortaleza corporal creados con finalidades deportivas. En la actualidad el atletismo no es más que la continuación de los principales concursos iniciados por los griegos hace más de dos mil años en la falda del monte Kronion (Jaramillo, 2004).

El atletismo incorpora un rango de disciplinas deportivas y características específicas físicas y morfológicas que juegan un papel importante y posiblemente crítico en el éxito durante la competición (O'Connor, et al., 2007), si bien la producción de potencia neuromuscular es

primordial para el rendimiento en las disciplinas anaeróbicas típicas, el consumo máximo de oxígeno ( $VO_2$  máx), la utilización fraccional del  $VO_2$  máx y la eficiencia/economía del ejercicio son los factores fisiológicos cruciales en las disciplinas aeróbicas típicas (Haugen et al., 2018). Se sabe desde hace tiempo que el rendimiento deportivo puede desarrollarse de acuerdo a programas de ejercicio intenso, sin embargo, el potencial atlético está predeterminado por los rasgos heredados y la predicción del grado de respuesta al entrenamiento antes de comenzar el programa es controversial (Eroğlu et al., 2018).

Una vez expuesto lo anterior, se hace una conceptualización y clasificación en torno al atletismo como disciplina deportiva:

### 1.1.1. Las pruebas en el atletismo

Las pruebas atléticas en el atletismo moderno se dividen en: pista (carreras), campo o de concurso (saltos y lanzamientos), pruebas combinadas (decatlón y heptatlón) y pruebas fuera del estadio (marcha y maratón), la Tabla 1 muestra en forma detallada esta clasificación (COI, 2018; IAAF 2018; Jaramillo, 2004).

*Tabla 1.*

*Clasificación de las pruebas del atletismo para hombres y mujeres (COI, 2018; Jaramillo, 2004; IAAF 2018).*

Clasificación de las pruebas	Hombres	Mujeres
Sprint corto	100-200 metros.	100-200 metros.
Sprint largo	400 metros.	400 metros.
Pruebas con vallas y con obstáculos	110 y 400 m -3000 metros obstáculos	100 y 400 m -3000 metros obstáculos
Pruebas de relevos	4 x100 y 4 x 400 metros	4 x100 y 4 x 400 metros
Pruebas de medio fondo	800 y 1500 metros	800 y 1500 metros
Pruebas de fondo	5000 y 10000 metros	5000 y 10000 metros
Prueba de gran fondo	Maratón (42.195 metros)	Maratón (42.195 metros)
Marcha atlética	20 y 50 kilómetros	20 kilómetros

saltos	Longitud, triple, alto y pértiga	Longitud, triple, alto y pértiga
Lanzamientos	Peso (bala), martillo, disco y jabalina.	Peso (bala), martillo, disco y jabalina.
Pruebas combinadas	Decatlón	Heptatlón

A continuación, se describen los récords actuales para cada prueba del atletismo impuestos en campeonatos del mundo o juegos olímpicos, asimismo, los récords impuestos en la universiada mundial y nacional para hombres y mujeres (Tabla 2 y 3).

*Tabla 2.*

Récords mundiales, de universiada mundial y nacional para las pruebas del atletismo en hombres (COI, 2018; IAAF 2018; FISU, 2018; CONDDE, 2018).

<b>Clasificación de las pruebas</b>	<b>Mundiales</b>	<b>Universiada Mundial</b>	<b>Universiada Nacional</b>
Carrera de 100 m (seg/cent)	9.58	9.97	10.28
Carrera de 200 m (seg/cent)	19.19	19.72	20.50
Carrera de 400 m (seg/cent)	43.03	44.81	46.37
Carrera con vallas 110 m (seg/cent)	12.80	13.21	13.87
Carrera con vallas 400 m (seg/cent)	46.78	48.09	50.04
Carrera con obstáculos 3000 m (min/seg/cent)	7:53.63	8:20.83	8:44.47
Pruebas de relevos 4 x 100 m (seg/cent)	36.84	38.42	39.87
Pruebas de relevos 4 x 400 m (min/seg/cent)	2:54.29	3:00.40	3:08.75
Carrera de medio fondo 800 m (min/seg/cent)	1:40.91	1:43.40	1:47.91
Carrera de medio fondo 1,500 m (min/seg/cent)	3:26.00	3:38.43	3:44.36
Carrera de fondo 5,000 m (min/seg/cent)	12:37.35	13:35.89	14:19.18
Carrera de fondo 10,000 m (min/seg/cent)	26:17.53	28:15.84	30:06.71
Carrera de gran fondo Maratón 42,195 m (hrs/min/seg)	2:01:39	Medio Maratón: 1:03:32	Medio Maratón: 1:05:51
Marcha atlética 20 Km	1:16:36	1:20:47	1:23:40
Marcha atlética 50 Km	3:32:33		
Salto de longitud	8.95	8.46	8.11
Salto triple	18.29	17.86	16.31
Salto de altura	2.45	2.41	2.25
Salto con pértiga	6.16	5.80	5.21
Lanzamiento de peso (bala)	23.12	21.11	19.21

Lanzamiento de martillo	86.74	82.77	73.21
Lanzamiento de disco	74.08	69.46	60.37
Lanzamiento de jabalina	98.48	86.50	77.15
Pruebas combinadas (Decatlón)	9126	8380	7535

*Tabla 3.*

Récords mundiales, de universiada mundial y nacional para las pruebas del atletismo en mujeres (COI, 2018; IAAF 2018; FISU, 2018; CONDDE, 2018).

Clasificación de las pruebas	Mundiales	Universiada Mundial	Universiada Nacional
Carrera de 100 m	10.49	11.00	11.49
Carrera de 200 m	21.34	21.91	23.34
Carrera de 400 m	47.60	49.88	52.59
Carrera con vallas 100 m	12.20	12.61	13.64
Carrera con vallas 400 m	52.34	53.95	58.27
Carrera con obstáculos 3000 m	8:44.32	9:25.77	10:30.61
Pruebas de relevos 4 x 100 m	40.82	42.40	45.42
Pruebas de relevos 4 x 400 m	3:15.17	3:24.97	3:40.39
Carrera de medio fondo 800 m	1:53.28	1:56.88	2:04.11
Carrera de medio fondo 1,500 m	3:50.07	4:01.32	4:18.30
Carrera de fondo 5,000 m	14:11.15	15:28.78	16:30.30
Carrera de fondo 10,000 m	29:17.45	31:46.43	35:19.18
Carrera de gran fondo Maratón 42,195 m	2:17:01	Medio Maratón: 1:11:49	Medio Maratón: 1:18:35
Marcha atlética 20 Km	1:24:38	1:28:18	1:34:38.0
Salto de longitud	7.52	7.04	6.40
Salto triple	15.50	14.82	13.56
Salto de altura	2.09	2.01	1.85
Salto con pértiga	5.06	4.70	4.00
Lanzamiento de peso (bala)	22.63	20.82	16.84
Lanzamiento de martillo	82.98	75.83	58.34
Lanzamiento de disco	76.80	67.96	52.03
Lanzamiento de jabalina	72.28	69.82	56.66
Pruebas combinadas (Heptatlón)	7291		5288

### 1.1.2 Características físicas en el atletismo

La caracterización de las pruebas en el atletismo considera fundamentalmente los tipos de movimientos, duración, esfuerzo, frecuencia, intensidad, somatotipo, entre otros indicadores (Mena, 2014). En este sentido algunos autores (Ballesteros, 1991; Ozolin, 1981) citados por Mena (2014) incorporan además en su caracterización aspectos relativos con el entrenamiento y las características individuales por pruebas, que a continuación se describen:

### **Carreras de Velocidad: 100, 200 y 400 metros lisos para hombres y mujeres**

Los atletas deben poseer una gran velocidad de reacción, frecuencial y de desplazamiento. El tipo de esfuerzo es enorme e intenso en dependencia de la duración de la carrera (10 a 12 segundos en los 100 metros, anaerobio alactácido), 20 a 24 segundos en los 200 metros, anaerobio lactácido al igual que los 400 metros que se lleva a cabo entre 42 y 50 segundos). Las características principales de un estilo eficiente para carreras de velocidad comprenden una buena elevación de rodillas, movimientos libres de los brazos, los sistemas energéticos que predominan en estas pruebas son anaerobios alactácidos y lactácidos. Poseen elevadas magnitudes de intensidades, los esfuerzos se desarrollarán por arriba del 90 % de la máxima capacidad absoluta, (pruebas de potencia máxima), así como un enorme desarrollo de la capacidad neuromuscular. Los contenidos de preparación planificables de carácter especial en estas pruebas, son: La rapidez, resistencia especial, resistencia a la velocidad, fuerza instantánea, técnica y flexibilidad.

### **Carreras con vallas**

Los atletas tiene que tener una alta rapidez de reacción, deben desarrollar la resistencia a la velocidad, ritmo, la resistencia del ritmo de carreras, la fuerza, flexibilidad, técnica y la coordinación. El tipo de esfuerzo es enorme e intenso (Potencia Máxima) en dependencia de la duración de la carrera (13 a 15 a segundos en los 100 metros con vallas, anaerobio alactácido-láctico), 13 a 14 segundos en los 110 metros con vallas, anaerobio alactácido-láctico y en los 400 metros que se realiza entre 47 y 53 segundos para los hombres y entre 54 y 60 segundo para mujeres anaeróbico láctico). Los contenidos de preparación planificables de carácter especial en estas pruebas, son: La velocidad, resistencia especial, resistencia a la velocidad, fuerza explosiva, ritmo, técnica, flexibilidad, resistencia a la fuerza y coordinación.

### **Careras de medio fondo**

Por sus características algunos atletas cambian de ritmo varias veces durante la carrera mientras que otros mantienen el mismo toda la prueba, importante desarrollar la resistencia aerobia y anaerobia láctica o resistencia especial, la resistencia del ritmo, resistencia a la fuerza y la técnica.

### **Careras de Fondo**

De acuerdo con el tipo de esfuerzo y distancia a recorrer son pruebas de resistencia las de 5.000 metros, las de 10.000 metros están entre las de gran fondo (maratón) están dentro de las de mayor resistencia.

Los contenidos de preparación panificables de carácter especial en estas pruebas son: La resistencia aerobia, resistencia especial, resistencia a la fuerza, entre otras.

### **Marcha atlética o caminata**

Se hacen comúnmente en ruta, es una prueba bastante exigente donde la técnica, la resistencia, la coordinación el ritmo y la agilidad son primordiales, son pruebas de Potencia Moderada por el esfuerzo y su duración. En estas pruebas los contenidos de preparación de carácter especial para su planificación y control son: la técnica, resistencia aerobia, resistencia especial, resistencia a la fuerza, flexibilidad.

### **Pruebas de concursos**

En los saltos se destaca el sistema energético anaerobio, por la duración del salto, con hincapié en la potencia (Fuerza explosiva) la velocidad y la técnica, otros contenidos de preparación de carácter especial que se tienen que tener considerar en su planificación son, la flexibilidad y la coordinación.

**Salto Largo:** Se necesitan extremidades inferiores fuertes, buenos músculos abdominales, rapidez de carrera, técnica y, más que nada, una gigantesca potencia en el despegue.

**Salto Triple:** Se necesitan de extremidades inferiores fuertes, buenos músculos abdominales y de espalda, rapidez de carrera, técnica, coordinación y, más que nada, una gigantesca potencia en el despegue.

**Salto Alto:** El saltador de altura necesita de extremidades inferiores fuertes, buenos músculos abdominales, rapidez de carrera, técnica, coordinación y, más que nada, una gigantesca potencia en el despegue.

**Salto con Garrocha:** Es necesario una buena rapidez de carrera, técnica, coordinación, músculos fuertes en la espalda y brazos y una enorme capacidad y preparación gimnástica.

**Lanzamientos:** El objetivo de las pruebas de lanzamiento es el conseguir la mayor distancia posible. Los lanzamientos son movimientos hechos con los brazos, el tipo de lanzamiento ligero o pesado establece el nivel de tensión desarrollados por los músculos. Cuando el implemento es ligero (jabalina o disco) la tensión de los músculos contraídos es relativamente insignificante pero la rapidez de contracción es enorme, cuando el implemento es pesado (martillo, bala o peso) hace falta una gigantesca tensión muscular para el lanzamiento y desarrollar una rapidez de contracción menor, es necesario de enorme coordinación por la mezcla de sus movimientos preparatorios, la rapidez del desplazamiento final del brazo que lanza debe sumarse a la rapidez final del desplazamiento del tronco, por lo cual pide de una gigantesca coordinación, técnica y de fuerza.

**Lanzamiento de Jabalina:** Fundamental para dichos lanzadores, desarrollar la fuerza explosiva, fuerza máxima, junto con la técnica, las habilidades físicas coordinativas y la flexibilidad.

**Lanzamiento de Disco:** Los lanzadores acostumbran ser de talla alta y musculosos, por lo cual necesitan de un enorme trabajo de fuerza máxima y Fuerza explosiva, sin embargo en los lanzamientos necesita también habilidad, coordinación, flexibilidad y técnica.

**Lanzamiento de Bala:** Necesitan de un enorme trabajo de fuerza máxima y fuerza explosiva, sin embargo el éxito en los lanzamientos requiere también habilidad, coordinación, flexibilidad y técnica, tienen que desarrollar el aparatado vestibular.

**Lanzamiento de Martillo:** Los lanzadores de martillo acostumbran ser de talla elevada y musculosos, por lo cual necesitan de un enorme trabajo de fuerza máxima y fuerza explosiva, sin embargo el éxito en los lanzamientos necesitan además habilidad, coordinación, flexibilidad y un enorme trabajo técnico (Mena, 2014).

El atletismo es una plataforma constante de investigación que, desde diferentes campos o áreas de conocimiento como el entrenamiento deportivo, la biomecánica, psicología, fisiología, entre otros, impulsan su estudio hasta convertirlo en referencia metodológica para muchas otras modalidades deportivas (Hornillos, 2000).

A continuación, se describen los antecedentes de estudios realizados por otros autores donde involucran al atletismo y su relación con aspectos genéticos y de composición corporal:

Autores como Filgueira Pérez (2015) dan a conocer las primordiales características que debería poseer el deportista de élite en el atletismo, donde participan 83 deportistas y 55 entrenadores. Los datos recogidos son parte de un estudio más amplio, elaborado por medio de una encuesta, para la que se creó un cuestionario de 78 preguntas en el cual se abarcaban 3 temas: el perfil del coach, el perfil del deportista, así como la figura del formador de entrenadores. En este trabajo se centran en el perfil del deportista y el análisis de la información obtenida dejará concluir que la práctica totalidad de los deportistas y los entrenadores de atletismo permanecen en consenso en tener en cuenta la excelencia deportiva

o el superarse a el mismo como la motivación prioritaria de los deportistas por arriba de la gloria o el dinero. Además, reconocerán que el trato del coach determinará el grado de compromiso y el rendimiento. Esto nos llevará a tener en cuenta que por qué un deportista deja de entrenar con su coach o bien el coach al deportista no es por falta de resultados sino por no sentirse cómodo por la actitud y la carencia de confianza entre ellos.

## **1.2. Factores genéticos**

La genética tiene una gran influencia sobre muchos atributos necesarios para la excelencia atlética como la fuerza, el tamaño del músculo y la composición de las fibras musculares (contracción rápida o lenta), umbral anaeróbico, capacidad pulmonar, flexibilidad (Di Prampero, 2003); asimismo, está determinada por la genética la capacidad cardíaca de un atleta, o la capacidad del corazón para suministrar suficiente oxígeno a los músculos esqueléticos que trabajan; en este sentido, es un determinante importante en el atletismo de resistencia (Onywera, 2009).

La capacidad de generar fuerza de las fibras musculares tipo 2 a alta velocidad, la velocidad, el ritmo de los movimientos, y la capacidad del individuo para adaptarse al entrenamiento está influenciado fuertemente a la genética (Rankinen et al., 2002).

Las pruebas genéticas se encuentran disponibles actualmente para diferentes aplicaciones, desde exploración de ascendencia, riesgos futuros de enfermedades y pruebas prenatales para la detección de condiciones congénitas. Ahora hay otra opción, la prueba de genes de rendimiento deportivo (Brooks & Tarini, 2011). La genética deportiva es una rama de la ciencia relativamente nueva ya que apareció hasta 1980; está estrechamente relacionada a la fisiología humana, bioquímica y entrenamiento deportivo, haciendo uso de las tecnologías basadas en ADN para detectar la predisposición a diferentes características físicas (Voroshin & Astratenkova, 2008). Estas pruebas determinan las variantes del DNA (polimorfismos) que están directamente asociados con la disposición para capacidades relacionadas al deporte.

Estudios iniciales asociados al fenotipo de rendimiento deportivo han identificado 249 genes con relevancia deportiva, tales como la captación máxima de oxígeno, capacidad anaeróbica, máxima velocidad de sprint, generación de fuerza, distribución de tipos de fibras musculares, niveles enzimáticos de tejido muscular y la capacidad de entrenabilidad (Breitbach et al., 2014).

El gen de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) sintetiza una proteína que es un componente clave del sistema renina-angiotensina, teniendo funciones endocrinas y parácrinas en la regulación de la tensión arterial y equilibrio hidroelectrolítico (Skipworth et al., 2010). Se tienen caracterizados diferentes polimorfismos de esta enzima para la evaluación del rendimiento deportivo, una inserción (I) o una delección (D) de 287 pares de bases tiene suma relevancia. Dependiendo del estado de inserción y/o delección, 3 diferentes genotipos pueden resultar: inserción/inserción (II), inserción/delección (ID) y delección/delección (DD). Se ha reportado que el genotipo DD tiene altas concentraciones de ACE comparado con los genotipos II o ID (Guney et al., 2013).

Se ha sugerido hasta la fecha que el éxito en disciplinas de fuerza rápida como el sprint, salto de longitud y salto de altura están asociados con el genotipo ACE DD; por otra parte, individuos genotipo ACE II tienen una menor concentración de la enzima convertidora de angiotensina en suero y han tenido mayor éxito en disciplinas relacionadas a la resistencia como carrera de media y larga distancia (Amir et al., 2007; Puthuchearry et al., 2011; Voroshin & Astratenkova, 2008).

Las predisposiciones internalizadas en el genotipo se manifiestan en el fenotipo (Breitbach et al., 2014), la composición corporal es reconocida como un determinante del rendimiento deportivo, la aplicación de modelos, métodos, técnicas y su constante desarrollo ha permitido analizar la composición detallada del cuerpo y su organización a diferentes niveles, como por ejemplo a niveles moleculares, celulares, de tejido y cuerpo completo (Silva, 2018).

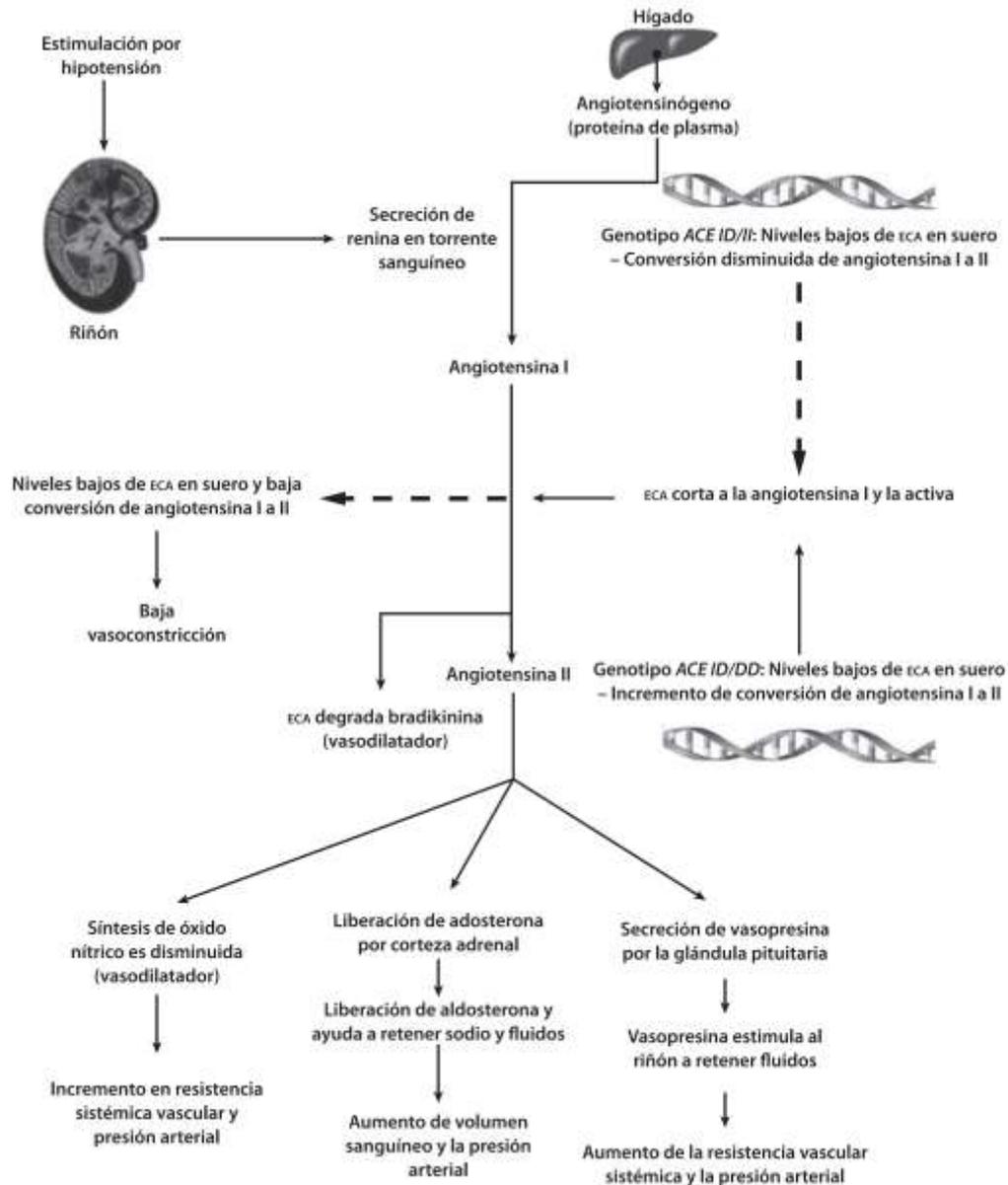
### 1.2.1 Enzima convertidora de angiotensina (ACE)

La enzima convertidora de angiotensina (ACE) por sus siglas en inglés, es regulador importante de las funciones relacionadas con la circulación y los sistemas vasculares endoteliales, se ha utilizado para estudiar una condición genética o gen; esta enzima se encuentra ligada a membranas o circula en distintos fluidos corporales. La angiotensina II es un potente agente vasoconstrictor, lo que provoca que se eleve la resistencia vascular periférica y, por ende, aumente la tensión arterial. Actúa de forma específicas sobre las arteriolas, aunque también actúa sobre las vénulas.

En las glándulas suprarrenales, la angiotensina II estimula la secreción de la hormona aldosterona, que trabaja en el contexto renal, produciendo una reabsorción de sodio y agua y promoviendo la excreción de potasio, lo que provoca aumento de la presión arterial.

Esta enzima es codificada por el gen ACE, localizado en el cromosoma 17, e incluye tres genotipos distintos: el DD homocigoto, el ID heterocigoto y el genotipo II homocigoto; este último es responsable de producir altos niveles de la enzima convertidora de angiotensina en el plasma, así como de la conversión de angiotensina II, que actúa como un potente regulador de la estabilidad de las funciones vasculares (Figura 1).

Figura 1. Sistema renina angiotensina y su relación en la tensión arterial de los genotipos del gen ACE mediante los mecanismos de interacción con las funciones de la ACE (enzima convertidora de angiotensina). Modificado de Mayne (2006).



ACE es la enzima encargada de transformar la angiotensina I en angiotensina II; de manera que, activa la vasoconstricción, reabsorción del sodio y producción de aldosterona. La angiotensina II además inhibe las quininas, que interfieren en los factores del crecimiento. Por otro lado, el gen ACE modula la hipertrofia en distintos tejidos músculo esquelético entre ellos (Erskine et al., 2014; Folland et al., 2000).

### **1.2.2 Rendimiento físico y su relación con la enzima convertidora de angiotensina (ACE)**

El rendimiento físico humano está influenciado por múltiples factores tanto ambientales como genéticos, existe una fuerte vinculación entre algunas variantes génicas entre ellas la variación en la estructura del gen de la enzima convertidora de Angiotensina (*ACE*) que ha sido ampliamente estudiada para explicar el rendimiento físico en características de resistencia y velocidad.

Por otra parte, el rendimiento físico de los atletas en proceso se basa en la evaluación de un conjunto de características complejas, definidas como fundamentales para la mejora y la eficiencia de los programas de entrenamiento en la búsqueda de un mejor desempeño en competencias. Dichas características se enfocan en diagnósticos fisiológicos, psicológicos, métodos antropométricos y cualidades físicas (Sánchez et al., 2009).

El rendimiento físico de los atletas de élite está influenciada por factores ambientales y genéticos. Estos últimos explicarían, en parte, la variación interindividual ya que se ha demostrado que están fuertemente asociadas con mejoras en el rendimiento físico o la respuesta al entrenamiento, lo que lleva a un cambio de hasta el 66 % en el rendimiento (Eynon et al., 2011).

En un estudio realizado por De Moor et al. (2007) se estableció que la heredabilidad del estatus atlético es estimada aproximadamente en un 66%.

Son muchos los estudios que han analizado la heredabilidad de una determinada característica fenotípica o de ciertos parámetros de la condición física (Bouchard et al., 1997; Ruiz, 1999; Magallanes, 2011), con el propósito de determinar la probabilidad de ser heredados que presentan ciertos rasgos determinantes en el ámbito del rendimiento deportivo (Tabla 4).

Tabla 4.

Nivel de herencia de diferentes parámetros funcionales y condicionales. Adaptación de García et al. (2003, p. 115).

Variables	Parámetro Heredabilidad	Autor del estudio
Consumo máximo de O <sub>2</sub>	93%	Klissouras (1971)
	79%	Shawartz (1972)
	77%	Venerando (1973)
	73%	Sergiando (1975)
Productividad aeróbica	70-80%	Platonov & Fesenko (1984)
Producción lactato	81%	Klissouras (1976)
Productividad anaeróbica	70-80%	Platonov & Fesenko (1984) Svart (1972);
	90-99%	Margaria (1973)
Frecuencia cardíaca máxima	86-97%	Klissouras (1976)
Endomorfia	69%	Kovar (1980)
Mesomorfia	88%	Kovar (1980)
Ectomorfia	87%	Kovar (1980)
Tiempo reacción simple	70-80%	Platonov & Fesenko (1984)
Fuerza máxima estática	50-60%	Platonov & Fesenko (1984)
Flexibilidad	91%	Sergienko (1975)
Coordinación	40-50%	Platonov & Fesenko (1984)

En un estudio realizado por la Associated with Human Muscle Size and Strength se describen los principales genes que se asocian con la fuerza y el crecimiento muscular, se destaca 17 genes (Tabla 5) (Pescatello et al., 2013). Sin embargo, se mencionó que una mayor

hipertrofia no se le puede atribuir a un solo gen. Sino que se trata de una combinación de ellos, sin olvidar el papel que ejercen los factores ambientales (Kambouris et al., 2014).

*Tabla 5.*

Genes relacionados con fuerza y crecimiento muscular. Modificado por Pescatello et al. (2013).

<b>GEN</b>	<b>NOMBRE</b>
<i>ACE</i>	<i>Angiotin I converting enzyme</i>
<i>ACTN3</i>	<i>Actinina, alpha 3</i>
<i>ANKRD6</i>	<i>Ankyrin repeat domain 6</i>
<i>BMP2</i>	<i>Bone morphogenetic protein 2</i>
<i>CCL2</i>	<i>Chemokine (C-C motif) ligand 2</i>
<i>CCR2</i>	<i>Chemokine (C-C motif) receptor 2</i>
<i>CNTF</i>	<i>Ciliary neurotrophic factor</i>
<i>FST</i>	<i>Follistatin</i>
<i>GDF8/MSTN</i>	<i>Growth diferentation factor 8/myostain</i>
<i>IGF-1</i>	<i>Insulin-like growth factor- 1</i>
<i>IL15</i>	<i>Interleukin 15</i>
<i>IL15Ra</i>	<i>Interleukin 15 receptor, alpha</i>
<i>LEP</i>	<i>Leptin</i>
<i>LEPR</i>	<i>Leptin receptor</i>
<i>NOS3</i>	<i>Nitric oxide sintentasa 3</i>
<i>RETN</i>	<i>Resistin</i>
<i>SPP1</i>	<i>Osteopontin or secreted phosphoprotein 1</i>

La Tabla 6 muestra los principales genes asociados a diferentes aspectos relacionados con el rendimiento deportivo y que se relacionan con las características en las pruebas del atletismo.

*Tabla 6.*

Principales genes asociados con el deporte. Modificada de Lippi (2010).

Función	Gen
Resistencia	P P A R $\gamma$
	Factores respiratorios nucleares (N R F 2)
	P G C -1alfa
	H I F -1alfa
	E P A S-1 y H I F -2alfa
	Hemoglobina
	Sintasa glucógena del músculo esquelético (G Y S 1)
	A D R B 2
	C H R M 2
	V E G F
Muscular	C K -M M
	A C T N 3
	M L C K
	A C E
	A M P D 1
	I G F -1
Tendones	Grupo sanguíneo
	A B O
	C O L 1A1 y C O L S A 1
	T N C
Psicológica	Gen transportador de serotonina (S H T T)
	B D N F
	U C P 2

Se ha estudiado en las poblaciones de todo el mundo debido a su papel central en el funcionamiento general del cuerpo humano en relación con la circulación. La importancia del gen ACE ha llevado a los investigadores a examinar sus efectos en los deportistas de elite y determinar si las variantes polimórficas del gen a ACE están ligadas con la resistencia y el rendimiento del deportista. Durante el periodo de la posgenómica se han asociado características genéticas que han demostrado la fiabilidad de marcadores moleculares genéticos para pronóstico de rendimiento físico humano (Ahmetov, et al., 2008).

### **1.2.3 Polimorfismos genéticos en el gen ACE**

Los polimorfismos genéticos son variaciones en determinados lugares de una secuencia que permite tener diferentes alelos de un gen, estos polimorfismos actúan como mediadores potenciales de la fisiología y salud humana. En cuanto al rendimiento y actividad física, éstos son blancos para asociar dichas variantes con la respuesta al ejercicio y así poder extrapolar al área de la salud, en donde muchos grupos de investigación están enfocados en el papel de la predisposición genética para entender el rendimiento y resistencia en el área de deporte. Hay alrededor de 170 variantes de secuencias de genes, 17 marcadores mitocondriales de DNA y 25 marcadores genéticos nucleares adicionales en el mapa del genoma humano los cuales están relacionados a fenotipos de rendimiento físico, así como al buen estatus físico (Rankinen et al., 2006).

En las últimas tres décadas, se han asociado múltiples polimorfismos genéticos a una ventaja en el rendimiento atlético (Vedyakov & Tonevitskii, 2006). Uno de los primeros y ampliamente estudiados es el polimorfismo inserción/delección (I/D) del gen de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) llamada por sus siglas en inglés como Angiotensin Converting Enzyme (ACE), debido a su importancia en la regulación del volumen sanguíneo, la

presión arterial, la función vascular y cardíaca, todas condiciones que influyen en el rendimiento físico.

La enzima es codificada por el gen ACE localizado en el cromosoma 17 e incluye 3 genotipos distintos el DD homocigoto, ID Heterocigoto y el genotipo II Homocigoto, este último es responsable de producir altos niveles de la enzima convertidora de angiotensina en plasma, así como de aumentar la conversión de angiotensina II que actúa como un potente regulador de la estabilidad de las funciones vasculares (Mayne, 2006).

El alelo I, el cual presenta una inserción de 287pb, está asociado con una menor cantidad en suero y tejido de actividad de ACE y se ha asociado a un mejor rendimiento en los deportes de resistencia. La variante D, está asociada con una mayor circulación y actividad en tejido de la enzima ACE, y se ha asociado a un rendimiento mejor en los deportes que requieren movimientos de potencia cortos, y deportes que involucran carreras (Ma et al., 2013).

En un estudio realizado en el 2001 en atletas rusos relacionaron la frecuencia del alelo DD del gen ACE en velocistas en un 35% y al alelo II en los atletas de media distancia y fondo en un 65%, por otra parte, en esta misma investigación encontraron una alta frecuencia con el alelo DD en atletas de pista y campo resaltando este polimorfismo en las disciplinas de corta distancia y velocidad. Concluyendo que el genotipo II predispone a un incremento en la resistencia brindando una homeostasis vascular y desarrollo anaerobio y aerobio, el genotipo DD brinda incremento en las condiciones vasculares y predisposición al desarrollo de velocidad de fuerza (Nazarov et al., 2001).

En otra investigación se relacionó al gen ACE y su alelo II en corredores de Kenya de 3000-10000m encontrando en alta frecuencia este genotipo y relacionándolo a resistencia en carreras de fondo (Scott et al., 2005). De igual manera Moran et al., en el 2004 encontraron con mayor frecuencia el alelo II representando un 43% en corredores de larga distancia de Etiopia.

Los hallazgos encontrados recientemente por David Vaughan et al. (2013) indican que el alelo ACE I modula la capilaridad de suplementos que afectan los ajustes en el metabolismo lipídico mitocondrial dentro del musculo esquelético después de un ejercicio intenso. El alelo ACE I modula la expresión de genes metabólicos y a eso se debe su parcial explicación de la respuesta positiva en cuanto a resistencia en el entrenamiento atlético.

Las acciones de la Ang II que influirían en el desempeño físico estarían dadas por la redistribución del flujo sanguíneo desde las fibras tipo I a las fibras tipo II. Según (Rattigan et al., 1996).

El alelo D se ha asociado a un aumento en la fuerza e hipertrofia muscular durante entrenamiento de fuerza (Colakoglu, 2005; Folland, 2000), mientras que el alelo I a mejoras en la fuerza muscular post entrenamiento. Por lo que se ha propuesto una asociación entre el polimorfismo I/D del gen de la ACE y una mejora en fuerza y la respuesta muscular post entrenamiento.

Algunos autores (Costa et al., 2009) reportan una asociación entre el alelo D y la fuerza muscular al analizar un grupo de atletas portugueses de alto rendimiento para ambos sexos y distintas disciplinas, sometidos a pruebas de fuerza prensil y altura máxima de salto y analizados por un modelo de alelo dominante D (DD / ID vs II).

Dentro de los posibles mecanismos relacionados a la ventaja dada por el polimorfismo I/D del gen de la ACE, existiría una mejora en el consumo máximo de oxígeno (Almeida et al., 2012) sin embargo, existen reportes contradictorios respecto a cuál es el genotipo que proporcionaría una mejora en el  $VO_2$  máx (Hagberg et al., 1998).

Se asocia que los individuos con un genotipo DD tienen más proporción de fibras tipo IIX y menos de tipo I. Aumentado la masa muscular y el porcentaje de fibras rápidas (Eynon et al., 2013).

En un estudio se reveló una tendencia lineal de aumento del alelo I frecuencia con la distancia recorrida con grupos de  $\leq 200$  m (predominantemente anaeróbico), 400-3.000 m (mezcla de aeróbico y anaeróbico), y  $\geq 5.000$  m (predominantemente aeróbico); véase en la Tabla 7. La proporción de alelos I aumentó de 0.35 a 0.53 y 0.62 para esos atletas corriendo  $\leq 200$  m ( $n = 20$ ), 400-3.000 m ( $n = 37$ ), y  $\geq 5.000$  m ( $n = 34$ ), respectivamente ( $p = 0.009$  para lineal tendencia. Esta asociación se mantuvo cuando en 13 los corredores que compitieron en eventos de vallas fueron excluidos (las proporciones de alelos fueron 0.32, 0.62 y 0.62 para  $n = 14, 30$  y  $34$  respectivamente, para la distancia de tres grupos; ( $p = 0,020$  para la tendencia lineal). Cuando se analiza con una prueba convencional  $\chi^2$ , los números observados tanto de genotipos como de alelos en cada fueron significativamente diferentes de los valores esperados ( $p = 0.019$  y  $0.012$  para genotipos y alelos, respectivamente). Esto se debió a un sesgo hacia el alelo I en el grupo de  $\geq 5.000$  m y una inclinación opuesta hacia el alelo D en el grupo de los  $\leq 200$  m.

*Tabla 7.*

Frecuencia relativa del alelo I de 91 corredores de nivel olímpico y de 79 caucásicos.

Distancia de la carrera	<i>n</i>	<u>ACE Genotipo</u>			Frecuencia de alelo I (95% límites de confianza)
		DD	ID	II	
Todos los corredores					
$\leq 200$ m	20	0.45	0.40	0.15	0.35* (0.20–0.50)
400–3,000 m	37	0.19	0.57	0.24	0.53* (0.41–0.64)
$\geq 5,000$ m	34	0.18	0.41	0.41	0.62* (0.50–0.73)
Todas las distancias	91	0.24	0.47	0.29	0.52 (0.45–0.59)
Caucásicos					

≤200 m	13	0.31	0.46	0.23	0.46† (0.27–0.65)
400–3,000 m	32	0.16	0.56	0.28	0.56† (0.44–0.69)
≥5,000 m	34	0.18	0.41	0.41	0.62† (0.50–0.73)
Todas las distancias	79	0.19	0.48	0.33	0.57 (0.49–0.65)

*n*, No. de sujetos. ACE, enzima convertidora de angiotensina; I y D, inserción y delección, respectivamente. Para todos los corredores, el pariente I alelo la frecuencia en los controles fue de 0.49. Sólo para los caucásicos, en general, alelo la frecuencia fue de 0.57 frente a 0.49 para los controles ( $p = 0.039$ ). \* $p = 0.009$  y † $P = 0.180$  para la tendencia lineal (Myerson, 1999).

El alelo I del gen ACE puede por lo tanto estar asociado con un mejor rendimiento de resistencia, y tal el efecto podría influir en la destreza deportiva general. Nosotros por lo tanto examinó la distribución del genotipo y el alelo I frecuencia entre los potenciales olímpicos involucrados en otras actividades deportivas. La frecuencia del alelo I en otros el deporte en su conjunto no era diferente del de los controles (0.50 contra 0.49;  $p = 0,526$ ). Los deportes individuales no muestran cualquier exceso significativo del alelo I (Tabla 8). Sin embargo, hay que tener cuidado, ya que las limitaciones en el tamaño de la muestra impuesto por la naturaleza de élite de los atletas a ser estudiados reduce el número de atletas representados en cada una de las 19 disciplinas deportivas y limita las conclusiones que se pueden sacar. En particular, puede haber deportes en los que la resistencia es un determinante importante pero no primordial del éxito. En estos, cualquier efecto del alelo I puede estar enmascarado en un tan pequeño grupo. Sin embargo, es interesante notar el exceso del alelo D en los nadadores (frecuencia del alelo D = 0.60 y 0.51 para nadadores y controles, respectivamente;  $p = 0.034$ ). La mayoría de los eventos de natación se realizan en 2 min, y por lo tanto poder, en lugar de pura resistencia características, puede jugar un papel clave (R. Godfrey, Jefe Fisiólogo, Centro

Médico Olímpico Británico, personal comunicación). La sugerencia de un posible efecto ventajoso del alelo D en los deportes de poder se apoya por la presencia de un exceso de frecuencia del alelo D en los velocistas comparados con los controles y la resistencia de élite corredores (D alelan la frecuencia = 0.62 en los que corren  $\leq 200$  m). El ANG II es un factor de crecimiento celular reconocido (2), y los niveles más altos asociados con el alelo D podría explicar en parte este efecto postulado a través de un aumento en el tamaño de la fibra de los miocitos.

*Tabla 8.*

Distribución del genotipo ACE y frecuencia de alelos I para 414 atletas de nivel olímpicos (Myerson et al., 1999).

Deporte	ACE Genotipo (frecuencia relativa)					Frecuencia Alelo I	
	<i>n</i>	DD	ID	II	<i>P</i>		<i>P</i>
Disco, martillo, jabalina	12	0.25	0.50	0.25	1	0.50	1
Salto alto, largo y triple	9	0	1.00	0	0.027*	0.50	1
Salto con pértiga	7	0.14	0.86	0	0.147	0.43	0.593
Lanzamiento de peso	7	0.14	0.71	0.14	0.535	0.50	1
Triatlón	10	0.20	0.60	0.20	0.766	0.50	1
Piragüismo	28	0.25	0.54	0.21	0.898	0.48	1
Buceo, gimnasia	23	0.17	0.52	0.30	0.659	0.57	0.376
Hockey	53	0.25	0.47	0.28	0.768	0.52	0.560
Hockey sobre hielo	34	0.26	0.50	0.24	1	0.49	1
Patínaje artístico	13	0.15	0.69	0.15	0.538	0.50	1
Patínaje de velocidad	12	0.25	0.50	0.25	1	0.50	1
Judo, tae kwon do	20	0.20	0.40	0.40	0.301	0.60	0.206

Remo	61	0.20	0.52	0.28	0.522	0.54	0.277
Esquí	12	0.17	0.33	0.50	0.135	0.67	0.102
Nadadores	64	0.39	0.42	0.19	0.076	0.40	0.034*
1.500 m de natación	4	0.25	0.25	0.50	0.472	0.63	0.480
Levantamiento de pesas	12	0.17	0.50	0.33	0.717	0.58	0.414
Lucha libre	6	0.50	0.50	0.00	0.472	0.25	0.083
Total	404	0.24	0.52	0.24	0.650	0.50	0.526

\* $p < .05$  level

#### 1.2.4 El gen ACTN3.

El gen ACTN3 se ha estudiado ampliamente con resultados consistentes para el polimorfismo R557X del ACTN3 y su relación con el rendimiento físico, estos hallazgos científicos han sido confirmados por estudios de múltiples grupos de atletas (Eynon et al., 2013).

El gen ACTN3 ( $\alpha$ -actinina-3) pertenece a un grupo de genes que influyen en el desarrollo muscular. Se encuentra en el brazo largo del cromosoma 11 (11q23). Esta proteína se llama alfa-actinina-3 y su función principal es contraer los músculos. Se encuentra en las fibras de contracción rápida tipo 2 y produce una gran contractilidad, lo que es especialmente importante en los deportes en los que se produce velocidad y fuerza muscular extrema (Niemi & Majamaa, 2005; Ferrero et al., 2011; Yang et al., 2003).

Las actinas humanas sarcoméricas  $\alpha$  (ACTN2 y ACTN3) son los principales componentes estructurales de la línea Z en el músculo esquelético; juegan un papel en el mantenimiento de la integridad sarcomérica y también interactúan con una amplia variedad de

proteínas estructurales, de señalización y metabólicas. La expresión del ACTN3 está restringida a las fibras de tipo 2 (glicolíticas rápidas) que son responsables de una fuerte contracción a alta velocidad.

Las líneas Z son bandas densas de electrones que corren perpendiculares a las miofibrillas y anclar los filamentos finos. Las  $\alpha$ -actininas son una importante componente estructural de la línea Z en el músculo esquelético (Figura 2).

Figura 2. Localización y estructura del dominio de las alfombras sarcásticas  $\alpha$ -actinas.

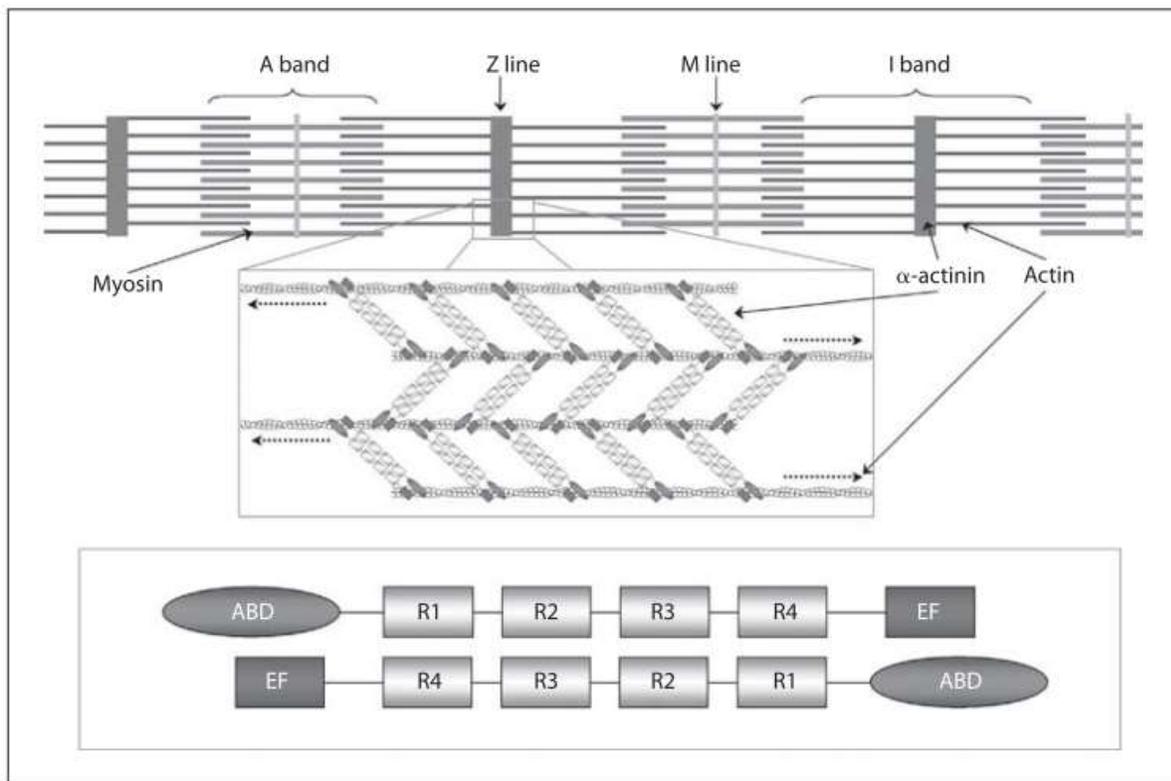


Figura 2. Las alfombras de  $\alpha$  son que se encuentran en la línea Z, donde anclan los filamentos finos que contienen actina de los sarcómeros adyacentes. Los dímeros antiparalelos

de los filamentos de actina de enlace cruzado de  $\alpha$ -actinina y los estabilizan contra la fuerza generada por el aparato contráctil (inserción superior; las flechas punteadas indican la dirección de la fuerza). La inserción inferior ilustra la estructura de dominio de las  $\alpha$ -actinas y su alineación antiparalela en forma dimérica. ABD = dominio de unión de actina; R1-4 = repeticiones similares a la espectrina 1-4; EF = región de la mano EF. Adaptado de MacArthur y North, 2004.

### **1.2.5 Rendimiento físico y su relación con el gen ACTN3**

Los polimorfismos del gen ACTN3, se han reportado en diversas investigaciones el genotipo RR o RX domina la potencia y la velocidad en atletas de élite (Bell et al.; Chiu et al., 2011; Erskine et al., 2014). Por su parte, Kothari et al. (2011) investigaron la frecuencia de los polimorfismos de ACTN3 y su relación con el rendimiento deportivo nacional e internacional en la comunidad indo asiática (150 atletas y 155 controles). Se concluyó que el alelo R está fuertemente relacionado con la potencia. Mikami et al. (2014) realizaron un estudio en atletas de pista y campo. El estudio incluyó a 299 atletas participaron en el estudio y no encontraron asociación entre el genotipo XX y la resistencia. Sin embargo, encontró una relación entre el alelo R (RR/RX) con el rendimiento de potencia y velocidad, especialmente en los 100 m planos. Eynon et al. (2012) estudiaron a 633 atletas, 278 de resistencia, 355 de fuerza y un grupo control de 808 individuos, se observó una tendencia favorable hacia actividades de resistencia al genotipo XX. En atletas griegos de potencia y resistencia, se observó que en comparación con el grupo control, que los corredores presentaron menor frecuencia del genotipo XX y mayor frecuencia del RR, además de una tendencia no significativa de mayor frecuencia del genotipo XX en el grupo de resistencia (Papadimitriou et al., 2008). En otra investigación en atletas finlandeses (141 atletas y 1060 controles), se encontró que el genotipo XX era menos común en los deportistas de velocidad (Niemi & Majamaa, 2005).

### 1.2.6 Polimorfismos genéticos en el gen ACTN3

Estudios previos han demostrado que el genotipo XX se subestima en los atletas de potencia en comparación con los atletas de control y resistencia. (Druzhevskaya et al., 2008; Eynon et al., 2009; Niemi & Majamaa, 2005; Papadimitriou et al., 2008; Roth et al., 2008; Yang et al., 2003; Yang et al., 2007).

En la Figura 3, se muestra la frecuencia del genotipo R577X en controles y atletas de élite de sprint y resistencia. La frecuencia del 577XX (>deficiencia de actinina-3Y) es significativamente menor en el grupo de atletas de potencia total (6%) que en los controles (18%) y significativamente mayor en las mujeres atletas de resistencia (29%) que en los controles femeninos. Los grupos de atletas olímpicos de potencia y de mujeres de potencia no tienen 577XX individuos. Adaptado de Yang et al. (2007).

Figura 3. Frecuencias de los tres genotipos de ACTN3 R577X en controles y atletas de élite.

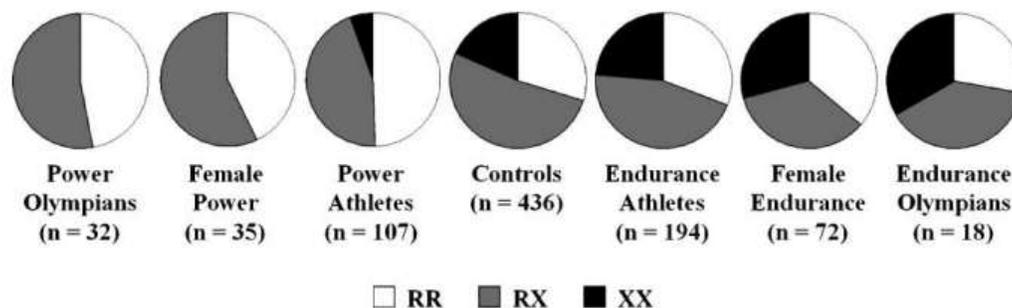


Figura 3. La muestra se muestra el tamaño de cada grupo. Las mujeres y hombres atletas que han competido a nivel olímpico son se muestran como grupos separados para los atletas de fuerza y resistencia. Diferencias significativas en se vieron frecuencias de genotipo entre los controles y los atletas de potencia total ( $p < 0,0001$ ), mujeres atletas de potencia ( $p < 0,05$ ), olímpicos de potencia ( $p < 0,01$ ) y atletas de resistencia femenina ( $p < 0,05$ ;  $\chi^2$  prueba de homogeneidad de las frecuencias de genotipo entre grupos). Adaptado de Yang et al. (2007).

### **1.2.7 Antecedentes de estudios relacionados con los factores genéticos en el rendimiento físico**

Se han llevado a cabo estudios donde se analizan los polimorfismos del gen de la enzima convertidora de angiotensina (ACE) y el gen ACTN3 para conocer el perfil genético y su relación con la resistencia y la velocidad, también sobre la Influencia genética en el rendimiento atlético en atletas de pista y campo; también en otros deportes como el fútbol americano, tenis, natación, voleibol entre otros.

Existe una variedad amplia de genes que se han asociado a desempeño físico en atletas de alto rendimiento. El gen (ACE), está ampliamente estudiado y juega un papel esencial en el sistema fisiológico del humano. El gen (ACE) presenta un polimorfismo muy común (Inserción / Delección) el cual ha sido asociado con el rendimiento en base a resistencia y potencia en atletas. Existen dos alelos; el alelo I ha sido asociado a atletas competidores de eventos de gran resistencia como los triatlones, mientras que el alelo D se encuentra asociado a atletas de fuerza y poder, y ha sido encontrado en su mayoría en nadadores de elite. En este trabajo se pretendió encontrar la asociación de este gen con atletas en base a un grupo control de 40 estudiantes en un intento por determinar la importancia de este gen y sus polimorfismos en el desempeño de los atletas y demostrar que el genotipo es una característica muy importante para determinar potenciales atletas y cómo en base a este tipo de estudios es posible la creación de un plan de entrenamiento más eficiente para cada individuo en específico. Tanto el grupo control como los atletas fueron divididos por género, verá reflejado en sus resultados; mientras que en atletas con genotipo II estos valores aumentan en casi un 100%. Para una mejor comparación entre genotipos y resultados físicos es necesario el análisis de únicamente muestras de individuos que presenten actividad física de manera regular, para determinar realmente la actividad del gen sobre el desempeño físico de los atletas (Ochoa et al., 2014).

Por su parte, Quijada (2016) realiza una revisión bibliográfica para señalar la importancia de la genética en el entrenamiento en el proceso de formación de los deportistas de élite. Los materiales utilizados son publicaciones en el campo de la medicina y el entrenamiento deportivo publicadas en los últimos 22 años (1993-2015). El resultado de este trabajo es un análisis extenso del tema que proporciona al lector conocimientos fundamentales sobre el tema. Examinar una muestra del desarrollo de la carrera de un atleta y su capacidad para participar en deportes depende de factores muy importantes: la genética y el entrenamiento atlético que realiza. Sin embargo, no se debe subestimar la influencia de los factores ambientales, nutricionales y psicológicos en el desarrollo de atletas exitosos.

En una revisión, Ahmetov y Fedotovskaya (2015) mencionan que el alelo D está asociado con mayor fuerza y mayor masa muscular. Con una proporción creciente de fibras tipo II.

En otro estudio, Valadez-Lira et al. (2017) mencionaron que con el conocimiento de genes que predisponen al alto desempeño deportivo se ha propuesto la biología molecular como herramienta aplicada al deporte. Esta investigación analizó polimorfismos del gen (ACE), relacionado con la resistencia, en atletas nacionales de pista y campo. Los polimorfismos asociados con resistencia/velocidad se analizaron en DNA mediante la técnica de PCR, usando oligonucleótidos específicos para el gen (ACE). Los resultados indicaron una relación de mayor frecuencia en las variantes genéticas DD en velocistas; asimismo, como punto de partida para emplear un conjunto multidisciplinario en el diseño de entrenamientos para el atletismo mexicano de alto rendimiento con el fin de favorecer al máximo sus cualidades genéticas y físicas.

En otro estudio, Amir et al. (2007) dicen que un polimorfismo de inserción (I) / deleción (D) de Alu en el gen de la enzima convertidora de angiotensina I (ACE) se ha asociado con la actividad de la ACE. Se han propuesto efectos opuestos sobre el rendimiento atlético de élite

para los alelos I y D; mientras que el alelo D favorece una capacidad de resistencia mejorada, el alelo I promueve eventos más orientados hacia el poder. Probamos esta hipótesis al determinar la frecuencia de los alelos de ACE ID entre 121 atletas israelíes de élite clasificados por su disciplina deportiva (corredores de maratón o velocistas). La genotipificación de la ID de ACE se realizó mediante la reacción en cadena de la polimerasa en el ADN de los leucocitos. El genotipo de la ACE y las frecuencias alélicas se compararon con las de 247 individuos sanos. Las frecuencias alélicas y genotípicas diferían significativamente entre los grupos. La frecuencia del alelo D fue de 0,77 en los corredores de maratón, 0.66 en los sujetos control ( $P = 0.01$ ) y 0.57 en los velocistas ( $P = 0.002$ ). El genotipo ACE DD fue más frecuente entre los atletas de resistencia (0,62) que entre los sujetos de control (0,43,  $P = 0,004$ ) y los atletas de potencia (0,34,  $P = 0,004$ ). En el grupo de atletas de élite, la proporción de probabilidades de que el genotipo ACE DD sea un atleta de resistencia fue de 3.26 (intervalo de confianza del 95%, 1.49-7.11), y del genotipo ACE II fue de 0.41 (intervalo de confianza del 95%, 0.14-1.19). se concluye que en los corredores de maratón de élite israelíes la frecuencia del alelo ACE D y el genotipo ACE DD parece ser mayor que en los velocistas, lo que sugiere una asociación positiva entre el alelo D y la probabilidad de ser un atleta de resistencia de élite en algunos grupos étnicos.

En otro estudio, se analizó literatura disponible en relación al polimorfismo ID del gen ACE y su relación con rendimiento físico. Como método de búsqueda se utilizaron las bases de datos de PubMed, ScienceDirect, Ebsco, Springerlike. Período seleccionado desde mayo 1998 a junio 2014. Selección de artículos: Los artículos seleccionados describieron el grado de correlación positiva o negativa entre polimorfismos ID en el gen ACE y rendimiento físico, además de los posibles mecanismos involucrados. Los resultados sugieren que varios estudios relacionan el alelo I con la resistencia cardiorrespiratoria y el alelo D con deportes de fuerza y potencia. Sin embargo, existe desacuerdo con quienes expresan la asociación en sentido

contrario o con quienes no encuentran asociación. El mecanismo exacto que explica el predominio de esta variación genética aún no se comprende por completo y se supone que se trataría de una mejora en el VO<sub>2</sub>máx, hipertrofia ventricular o un cambio en la proporción de fibras musculares. Las diferencias en raza, tamaños de muestra pequeños o calificaciones para disciplinas de ejercicio específicas y/o estilos de vida sedentarios pueden influir en la variabilidad de los resultados obtenidos en todo el mundo. Se encontró que la asociación del polimorfismo de ID con un mejor rendimiento físico depende de la población de estudio a nivel mundial (Muñoz, 2013).

En otro estudio, el alelo de delección (D) del gen de la ACE humana está asociado con una mayor actividad de la ACE que el alelo de inserción (I). Existe controversia sobre si el genotipo de ACE puede estar asociado con el estado atlético de élite; estudios recientes no han identificado asociaciones significativas entre los que provienen de disciplinas deportivas mixtas. Sin embargo, tal falta de asociación puede reflejar la naturaleza mixta de tales cohortes, dado que se ha informado un exceso de frecuencia del alelo I entre los atletas de resistencia de élite, y un exceso del alelo D entre los que participan en deportes más orientados hacia el poder. Se examinaron esta hipótesis determinando la frecuencia del alelo ACE I/D entre 217 atletas rusos (nadadores, esquiadores, triatletas y participantes de pista y campo) estratificados prospectivamente por rendimiento ("sobresaliente" o "promedio"). y la duración de su evento (SDA (20 min): atletas de corta, media y larga distancia respectivamente). El genotipo de ACE y las frecuencias alélicas se compararon con 449 controles. La frecuencia del genotipo ACE entre toda la cohorte, o solo los atletas destacados, no fue diferente a la de los controles sedentarios. Sin embargo, hubo un exceso del alelo D (frecuencia 0.72, P = 0.001) entre el grupo de SDA pendiente, y un exceso del alelo I (frecuencia 0.63, P = 0.032) entre el grupo de MDA pendiente. Estos hallazgos se replicaron en los nadadores destacados, con SDA en pista y campo que demostró de manera similar un exceso del alelo D (P = 0.01). No se encontró

asociación entre el sobresaliente LDA y el genotipo ACE ( $P = 0.27$ ). Estos datos no solo confirman un exceso del alelo D en elite SDA, y el alelo I en elite MDA (Nazarov et al., 2001).

En otro estudio, la enzima convertidora de angiotensina (ACE) se asocia con el desarrollo de hipertrofia cardíaca y mejora de la condición física. Se investigó la relación entre el polimorfismo de inserción / eliminación (I/D) del gen ACE y la adaptación al entrenamiento deportivo. El método: en el estudio incluyó a 299 atletas de élite españoles (193 hombres y 106 mujeres) de 32 disciplinas deportivas diferentes, que se agruparon según sus componentes estáticos y dinámicos. Todos los participantes se sometieron a análisis de composición corporal, ecocardiografía Doppler en reposo y ergospirometría. Su genotipo ACE se determinó utilizando la reacción en cadena de la polimerasa. Los resultados muestran que el genotipo más común en hombres y mujeres fue el heterocigoto de inserción-delección (ID) (57.5% y 54.7%, respectivamente), seguido del homocigoto DD (30.6% y 34.9%), y el homocigoto II (11.9% y 10.4%). Se observó diferencias en la adaptación cardíaca morfométrica y funcional entre las diferentes disciplinas deportivas, pero no hubo una relación estadísticamente significativa con el polimorfismo ACE I/D. Además, cuando se compararon atletas con diferentes genotipos, las únicas diferencias observadas fueron entre los grupos DD e ID en atletas femeninas, que diferían en el índice de masa corporal y la dimensión auricular longitudinal. Se concluyó que el polimorfismo I/D de la ACE no parece influir en la adaptación cardiovascular en respuesta al entrenamiento. Sin embargo, el genotipo ID fue el más común, probablemente debido a que la muestra estaba sesgada porque estaba formada por atletas de élite (Boraita et al., 2010).

Estudios más recientes, investigan la asociación entre las variantes de los genes ACTN3 R577X y ACE I/D y el rendimiento de la elite sprint / power de élite se han visto limitados por subgrupos de dominios mixtos y no proporcionan medidas cuantitativas de rendimiento. El objetivo fue investigar la relación entre estas variaciones y el tiempo de carrera

de los deportistas de élite. Este método recogió un total de 555 caracteres de los mejores 100, 200 y 400m de 346 velocistas de élite en un nutrido grupo de velocistas de élite caucasicos o africanos de 10 países diferentes. El genotipado de las variantes ACTN3 R577X y ACE ID se realizó en velocistas. Los resultados en promedio, los velocistas caucásicos masculinos con el genotipo ACTN3 577RR o el genotipo ACE DD tuvieron el mejor tiempo de aceleración de 200 m más rápido que sus 577XX ( $21.19 \pm 0.53$  s frente a  $21.86 \pm 0.54$  s,  $p = 0.016$ ) y ACE II ( $21.33 \pm 0.56$  vs.  $21.93 \pm 0.67$  sec,  $p = 0.004$ ) contrapartes y solo un caso de ACE II, y ningún caso de ACTN3 577XX, tuvo un tiempo de 200 m más rápido que los Juegos Olímpicos de Londres 2012 (vs. 12 velocistas calificados con 577RR o Genotipo 577RX). Los velocistas caucásicos con el genotipo ACE DD tuvieron el mejor tiempo de aceleración de 400 m más rápido que sus homólogos de ACE II ( $46.94 \pm 1.19$  s vs.  $48.50 \pm 1.07$  s,  $p = 0.003$ ). Usando modelos genéticos, encontramos que el alelo ACTN3 577R y el modelo dominante del alelo ACE D representan 0.92% y 1.48% de la variación del tiempo de sprint, respectivamente. En conclusión, a pesar de que el rendimiento del sprint se basa en muchas variantes genéticas y en el entorno, el porcentaje de variación del tiempo de sprint explicado por ACE y ACTN3 es sustancial a nivel de élite y puede ser la diferencia entre un récord mundial y solo la final (Papadimitriou et al., 2016).

En otro estudio, João et al. (2015) Mencionan que el rendimiento deportivo y las pruebas genéticas juegan un papel fundamental en el estudio del rendimiento deportivo. El objetivo del estudio fue analizar el genotipo y las frecuencias alélicas del polimorfismo R577X de la  $\alpha$ -actinina 3 (ACTN3) y la enzima convertidora de angiotensina (ACE) I/D en un grupo de gimnastas de Brasil y Japón. Se considero una muestra de 73 gimnastas (14 de Japón y 59 de Brasil), todos los sujetos firmaron de consentimiento informado. Para obtener ACTN3 y ACE, se recolectaron muestras de saliva y se genotiparon mediante análisis de cadena de polimerasa en tiempo real a partir del iQ5 Thermal Cycler, BioRad. Los resultados mostraron la presencia

del genotipo RX ACTN3, la frecuencia del alelo R, la frecuencia del genotipo ID ACE y la frecuencia del alelo D en todo el grupo. Se concluye que la dominancia de RX ACTN3, la dominancia del alelo R y la dominancia del genotipo ID en el gen ACE pueden conferir una ventaja genética en la fuerza y potencia muscular, lo que puede contribuir al éxito en el entrenamiento y la competición de gimnasia.

En otro estudio se mencionó que las variables antropométricas y genéticas como determinantes importantes del rendimiento deportivo. El objetivo del estudio fue determinar el somatotipo y la frecuencia de genotipo y alelo del gen (ACTN3) R577X y enzima convertidora de angiotensina (ACE) I/D polimorfismo de jugadores de tenis de mesa chilenos. Método. Se estudiaron 24 tenimesistas varones (edad  $22.1 \pm 5.4$ ) del ranking nacional de Chile. La obtención de ACTN3 y ACE se recogió por muestra la saliva y se analizaron mediante reacción cadena de la polimerasa convencional. La estructura corporal se caracterizó a través del método del somatotipo propuesto por Carter (1980). A partir de estadísticas descriptiva, se analizaron los valores medios de somatotipo, frecuencia de clasificación y ubicación de somatocarta, además, de valores de frecuencia de genotipo y alelo del gen ACTN3 R/X y ACE I/D polimorfismo de acuerdo con número de aparición y porcentaje. Resultados. Se evidenció un predominio de clasificación mesoendomórfica y endomesomórfica, una mayor frecuencia fenotípica XX con predominio de alelo X para el gen ACTN3 y mayor frecuencia ID con predominio de alelo D para ACE. Conclusión. El somatotipo de tenimesistas chilenos tiene una orientación hacia mesoendomorfía y un predominio XX y alelo X del gen ACTN3 y, predominio del genotipo ID y alelo D del gen ACE, rasgos que pueden proporcionar una ventaja genética y la fuerza muscular puede contribuir al entrenamiento y éxito de estos chilenos (Muñoz et al., 2021).

En un estudio de revisión realizado por Castilha et al. (2018) sobre la influencia de los polimorfismos R577X del gen ACTN3, la I/D del gen de la enzima convertidora de angiotensina

(ACE) y los dermatoglifos en la modulación del rendimiento deportivo. El objetivo era caracterizar estos dos genes y su papel en el rendimiento deportivo, que requiere fuerza y potencia muscular. En lo que respecta a los dermatoglifos, este estudio analizó diferentes variables de huellas dactilares y las correlacionó con el rendimiento deportivo. El estudio original incluyó datos de 966 artículos. Sesenta y dos se utilizaron como base para este estudio. Los hallazgos sugieren que la presencia de la isoforma  $\alpha$ -actinina-3 promueve los movimientos de fuerza y potencia, mientras que su ausencia parece favorecer a los atletas de resistencia. En cuanto a la actividad de ACE, los estudios han demostrado que los individuos con el alelo D del gen ACE muestran una mayor predisposición genética a ganar fuerza muscular después de una temporada de entrenamiento de fuerza, lo que puede estar relacionado con la mejora de la adaptación neuronal y la hipertrofia muscular. Cuando se trata de Dermatoglifos, parece ser una herramienta poderosa para comprender las diferencias, los potenciales, las fortalezas y las debilidades individuales en el deporte, así como las limitaciones genéticas que pueden reducir o mejorar el entrenamiento y el rendimiento de los atletas.

A la luz de diversas investigaciones y estudios, podemos afirmar que existen dos elementos clave en la formación de un deportista de élite: primero, el deportista nace – debiendo poseer a nivel genético ciertas características y condiciones–, luego, se hace durante el proceso de entrenamiento deportivo (Gonçalves et al., 2012; Gutiérrez, 2013).

Si bien es probable que “en unas disciplinas se haga más fácilmente” (Padullés et al., 2004), mientras que en otras tendrá una mayor importancia el potencial genético de los deportistas (Tucker & Collins, 2012) por el papel que desempeña en la “determinación de muchas de sus características anatómicas, bioquímicas, fisiológicas y conductuales” (Skinner, 2001).

Una persona es un deportista de élite por el estado actual de su fenotipo complejo, un entrenamiento adecuado, una buena alimentación y descanso, y la capacidad del fenotipo para

adaptarse al entrenamiento, alimentación y descanso por encima (Skinner, 2001). Como argumenta Gómez (2013), estos requisitos están tan íntimamente relacionados que es imposible crear un deportista de élite sin la influencia de todos ellos, numerosas investigaciones de asociación genotipo-fenotipo han puesto de manifiesto que los deportistas de élite presentan unas características genéticas particulares que en presencia de un determinado ambiente derivan en talento.”

### **1.3 Dermatoglifia**

La palabra dermatoglifia se origina del latín, dermo - piel, y del griego glyphia - grabar. Este término fue propuesto por Cummins y Midlo, en abril de 1926 presenta durante la reunión anual de la “Asociación Americana de Anatomía” estudios científicos descriptivos de las crestas papilares de manos y pies, acreditando la Dermatoglifia como una ciencia médica. Recibió clasificación de método en el ramo de la ciencia médica.

La palabra dermatoglifo se debe a Harold Cummins se refiere a las líneas dermopapilares que se dibujan en los pulpejos de los dedos, las palmas de las manos y las plantas de los pies (Midlo & Cummins, 1942). Las formas dermatoglifias expresan un carácter genético, cuya expresión fenotípica intervienen casi en su totalidad a factores hereditarios.

La dermatoglifia, estudia de las impresiones de los patrones formados por las crestas en los pulpejos dactilares de las manos (complejo palmar), dedos (tercera falange) y plantas de los pies (Nishioka et al., 2007), se interpretan como marcadores genéticos y tipos de fibras musculares (Ferrão et al., 2004). Las huellas dermopapilares, son formadas entre el tercer (3) al sexto (6) mes de gestación en el vientre de la madre (Chakraborty, 1991) son inmutables y diversas constituyéndose en un marcador genético (Anton & de Luis, 2004; Dantas, 2012).

La dermatoglia constituye una alternativa para la detección del talento deportivo; que, si bien ha sido poco estudiada, existe evidencia científica de su importancia, aplicación y uso de esta en diferentes contextos como el deportivo. Los primeros en hacer uso de la Dermatoglia fueron los científicos deportivos de Rusia, quienes revelaron las estrategias y métodos utilizados para detectar el talento atlético. A partir de la década de 1960, la Unión Soviética inició una serie de estudios destinados a optimizar el desarrollo físico de los adolescentes como fuente de información genética que podría determinar el potencial físico y de desarrollo del sujeto adolescente (Avella & Medellin, 2013).

El rendimiento deportivo de una persona está determinado en gran medida por los genes, lo que se refleja principalmente en los deportes (Sergienko, 1992; 2004; Shvaps & Jrutshv, 1984). El papel importante de los genes es natural, ya que cada gen determina la síntesis de proteínas, dirige todas las reacciones químicas del organismo y determina sus características. Las propiedades únicas de los genes son su alto grado de estabilidad de generación en generación (con una baja probabilidad de cambio), al igual que su capacidad simultánea de mutación; es decir, aquellas modificaciones genéticas que constituyen una fuente de genes mutantes variables en los organismos (Abramova et al., 2003; Shvaps & Jrutshv, 1984). En tal sentido para la selección y orientación deportiva es sin duda alguna, una buena alternativa para determinar la constitución genética (genotipo), del organismo del deportista sobre las perspectivas de resultados en el deporte (Rogozkin, 2001).

En Rusia como en otros países se han utilizado las huellas digitales ya que son únicas en su estructura permitiendo de esta manera diferenciar a un ser humano de otro. Los estudios realizados por los soviéticos también han permitido relacionar con alto índice de significancia entre las posibilidades del rendimiento deportivo y las impresiones digitales (ID). Es así como se afirma que las características dermopapilares de las manos exhiben aspectos cualitativos y cuantitativos de gran importancia en el diagnóstico de la variabilidad humana normal y

patológica, exhibiendo en ellas un patrón hereditario poligénico. Al respecto Abramova (1995) afirma que la interacción de factores en común entre las ID y la modalidad deportiva, refleja la ley biológica natural de la interrelación de las marcas genéticas con la aptitud congénita (dotes). Por consiguiente, la dermatoglifia es un método simple para el diagnóstico de las capacidades físicas y posibilidades de los atletas en proceso de iniciación en el deporte. Es considerada como una ciencia que estudia los diseños de la punta de los dedos, de la palma de las manos y de la planta de los pies (Fernandes Filho, 1997).

La razón fundamental detrás de la ciencia dactiloscópica, y lo que permite demostrar que todos somos diferentes de todos son (Galton, 1892):

- Perennidad: Una vez que se crea un dibujo digital intrauterinamente, acompaña al individuo a lo largo de su existencia e incluso después de su muerte. La permanencia e inmutabilidad de las papilas digitales ha sido demostrada prácticamente por Herschel a través de dos huellas dactilares del dedo índice derecho con 28 años de diferencia y científicamente comprobada por el sabio antropólogo británico Francis Galton, quien ha demostrado que los dibujos digitales se crean en el sexto mes de vida intrauterina.

- Inmutabilidad: Consiste en que los patrones no cambian por razones naturales e incluso pueden ser resistentes a las lesiones si no afectan las capas profundas de la piel.

- Variedad: Dadas las investigaciones a lo largo de la historia, está comprobado que no hay dos impresiones iguales. A lo largo de la historia, resulta que no hay dos impresiones iguales. El estudio de las huellas dactilares se remonta a más de 100 años, cuando Galton (1892) resolvió por primera vez el problema de la individualidad de las impresiones dactilares.

En general, el estudio de los dermatoglifos está aumentando porque las huellas dactilares se consideran representativas de las características genéticas de la piel de cada

persona y, por lo tanto, un marcador genético (Beiguelman, 1982; Butova & Lisova, 2001; Silva Dantas, 2004; Silva Dantas & Fernandes Filho, 2002).

Según Fernandes Filho (1997) existen tres formas principales de signos gráficos digitales: arcos (A), presillas (L), y el verticilo (W), donde la forma del signo es una característica cualitativa. La cantidad de líneas (QL) es el conteo total de líneas de todos los dedos (SQTL), y el número de cristales en la piel representa un rasgo cuantitativo. La evaluación de la intensidad de marcaje inicial se realizó en presencia de DELTAS y se calculó un índice delta (D10), puede ser por lo menos "0", y como máximo "20" Un valor de 0 ocurre cuando las marcas dermatoglíficas aparecen como un arco "A", donde no hay deltas. La presilla lazo (L) presentan un delta, mientras el verticilo (W) presentan dos deltas (Fernandes Filho, 1997).

La tabulación de los datos, se usa la siguiente clasificación: el arco es "0", la presilla es "1", y el verticilo y la S - dibujo son "2". Siendo que, bajo el aspecto de formación gráfica, la marca del arco constituye la figura más simple y lo verticilo y la S – dibujo la figura más completa (Fernandes Filho, 1997).

Las impresiones dactilares, se dividen según su dibujo en tres grandes grupos arcos, presillas y verticilos (Figura 4).

Figura 4. Impresiones dactilares, según su dibujo arcos, presillas y verticilos (Tomado de: Abramova et al., 1996; Guzmán, 2003; Fonseca et al. 2008; Martínez et al., 2012; Nishioka et al., 2007; João & Fernandes Filho, 2002).



### Arco

Se clasifica con la letra (A), es el primer tipo de huella, está formado por líneas papilares algo paralelas a la base del pliegue de flexión de la tercera falange, que atraviesan la huella de un extremo al otro y no tiene deltas, líneas directrices y núcleo.



### Presilla

Se clasifican con la letra (L), está formada por un delta ubicado a la derecha del observador y sus líneas directrices que envuelven a las nucleares se dirigen hacia la izquierda.



### Verticilo

Se clasifica con la letra (W), es el último tipo de huella, está compuesto por dos deltas, uno a la derecha y el otro a la izquierda y sus líneas directrices circunscriben al núcleo en diferentes formas.

Las huellas dactilares se pueden dividir en subgrupos en función de las ligeras diferencias entre ellas. Estudios realizados por Abramova et al. (2003), permiten concluir que, en deportes cíclicos de velocidad a la fuerza, se asocia con las huellas tipo arcos y presilla y menor número de líneas. Por otro lado, las huellas dactilares más complejas y con el mayor

número de líneas son propios de aquellos deportes con altas exigencias coordinativas. Las posiciones intermedias relacionadas con la complejidad de las huellas dactilares y el número de líneas son características de los deportes de resistencia.

En la actualidad la dermatoglifia se basa en 4 principios fundamentales a saber (Córdova, 2014):

- Perennidad: Se considera perenne, porque en los humanos estos patrones de piel se forman a lo largo de su vida en el útero desde la etapa embrionaria, y en el ectodermo desde la sexta semana del primer trimestre de desarrollo, y no se altera o cambia a lo largo de la vida.

- Inmutabilidad: Estos diseños dermatoglíficos no difieren sus características individuales, no se ven afectados por fenómenos patológicos, y en caso de rasguños intencionales o involuntarios por ejemplo, quemaduras y heridas superficiales, la cicatrización del tejido epidérmico permite que crezca de unos 15 a 20 días, para regenerar su forma original.

- Diversidad: Hasta la fecha no se han detectado dos huellas digitales idénticas porque existen numerosas huellas dactilares (dibujos o figuras), con franjas papilares y debido a puntos fijos o característicos (deltas y núcleos), están especialmente repartidos en las huellas dactilares, lo que las hace únicas e individuales. De igual forma se destaca que las ID es un marcador genético único. Son figuras fijadas por la herencia, que tienen una disposición diversa, diferenciadas filogenéticamente y antropogenéticamente para realizar funciones mecánicas y táctiles complejas que se distinguen por una incomparabilidad particular.

- Individualidad: La ficha dactilar de las ID de los diez dactilogramas representan la personalidad diversa de una persona. Lo que se puede definir como el nombre genético único de una persona a nivel mundial. Lo que podría definirse como el nombre genético único de un individuo en todo el mundo. Esta individualidad dermatoglífica se divide en secuencias y

secciones. Cada cadena representa una identificación de huella digital derecha y cada parte representa una identificación de huella digital izquierda. Cada serie combina con 1.024 secciones, lo que da lugar a 1.048.576 combinaciones completamente diferentes.

### **1.3.1 Componentes de las impresiones digitales**

Las ID se hallan compuestas de tres zonas de invasión de líneas: marginal, basilar y nuclear.

- Los puntos fijos: En la dermatoglifia se llama puntos fijos al delta o terminal externo y el núcleo, centro o terminal interno, a excepción de los arcos, estos puntos fijos se encuentran en todas las figuras digitales.

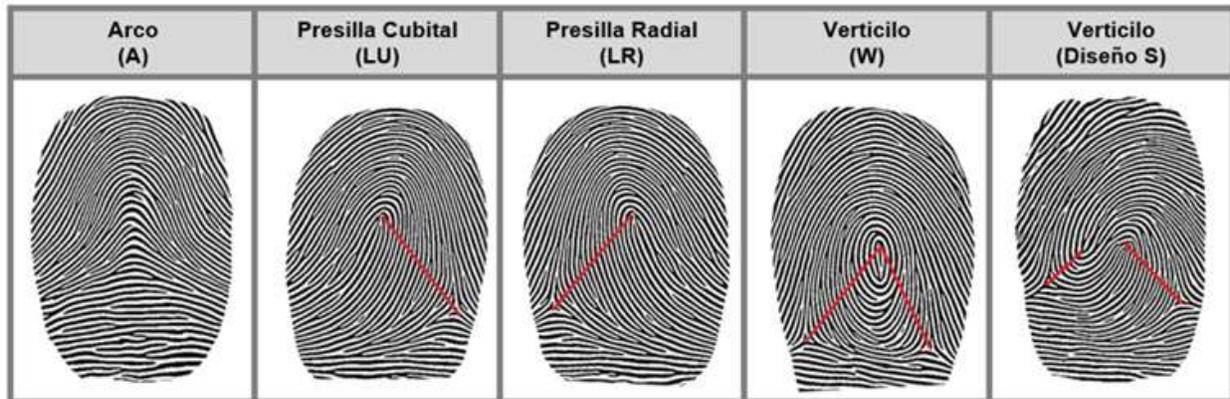
- Delta: Se denomina delta al punto de confluencia de los dos sistemas de Invasión, marginal y basilar, siempre que de ellos resulte un espacio nuclear.

- Sistema basilar: Es el que está formado por las crestas que parten del pliegue de flexión ascendiendo hacia la parte superior.

- Sistema marginal: Por su parte el sistema marginal está conformado por crestas de formas paralelas, siendo la prolongación de las basilares bordeando la yema de los dedos.

- Línea de Galton: La línea delta central o línea imaginaria de Galton. Es la línea que une el punto delta y el núcleo, se utiliza para efectuar la cuenta de líneas en los dactilogramas la cual se muestra en la (Figura 5).

Figura 5. Trazos de la línea de Galton en los patrones dermatoglíficos para conteo de líneas (Gastélum, 2019).



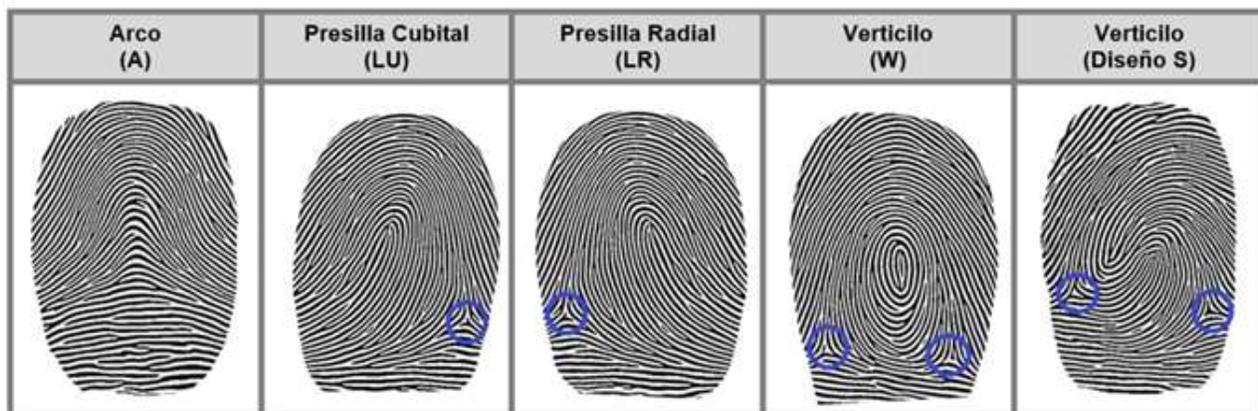
### 1.3.2 Tipos de impresiones digitales o dactilogramas

En el examen dermatoglífico, es básico localizar los llamados trirradios o deltas, que son el punto de confluencia de tres grupos de crestas papilares. En el pulpejo de los dedos, se dibujan las siguientes imágenes según el número de deltas:

De acuerdo con Del Vecchio y Goncalves (2011), los diseños digitales más comunes, así como las cualidades que representan, se enuncian a continuación: el arco (A), que exhibe ausencia de deltas y se forma solo de crestas papilares, se relaciona con la cualidad física de fuerza. La presilla cubital y radial (LU y LR) que se compone de tres zonas, la marginal, basilar y nuclear; contando con un solo delta, representa la cualidad física de velocidad. Aunque a la presilla radial también se le relaciona con propensión al alto rendimiento deportivo. Los verticilos están presentes en dos modalidades (W y S), el W diseño con dos deltas a ambos lados que corresponde a una figura cerrada en forma de remolino con un solo núcleo. El verticilo diseño S, contienen dos deltas a ambos lados y a diferencia del anterior presenta dos

núcleos que forman una «s», es un diseño digital menos común, ambos se relacionan con la coordinación motora y la agilidad (Figura 6).

Figura 6. Clasificación de patrones dermatoglíficos comunes en el ser humano (Gastélum, 2019).



### 1.3.3 Relación de la Dermatoglifia con la práctica deportiva

Según lo informado por Fernandes Filho (1997), Guba y Tchernova (1995), la complejidad de los marcadores predice el pronóstico de la complejión física; Chuartz y Alekseev, informaron la relación entre la cantidad de líneas y  $VO_2$  máx en los grupos de mujeres, reflejado de la complejidad de la forma de la marca de las huellas digitales y la correlación con la resistencia física. En 1992, Abramova asocia los principios de la dermatoglifia con las cualidades físicas: resistencia aeróbica, velocidad, coordinación y fuerza en actividades cíclicas.

La clasificación del conjunto de los índices dermatoglíficos y de los índices somato-funcionales entre remeros académicos, altamente calificados ( $n = 101$ ), la baja complejidad de los dibujos (D10), y el bajo sumatoria de la cantidad total de líneas (SQTL) se correlacionan con el alto nivel de manifestaciones de fuerza y de potencia. Sin embargo, los niveles más altos de D10 y SQTL se asociaron con un mayor grado de coordinación y mayor resistencia aeróbica.

Valores mínimos de D10 y SCTL indican la necesidad de desarrollar la coordinación motora (Abramova et al., 1990).

La Dermatoglia y la caracterización deportiva se han incrementado el estudio en los últimos decenios como marcador morfogenético (Abramova et al., 2003; Abramova & Fernandes, 1997; Sergienko, 1992).

Abramova (1995) decía que el análisis dermatoglífico ayudara a clasificar a personas según sea su predominancia genética y de esta forma orientarlas hacia una práctica deportiva más adecuada a su potencial genético. Abramova (1995) presenta la siguiente Tabla 9 donde muestra la clasificación según el tipo y características de los diseños y las condiciones somato-funcionales que predominantes, es decir, las fenotípicas y genotípicas que se acercan más a las exigencias de la práctica deportiva.

*Tabla 9.*

Clasificación del conjunto de los índices dermatoglíficos y del índice somático-funcional entre atletas de alta calificación. Tomado de Abramova (1995) modificado.

Clase	Huellas digitales		Somático-	Funcionales
	D10	SCTL	Mínimo	Máximo
I	5.5	26.5	Fuerza (absoluta) Resistencia Coordinación	Fuerza (relativa)
II	9.0	47.7	Coordinación	Fuerza General

III	11.6	126.4	Fuerza (relativa)	Fuerza (absoluta)
IV	13.1	134.2	Fuerza (absoluta)	Resistencia Coordinación
V	17.5	162.8	Fuerza (relativa)	Coordinación

---

Fernandes Filho (2010), presenta tendencias que muestran las ventajas de la morfología de las huellas dactilares:

Predominio de Arcos (A):

Pura fuerza y coordinación baja; no aparecer en deportes competitivos; se asocia con pubertad precoz; tendencia al bajo rendimiento deportivo; están genéticamente limitados; mala coordinación motora; más común en mujeres; Los niños deben ser estimulados hasta la maduración para desenvolverse mejor, después al término de la maduración predomina la herencia paterna.

Predominio de Presillas (L):

Velocidad de la fuerza explosiva; Facilidad para la hipertrofia muscular; Niveles bajos de coordinación motora.

Predominio de Verticilos (W):

Está relacionado a la Coordinación intra e intermuscular. Mayor capacidad de coordinación, alta resistencia (capacidad aeróbica), menos propenso a la hipertrofia muscular.

En la Tabla 10, se muestra los tipos de huellas dactilares, total de líneas dactilares y su relación con las cualidades físicas.

*Tabla 10.*

Tipos de huellas dactilares, total de líneas dactilares, deltas y su relación con las cualidades físicas. Adaptado Fernandes Filho (2010).

Cualidades físicas	A	L	W	SQTL	D10
Anaeróbico, velocidad y fuerza:	+	+	-	-	-
Aeróbico, coordinación y resistencia:	-	-	+	+	+

La importancia del potencial genético en la búsqueda de un alto rendimiento deportivo ha dado lugar a numerosos estudios. La identificación de marcadores genéticos permite predecir con alta certeza el desarrollo de las capacidades físicas, aspecto decisivo en la selección temprana de ejercicios. En este sentido, en los últimos años se ha prestado mucho interés al estudio de las huellas dactilares como marcadores genéticos y su asociación con rasgos morfológicos y motores de deportistas de nivel internacional, observándose una distribución preferencial de las huellas digitales (arcos, presillas y verticilos) según modalidades; de ésta manera, se puede establecer que los deportes cíclicos de velocidad a la fuerza y los que presentan una exigencia limitada de coordinación pueden identificarse mediante las huellas dactilares más simples, se asocian con los más sencillos dibujos dactilares (arcos y presillas), y menor número de crestas. Por otro lado, las huellas dactilares

más complejas con mayor número de líneas son típicas de movimientos altamente coordinados. (Leiva et al., 2011).

#### **1.3.4 Dermatoglifia en el deporte**

Algunos países de América Latina como Brasil han adoptado este método comparando las cualidades físicas y somatotipo, personas que practican deportes como voleibol, gimnasia, esgrima, fútbol, atletismo, balonmano e incluso pilotos de aeroplano entre otros. Como resultado, se deben seguir ciertas pautas establecidas al usar la dermatoglifia como fuente de información para evaluar el potencial genético de un atleta. Así se obtienen los siguientes lineamientos (Bastos et al., 2006; Fazolo et al., 2005; Ferreira & Fernández, 2003; Tuche et al., 2005; Zary & Fernández, 2007):

Arco: Tipo de huella dactilar que representa la cualidad física de fuerza; Presilla: Huella que representa la cualidad física de velocidad; Verticilo: Huella que representa la coordinación motora; SQTL: Total de líneas dactilares representa la cualidad física de resistencia; D10: Número de deltas, representa la coordinación motora.

Países como Brasil han presentado los valores a considerar en los índices dermatoglíficos según el tipo de ejercicio o la modalidad deportiva como una forma de confirmar que los atletas se encuentra bien posicionado genéticamente y fenotípicamente, en el deporte de alto rendimiento Tabla 11 (Fernández, 2004).

*Tabla 11.*

Referencia de índice dermatoglífico en diferentes modalidades deportivas de Brasil. Tomado de Fernández (2004).

MODALIDAD	Nº	%A	%L	%W	D10	SQTL
Voleibol (2000)	22	1	65	34	13.4	125.6
Voleibol (1997)	28	0.7	53.2	46.1	14.5	133.5
Voleibol Femenino	12	12	59	29	11.8	98.6
Básquetbol (1997)	35	2	60	38	13.6	136.7
Básquetbol Masculino Campeonato Panamericano	12	5	69.2	25.8	12.1	12.1
Karate (1997)	7	0	45.7	54.3	15.4	159.7
Boxeo (1997)	5	0	46	54	15.4	143.4
Gimnasia Olímpica	25	6.4	62.8	30.8	12.4	97.8
Hándbol Femenino	20	23	57	21	9.8	74
Triatlón	10	6	6.5	29	12.3	118.6
Pilotos de Caza	20	2.7	63.8	33.5	13.1	129.4
Fútbol de Campo	48	5.8	69	25.6	12	99.2
Futsal Masculino	21	0.5	45.7	53.8	15.3	142.1
Fútbol Playa	10	3	46	51	14.8	131.6
Atletismo Masculino 100 m	10	14.3	62.9	22.9	10.9	93
Atletismo Femenino 100 m	10	3.6	71.8	24.5	12.1	102.7
Buceo de Profundidad	31	4.2	67.7	28.1	12.4	129
Esgrima Femenino	8	11	68	21	11	80.5

Vela	4	0	65	35	13.5	130.8
Natación Velocidad	4	7.8	61.1	31.1	12.3	110
Natación Fondo	6	1.7	41.7	56.7	15.5	153.8

### 1.3.5 Antecedentes de estudios relacionados con la Dermatoglia y el rendimiento físico.

En un estudio se encontró una asociación entre las huellas dactilares y la condición física de los miembros del Centro de Iniciación y Especialización Deportiva (CIED) de Atletismo de la Primera Región, en una muestra compuesta por 14 mujeres y 15 hombres de entre 12 y 17 años. Los seleccionados para el estudio se sometieron a una serie de pruebas para determinar sus características genéticas y físicas. El perfil genético se mide por el método propuesto por Abramova et al. (1995). La aptitud física fue medida a través de la aplicación de las siguientes pruebas: a) velocidad - Test de 50m; b) potencia aeróbica - Test de 6 min de Carrera Continua; c) fuerza explosiva: Test de Sargent; d) agilidad: Test de ida y vuelta (regate). Los resultados mostraron un vínculo entre la actividad física y los rasgos genéticos. Se destaca una alta correlación de las huellas Presillas (L) y Arcos (A) con las atletas de velocidad y lanzadoras. A su vez, el diseño Verticilo (W) en combinación con Presillas (L) se asocia con los atletas de largas distancias (Díaz y Espinoza, 2008).

En otro estudio, se determinaron las características antropométricas, dermatoglíficas y fisiológicas del atleta de triatlón de alto rendimiento. Se evaluaron 10 triatletas de alto rendimiento (n=10) de Rio de Janeiro; para identificación de las características dermatoglíficas, se utilizó el protocolo de Cummins y Midlo (1942) para obtenerse: a) los tipos de huellas digitales (A=  $0.6 \pm 1.9$ ; L=  $6.5 \pm 2.9$ ; y W=  $2.9 \pm 3.03$ ); b) la suma del total de líneas dactilares (SQT=  $118.6 \pm 44.92$ ); c) el índice delta (D10=  $12.3 \pm 4.08$ ); y d) las fórmulas digitales (ALW=10%, 10L=20%, L>W=40%, W>L=30%). Las medidas, antropométricas habían sido

obtenidas evaluando: edad ( $28.13 \pm 5.60$  años); peso corporal ( $68.31 \pm 6.05$  kg); talla ( $176 \pm 3.41$  cm); cantidad de grasa corporal con el protocolo de Jackson y Pollock (1985);  $4.86 \pm 1.45\%$ ; porcentaje de grasa corporal con el protocolo de Faulkner (1964);  $9.51 \pm 0.74\%$ ; y el somatotipo, obtenido por el método de Heath y Carter (1990): endomorfia ( $1.55 \pm 0.66$ ); mesomorfia ( $4.22 \pm 0.47$ ); y ectomorfia ( $2.99 \pm 0.59$ ), caracterizándose como meso-ectomórfico. El perfil fisiológico fue obtenido evaluando el consumo máximo de oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ máx} = 69.9 \pm 5.09$  ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>). Los resultados reflejan el perfil de los triatletas olímpicos competitivos y los valores encontrados en ellos sirven como modelos a seguir para que los jóvenes atletas alcancen los más altos niveles de desarrollo antropomorfo y de entrenamiento deportivo (Dos Anjos et al., 2003).

En otro estudio por los mismos autores Carvalho et al. (2005) estudiaron el perfil dermatoglífico, somatotípico y fisiológico de 12 atletas de alto rendimiento que participan en las carreras de resistencia de Río de Janeiro. Para identificar el perfil dermatoglífico se utilizó el método de Cumins y Midlo (1942) para: a) los tipos de diseño de las huellas digitales ( $A = 0.0 \pm 0.65$ ;  $L = 8.0 \pm 1.59$  y  $W = 2.0 \pm 1.70$ ); b) el número de líneas de cada dedo ( $\text{SQTL} = 108.0 \pm 10.35$ ); c) el delta del índice ( $D10 = 11.50 \pm 2.02$ ) y, las fórmulas digitales ( $A = 0.0\%$ ,  $L = 80\%$ ,  $W = 20\%$ ). Las medidas de antropométrica que evaluaron se obtuvo: a) la edad ( $28.50 \pm 6.51$  años); b) peso corporal ( $63.20 \pm 8.33$  Kg); c) talla ( $175.67 \pm 7.44$  cm); d) la cantidad de grasa corporal con el protocolo de Jackson y Pollock (1985), ( $6.13 \pm 3.27\%$ ); e) la cantidad de grasa corporal con el protocolo de Faulkner, (1964), ( $10.31 \pm 1.80\%$ ) y, f) el somatotipo, obtenido por el método de Heath y Carter (1990): endomorfia ( $1.51 \pm 0.70$ ); mesomorfia ( $3.15 \pm 1.33$ ) y ectomorfia ( $2.99 \pm 0.59$ ). El perfil fisiológico fuera obtener el consumo del máximo del oxígeno ( $\text{VO}_2 \text{ máx} = 70.37 \pm 7.49$  ml.kg.min<sup>-1</sup>).

Con el objetivo de crear un perfiles dermatoglíficos y somatotípicos preliminares que sirva para la selección de talentos en el atletismo de velocidad, se evaluaron los atletas de la

selección Colombia participantes en los Juegos Panamericanos de Guadalajara 2011. El estudio fue descriptivo de corte transversal y la recolección de datos, se llevó a cabo previa firma del consentimiento informado. La metodología utilizada para la colecta de dermatoglifos fue el propuesto por Cummins y Midlo (1961), la edad de la muestra en damas ( $n = 5$ ) fue de  $23 \pm 1.4$  y en varones ( $n = 3$ ) de  $22.3 \pm 2.5$ ; la talla entre  $1.72 \pm 0.09$  y  $1.76 \pm 0.05$  respectivamente; la masa corporal en mujeres fue de  $63.3 \pm 3.34$  y en varones de  $74.8 \pm 7.35$ . En cuanto a las variables dermatoglíficas y somatotípicas, los resultados en damas: Arco: 0, Presilla:  $7.8 \pm 2.17$ , Verticilo:  $2.2 \pm 2.17$ , D10:  $12.2 \pm 2.17$ , SCTL:  $130.4 \pm 36.1$ , Ectomorfismo:  $3.04 \pm 1.43$ , Mesomorfismo:  $3.1 \pm 1.6$  y Endomorfismo:  $3.25 \pm 0.59$ ; los varones arrojaron los siguientes datos: Arco:  $0.67 \pm 1$ , Presilla:  $6.7 \pm 1.15$ , Verticilo:  $3 \pm 1.15$ , D10:  $12 \pm 2$ , SCTL:  $123 \pm 19.1$ , Ectomorfismo:  $2.05 \pm 0.25$ , Mesomorfismo:  $4.09 \pm 1.01$  y Endomorfismo:  $2.66 \pm 1.28$ . Se aprecia que los valores más destacados en dermatoglífa son la predominancia de huella Presilla, sin presencia de Arcos y un D10 y SCTL medio; el somatotipo que prevalece en los atletas hombres es el mesomorfo y en mujeres se aprecia una similitud de los 3 estadios (Avella & Medellín, 2013).

En un estudio realizado por Cuncha et al. (2013), examinó si las características dermatoglíficas están asociadas con la variante de secuencia de la isoforma 3 (ACTN3) R577X de  $\alpha$ -actinin, que utiliza el método descriptivo y enfoques comparativos. Los niños ( $N=82$ ) se clasificaron de acuerdo con la configuración dermatoglífica de sus impresiones digitales en los siguientes grupos: Potencia anaeróbica (AP=8); Resistencia a la velocidad (SR=44); Fuerza pura (PF=5), y Resistencia aeróbica (AR=25). Todas las asignaturas del grupo AP (9.76% de las asignaturas) tenía una predisposición genética para el rendimiento de la potencia anaeróbica, con un 37.5% siendo RR homocigotos y 62.5% heterocigotos de RX. Los perfiles dermatoglíficos, correlacionado con las fórmulas de huellas dactilares ALW, clasificó al grupo de RS (53.66% de los encuestados). Sujetos) como que tienen resistencia a la velocidad. El

grupo PF (6.09% de los sujetos), en particular todos tenían huellas digitales AL y una ausencia de W. Por último, el grupo AR (30.49% de la población) tenía una predisposición a la capacidad aeróbica. Se concluyó que el perfil dermatoglífico puede asociarse con la variante alélica R577X del gen ACTN3, ya que tanto a través del perfil anaeróbico de la potencia muscular como a través del genotipo ACTN3.

Otros autores han utilizado el estudio de los patrones dactilares para encontrar asociaciones con varias habilidades motoras, como Fonseca et al. (2008) reportan 11% de arcos, 60% de presillas y 29% de verticilos en una muestra de 28 mujeres brasileñas jugadoras de voleibol. En otro estudio Díaz y Espinoza (2008) realizado en 29 velocistas masculinos de Brasil mostraron  $18.5 \pm 24.0$  presillas;  $1.0 \pm 0.8$  para los arcos;  $3.17 \pm 4.6$  para verticilo. En otro trabajo (Dos Santos & Fernandes Filho, 2007) llevado a cabo en una muestra de integrantes de la Policía del Batallón de operaciones especiales de Río de Janeiro, reporta arcos en 17.4%; presillas 62.1% y verticilos 20.4%. Nishioka et al. (2007) estudia bailarines; 65.0 % para presillas, 35.0% de verticilos. Su aplicación se ha realizado también en siete mujeres con enfermedad de Lupus eritematoso sistémico, reportando 70% de presillas, 29% verticilos y arco 1% (Passos et al., 2010).

Para Pereira (2005), el uso de la distribución étnica requiere estandarización porque los individuos difieren en las características, al igual que la relación del patrón dactilar con el dedo es diferente tal y como le reporta Pável y Fernandes Filho (2004) quienes confirmaron que los arcos son más comunes en los dedos índice y medio; los verticilos en los dedos pulgar y anular y las presillas en los dedos meñique y dedo medio. A partir de estos datos, se puede ver que la distribución y frecuencia de los dermatoglifos es diferente, no solo en los dedos ni entre las poblaciones de diferentes continentes, sino también entre diferentes regiones de un mismo país (Bagdanov & Abramova 1998). Los datos sobre la frecuencia de patrones dactilares en México son escasos, y los pocos que se reportan en la literatura datan de 1966, por lo que se necesita

un estudio para determinar la frecuencia de patrones dactilares en dermatoglifos en una muestra de estudiantes mexicanos universitarios, y con ello contar con una descripción actual de las características dactilares en México, en última instancia, tienen más características antropométricas para otras poblaciones y razas entre sí, el proceso de encontrar e identificar a las personas involucradas es en realidad más fácil obtener la mayor cantidad de características antropométricas para describir cada población o grupo étnico, especialmente en aquellos casos en los que es necesario buscar entre un universo de estudio grande, ya que se puede ir excluyendo y discriminando el tamaño de la muestra para analizar.

#### **1.4 Composición corporal**

La composición corporal de los atletas ha sido el centro de atención desde 1940, cuando Welhem y Behnke midieron la composición corporal de todos los jugadores de fútbol americano universitario y descubrieron que tenían sobrepeso para su altura, pero no eran obesos (Boileau, 2000).

El mismo autor, también señalan que la amplia variación en el tamaño y la composición corporal entre los atletas de élite demuestra la importancia de la estructura física y la composición corporal en muchos deportes. Como se sabe, los factores que afectan que el rendimiento deportivo es multifactorial e incluye aspectos bioquímicos, fisiológicos, psicológicos y factores morfológicos. Las medidas y la composición corporal deben ser consideradas en optimizar o limitar el rendimiento en aspectos metabólicos y mecánicos. Por ejemplo, el baloncesto requiere altura, la gimnasia es todo lo contrario, y lo mismo ocurre con los luchadores de sumo que requieren mucho peso, a diferencia de los corredores de fondo.

La composición corporal también es importante, ya que el exceso de grasa puede empeorar el rendimiento en muchos deportes y la masa libre de grasa (MLG), a menudo asociada con un mejor rendimiento deportivo. Por esta razón, han sido utilizadas de forma inadecuada en muchas ocasiones con el fin de bajar peso a expensas de la grasa corporal y por lo tanto dañan la salud de los atletas, especialmente en los deportes de clasificación por peso (Boileau, 2000).

En el deporte los atletas sufren cambios físicos durante un periodo largo de entrenamiento, en el cual la evaluación del estado nutricional es de suma importancia (Bandyopadhyay, 2007). Deportes con diferentes movimientos mecánicos y de rendimiento físico extremos, causan modificaciones en los componentes corporales como la masa grasa y masa muscular (Arruda et al., 2009).

La composición corporal como evaluación a través de la antropometría en atletas es fundamental para describir la cuantificación de los tejidos, así como su proporcionalidad (proporciones esqueléticas), que permitirá la diferencia de grupos concretos, así como presentimiento del éxito en diferentes deportes por sus proporciones óseas óptimas (Bischof et al., 2013).

En su momento (Pacheco del Cerro, 1996) se señalaba que la bibliografía sobre las características antropométricas de las distintas pruebas del atletismo es escasa y no suele mostrar las diferencias que pueden existir entre participantes en pruebas relativamente similares, por ejemplo, de velocidad y vallas.

En el atletismo, el rendimiento y el funcionamiento fisiológico son factores que influyen por el físico antropométrico (Knechtle et al., 2011; Rüst et al., 2013;), como la longitud de las

extremidades inferiores o el bajo porcentaje de masa grasa se relacionan con una alta velocidad (Landers et al., 2000).

Es bien sabido que las características antropométricas de los deportistas difieren de las de los no deportistas. También existen diferencias significativas en la estructura morfológica de los distintos deportistas, e incluso entre distintas pruebas o puestos dentro de una misma especialidad deportiva. El atletismo permite que exista una gran variedad de tipologías debido a la cantidad de pruebas que tiene. Las diferencias de tipológicas entre pruebas pueden identificarse fácilmente en muchos casos, como entre lanzadores y caminantes, pero no en otros, como velocistas y vallistas.

#### **1.4.1 Métodos de medición**

Existen diferentes métodos para determinar la composición corporal según Martin y Drinkwater (1991) se pueden clasificar en tres niveles:

1. Métodos Directos. - Es un método que se basa en el proceso de disección de cadáveres. Solo hay 8 cadáveres en los que la grasa corporal ha sido medida directamente por disección anatómica y extracción con éter. Posteriormente, en 25 cadáveres más fueron pesados todos sus componentes, pero ninguno era comparado con una técnica indirecta.

2. Métodos Indirectos. - Llamados "in vivo". Sirve para calcular cualquier parámetro, como la cantidad de grasa. Supone una relación cuantitativa constante entre diferentes variables.

3. Métodos doblemente indirectos. - Resultan de ecuaciones derivadas (a su vez) de algún método indirecto (ejemplo, la antropometría), la cual es un método que, por su

accesibilidad y bajo costo, es uno de los más difundidos en la valoración de un deportista. A partir de la densidad corporal de una muestra determinada, se calcula una ecuación matemática que nos permite valorar las masas de otras muestras, a partir de la toma de determinados pliegues cutáneos, diámetros óseos y perímetros corporales.

Se han utilizado varios métodos para estudiar la composición corporal in vivo, incluida la densitometría, la hidratación, el potasio corporal, el análisis de activación de neutrones, la excreción de creatinina y otros metabolitos, la tasa metabólica, el metabolismo basal y la antropometría. Además de los métodos tradicionales, se han desarrollado nuevas tecnologías como la impedancia bioeléctrica, la conductividad de cuerpo, la absorciometría dual con energía de rayos X (DEXA), la interactancia de luz infrarroja, la resonancia magnética y la tomografía computarizada. Dado que la mayor parte de la información sobre un atleta se recopila mediante densitometría y la mayoría de las técnicas se calibran de esa manera, hablaremos un poco al respecto.

La densitometría tiene buena exactitud y precisión, pero su aplicación se limita al laboratorio, por ello, se han desarrollado otros métodos que generan mediciones de la composición corporal rápidas, seguras, económicas, exactas y precisas, además que puedan ser fáciles de realizar en deportistas en el consultorio y en el campo de entrenamiento. En este contexto, los tres métodos más utilizados son el índice de masa corporal (IMC), la antropometría y el análisis de la impedancia bioeléctrica.

#### **1.4.2 Antropometría**

La antropometría, específicamente la medición de los pliegues cutáneos y los perímetros, es el método más frecuentemente utilizado para estimar la composición corporal de los atletas, al igual que el IMC, es relativamente simple y económico. Las técnicas de

estandarización y medición se describen en el Manual de referencia de estandarización antropométrica. La importancia de las técnicas flexibles de medición y desarrollo no debe subestimarse debido a la relativa facilidad con la que se puede acceder a los pliegues. En teoría, la grasa subcutánea es un componente principal del 50 % de la grasa corporal total, por lo que es una buena predicción, aunque los atletas pueden tener menos grasa corporal a nivel subcutáneo (Boileau, 2000).

El estudio de la composición corporal es una herramienta muy útil en los campos de la nutrición, la medicina, la ergonomía, la antropología y la ciencia del ejercicio. Hoy en día, existen muchos modelos, métodos y técnicas para evaluar la composición corporal; la elección de éstos depende del objetivo del estudio, la exactitud y precisión requeridas para la evaluación de la composición corporal y los recursos y herramientas disponibles. Por lo tanto, cuando se requiera una alta exactitud y precisión, se deben utilizar modelos de 3 y 4 componentes, y métodos de laboratorio como la densitometría, la absorciometría dual con energía de rayos X (DEXA) o la hidrometría, entre otros (Lukaski, 1985).

Por otro lado, en estudios de campo con una precisión menos aceptada, las valoraciones de la composición corporal se basan en un modelo de dos componentes que divide el cuerpo en masa magra y masa libre de grasa, esta última denominada masa magra por algunos autores, y mediante la aplicación de métodos rápidos y sencillos como la antropometría y la impedancia bioeléctrica o bioimpedancia (Lukaski, 1985).

La antropometría es el método de campo más utilizado para la estimación de la composición corporal porque es rápido, seguro y económico. Las mediciones antropométricas tienen limitaciones debido a la variabilidad que puede ocurrir entre evaluadores pero estas

limitaciones se reducen considerablemente cuando las mide personal capacitado (Roche, 1996; Urrejola, 2001).

La medida antropométrica más utilizada para evaluar adultos es el índice de masa corporal (IMC) recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para el tamizaje de obesidad. Sin embargo, algunos autores han demostrado que este índice tiene baja sensibilidad en el diagnóstico de la obesidad debido a las limitaciones para distinguir entre masa grasa y la libre de grasa del cuerpo humano (Womersley & Durnin, 1977; Lohman, 1992).

Una de las áreas de mayor interés en la investigación de la composición corporal es la relación entre las medidas corporales y la masa magra y de masa libre de grasa. Varios investigadores han desarrollado ecuaciones para predecir la composición corporal a partir de medidas corporales en personas de diferentes edades, sexo y niveles de actividad física (Brodie, 1988; Lohman, 1983).

En nuestro medio, las ecuaciones antropométricas de Durnin/Womersley y Jackson/Pollock son ampliamente utilizadas para evaluar poblaciones adultas sanas entre 20 y 60 años (Jackson, 1985).

#### Mediciones Antropométricas

La antropometría deportiva muestra los cambios morfológicos y funcionales que adquieren los deportistas a través de su práctica deportiva, siempre que lo hagan de forma sistemática y continua. Estos cambios y adaptaciones ayudan a los atletas a desempeñarse mejor en su especialidad deportiva (Pacheco del Cerro 1996).

La cineantropometría se define como la ciencia que estudia la relación entre la estructura y la función humana e incluye tres áreas de estudio, como la composición corporal, el somatotipo y la proporcionalidad corporal. Estas áreas son ampliamente utilizadas y estudiadas en muestras de deportistas y no-deportistas, cuya intención es estandarizar el tamaño, forma, proporción, composición, maduración e inclusive relacionar las variables antropométricas con respuestas adaptativas al entrenamiento y el rendimiento deportivo.

La cineantropometría utiliza a la antropometría como técnica para evaluar y comprender las características físicas de los atletas en el campo de la ciencia del ejercicio. De hecho, la composición corporal permite estudiar a los atletas en relación con la cuantificación de los de los principales tejidos corporales al dividirlos en compartimentos corporales, sin embargo, las proporciones permiten verificar la composición corporal, las similitudes y diferencias entre grupos de individuos, así como sirve para la predicción inmediata del éxito en varios deportes y determinar el grado de madurez de la población de estudio (Gomes-Campos et al., 2013).

La International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK) promueve el uso de las siguientes referencias Antropométricas (2001):

Acromial. - Es el punto más lateral del borde superior externo del acromion.

Cóndilos Femorales. - Debemos distinguir entre cóndilo medial y lateral. Los puntos se localizan en el punto más distal del Fémur.

Estiloideo. - Se debe distinguir entre estiloideo radial, el punto más distal de la apófisis estiloides del radio y el punto estiloideo cubital, el punto más distal de la apófisis estiloideo cubital.

Radial. - Es el punto en el borde proximal y lateral de la cabeza del radio.

Vértex. - Es el punto más elevado de la cabeza cuando esta se encuentra en el plano de Frankfort.

Altura. - Es la distancia entre Vértex y las plantas de los pies. El sujeto permanece de pie, guardando la posición anatómica con los talones, glúteos y espalda en contacto con el plano vertical del tallímetro y la cabeza en el plano de Frankfort. El valor de los datos se expresa en centímetro.

Peso. - El sujeto permanece colocado en el centro de la báscula con el peso distribuido en los dos pies y en posición funcional, de espaldas al registro de la medida, el cuerpo no podrá contactar con nada. Está expresado en kilogramos.

Perímetros. - El sujeto se encuentra de pie con el peso del cuerpo repartido en ambos pies y con ligera separación de estos. Se manipula la cinta métrica con la mano derecha y su extremo con la izquierda. Se pasa alrededor de la zona a medir, sin comprimir el tejido adiposo subcutáneo.

Todas las mediciones se expresan en centímetros. Los perímetros para estudiar son los siguientes:

Acromio-Radial. La cinta es colocada perpendicular al eje longitudinal del brazo.

Brazo Relajado. - Las extremidades superiores se encuentran colgado, relajadas, con las palmas de las manos mirando a los muslos. El punto de medida se localiza en la mitad de la distancia del segmento corporal

Brazo Contraído y Flexionado. - El brazo se coloca en 90° de flexión y el antebrazo en supinación y flexión de 45°. El sujeto realizará la máxima contracción y el perímetro se toma en el punto donde se alcanza la mayor circunferencia.

Cintura. - El perímetro se toma en el nivel más estrecho, entre el borde del costal inferior (10ma costilla) y la cresta ilíaca. El antropometrista se ubica al frente del sujeto, quien tiene los brazos levemente en abducción, para permitir que la cinta corra alrededor de la cintura. El sujeto deberá respirar normalmente y la medición se toma al final de una espiración (al final del volumen tidal). Si no existe una cintura mínima obvia, la medida se tomará en el punto medio entre el borde del costal inferior (10ma costilla) y la cresta ilíaca.

Cadera. - El perímetro se toma en el nivel posterior máximo de la protuberancia de los glúteos, y por delante a la altura de la sínfisis púbica.

Pierna. - La posición del sujeto es similar a la anterior. La cinta se coloca paralela al suelo y se desplaza arriba y abajo, siempre perpendicular al eje longitudinal de la pierna, hasta encontrar el máximo perímetro de circunferencia.

Diámetros. - Para la medida entre estos puntos anatómicos debemos utilizar el paquímetro (antropómetro corto). Las medidas se realizan en centímetros. Los diámetros para estudiar son los siguientes.

Biepicondíleo del humero. - Es la distancia entre el epicóndilo y la epitróclea del húmero. El sujeto se encuentra sentado con el brazo y antebrazo en flexión de 90° y éste último estará supinado. El antropometrista se posiciona frente al sujeto palpando los puntos de medida y las ramas del antropómetro se colocan dirigidas hacia arriba, en posición oblicua.

Biestiloideo. - Es la distancia entre la apófisis estiloides del radio y del cúbito. El sujeto se coloca de pie con el brazo colgando a ambos lados del tronco, el antebrazo en pronación y flexionado  $90^\circ$  y la mano en flexión. Las puntas del paquímetro se dirigen hacia abajo en la bisectriz del ángulo de la muñeca. El antropometrista se encuentra frente al sujeto.

Bicondíleo de fémur. - Es la distancia entre el cóndilo medial y lateral del fémur. El sujeto estará sentado con caderas, rodillas y tobillos en  $90^\circ$  de flexión. El antropometrista se encuentra de pie frente al sujeto y las ramas del paquímetro se coloca ligeramente hacia abajo, en la bisectriz del ángulo recto formado a nivel de la rodilla.

Pliegues cutáneos: Se toman entre los dedos pulgar e índice de la mano no dominante se obtiene un pliegue de piel y tejido adiposo subcutáneo, evitando incluir músculo (Lohman et al., 1988). Este pliegue se realiza aproximadamente a 1 cm del lugar donde se tomará la medida, lo cual es necesario para que la presión de los dedos no afecte a dicho valor. Con la mano dominante se coloca el calibrador a 1 cm del punto de agarre sin soltar el pliegue, debiendo permitir que la presión tenga efecto. La lectura se realiza a los dos o tres segundos de haber aplicado el calibrador tal como recomiendan Kramer y Ulmer, (1981).

Pliegue de Tríceps. - Se encuentra situado en el punto medio de la distancia Acromio-Radial, en la parte posterior del brazo. Es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, estando este relajado.

Pliegue Subescapular. - Se toma en el ángulo inferior de la escápula, con una inclinación de  $45^\circ$  respecto al horizontal, oblicuamente hacia abajo y afuera. Los brazos estarán relajados a los lados del cuerpo.

Pliegue del Bíceps. - Se sitúa en la parte anterior del brazo. El pliegue es vertical y paralelo al eje longitudinal del brazo, se toma a 1cm. Por encima del punto el cual se obtiene el pliegue tricipital. La palma de la mano estará dirigida hacia delante.

Pliegue Supraespinal. - es el sitio en la inserción de dos líneas la "línea", desde la marca ilioespinal marcada hasta el borde axilar anterior y la línea horizontal a nivel de la marca iliocrestal, el pliegue corre en un ángulo de 45° siguiendo el clivaje natural de la piel.

Pliegue Abdominal. - El sitio se identifica en el lado derecho del sujeto, con una marca longitudinal a 5cm del punto medio del ombligo. El panículo corre verticalmente.

Pliegue Pantorrilla Medial. - El sujeto asume una posición relajada de pie con los brazos al lado del cuerpo y el pie derecho sobre el cajón de medición. La rodilla derecha esta flexionada en un ángulo aproximado de 90°. El pie derecho del sujeto esta sobre el cajón de medición, con la pantorrilla relajada.

El pliegue corre paralelo al eje longitudinal de la pierna.

#### Índice de Masa Corporal

Aunque el IMC no se considera un método para evaluar la composición corporal, es ampliamente utilizado en adultos tanto a nivel clínico como epidemiológico. El IMC solo requiere la altura y el peso de una persona. Determinado por el peso en kilogramos dividido por la altura en metros al cuadrado ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ). El uso de grandes bases de datos para desarrollar valores de referencia de IMC permite clasificar a las personas en categorías de bajo peso, peso corporal normal, sobrepeso y obesidad. El uso de este índice ha sido criticado porque el peso no siempre lo determina la grasa sino la MLG, por lo que muchas veces se dan valoraciones de

sobrepeso sin tener en cuenta el porcentaje de grasa estimado, como levantadores de pesas, lanzadores, jugadores de baloncesto, etc, debido a que estos deportistas manejan altos pesos a expensas de MLG. El IMC contribuye de manera pequeña a la evaluación de los deportistas, por ello no es recomendado como único indicador.

### 1.4.3 Proporcionalidad corporal

La proporcionalidad corporal es la relación de las distintas partes del cuerpo humano, son de gran interés para el conocimiento biológico del hombre y para el estudio de los atletas, ya que se puede estudiar la relación entre el tamaño de los segmentos corporales de los deportistas y sus resultados deportivos (Esparza, 1993).

El somatotipo hace referencia de una forma fotográfica al perfil del deportista respecto a tres componentes, la Endomorfia (hace referencia a cuerpos redondos propias de disciplinas como los lanzamientos en atletismo, la Mesomorfia (hace referencia al tejido músculo esquelético corporal, siendo característica predominante en velocistas y la Ectomorfia (hace referencia a formas corporales longilíneas propias de disciplinas como el salto de altura (ISAK, 2001; Ros, 1991).

A continuación, se describen las características de los atletas según su morfología distinguiéndose para hombres (Tabla 12) y para mujeres (Tabla 13) (Pacheco del Cerro, 1996).

*Tabla 12.*

Características de los atletas hombres según su morfología.

Disciplinas del atletismo	Características morfológicas
---------------------------	------------------------------

---

<i>Carreras de velocidad y 100</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de extremidades medias.</li> <li>- Tronco aplanado.</li> <li>- Gran desarrollo muscular extremidades inferiores.</li> <li>- Mesoectomorfia.</li> <li>- Poca grasa corporal, sobre todo en extremidades.</li> </ul>
<i>Lanzamiento de peso</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes volúmenes, extremidades largas, así como grandes diámetros del tronco, incluso los de las caderas.</li> <li>- Gran desarrollo muscular y óseo.</li> <li>- La mayor cantidad de grasa entre los atletas.</li> <li>- Mesoendomorfia.</li> <li>- Grasa centrípeta.</li> </ul>
<i>Carreras de vallas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de extremidades largas, con tronco cortó.</li> <li>- Tendencia a la mesoectomorfia.</li> </ul>
<i>Lanzamiento de disco</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extremidades proporcionalmente muy grandes, anchuras del tórax grandes y caderas estrechas.</li> <li>- Mesomorfia balanceada</li> </ul>
<i>Carreras de fondo y medio fondo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos longilíneos, con tamaño pequeño y extremidades cortas.</li> <li>- Tórax aplanado.</li> <li>- Poca grasa corporal,</li> <li>- Tendencia a la ectomorfia</li> </ul>
<i>Lanzamiento de jabalina</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extremidades superiores cortas, contrarrestadas con gran envergadura, extremidades inferiores cortas; diámetros de las caderas estrechos en relación con otros lanzadores.</li> <li>- Mesomorfia balanceada.</li> </ul>
<i>Salto de altura</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de las extremidades largas, tronco estrecho y tórax aplanado.</li> <li>- Tendencia a la ectomorfia.</li> <li>- Poca grasa y poco desarrollo óseo.</li> </ul>
<i>Lanzamiento de martillo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Junto con los lanzadores de peso, son los atletas más voluminosos, con grandes diámetros del tronco, sin que predominen tanto las longitudes de las extremidades.</li> <li>- Mesoendomorfia.</li> <li>- Grasa centrípeta.</li> </ul>
<i>Salto con pértiga</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extremidades cortas y tronco largo.</li> <li>- Dimensiones transversales del tronco grandes.</li> <li>- Gran desarrollo muscular y óseo de las extremidades</li> </ul>
<i>Decatlón</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tienen proporciones intermedias entre lanzadores y salteadores de pértiga.</li> <li>- Mesoectomorfia</li> </ul>

<i>Salto de longitud y triple</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tendencia a la linealidad, sobre todo en triple.</li> <li>- Tronco muy trapezoidal.</li> <li>- Desarrollo óseo de las extremidades importante.</li> <li>- Mesoectomorfia</li> </ul>
<i>Marcha</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tronco largo y extremidades cortas.</li> <li>- Linealidad.</li> <li>- Tendencia a la ectomorfia.</li> <li>- Poco desarrollo muscular</li> </ul>

Tabla 13.

Características de las atletas mujeres según su morfología.

<i>Disciplinas</i>	<i>Características</i>
<i>Carreras de velocidad y 400</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de extremidades inferiores largas.</li> <li>- Tronco trapezoidal.</li> <li>- Gran desarrollo perímetro-pierna.</li> <li>- Mesoectomorfia.</li> </ul>
<i>Carreras de vallas</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de extremidades inferiores largas, con tronco cortó.</li> <li>- Tórax aplanado.</li> <li>- Mesoectomorfia.</li> </ul>
<i>Carreras de fondo y medio fondo</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tipos longilíneos, con tamaño pequeño.</li> <li>- Poca grasa corporal, sobre todo en fondistas. Tendencia a la mesoectomorfia.</li> </ul>
<i>Salto de altura</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de las extremidades inferiores largas, tronco estrecho y tórax aplanado.</li> <li>- Ectomorfia.</li> <li>- Poca grasa corporal.</li> <li>- Poco desarrollo óseo y muscular</li> </ul>
<i>Salto de longitud</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Longitudes de las extremidades inferiores largas.</li> <li>- Tronco trapezoidal y tórax circular.</li> <li>- Mesoectomorfia.</li> </ul>
<i>Lanzamiento de peso</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grandes volúmenes, extremidades cortas.</li> <li>- Gran desarrollo óseo, pero poco desarrollo muscular relativo.</li> <li>- La mayor cantidad de grasa entre los atletas.</li> <li>- Mesoendomorfia exagerada.</li> </ul>

	- Grasa centrípeta.
Lanzamiento de disco	- Extremidades muy cortas y tronco largo y ancho. - Mesoendormofia.
Lanzamiento de jabalina	- Extremidades cortas, contrarrestadas con gran envergadura. - Extremidades inferiores cortas. - Tronco ancho. - Mesomendormofia. - Grasa corporal centrípeta.
Heptatlón	- Tendencia a la linealidad. - Mesoectormofia
Marcha	- Tronco largo y extremidades cortas. - Linealidad. - Mesoectormofia. - Poco desarrollo muscular.

---

## Bioimpedancia

El análisis de impedancia bioeléctrica es un método para evaluar la composición corporal basado en la conducción de corrientes eléctricas a través de los tejidos corporales, la cual es alta en el tejido magro donde se encuentran en mayor proporción los líquidos acuosos y electrolitos y baja, en el tejido graso. Por lo tanto, la impedancia bioeléctrica es inversamente proporcional al agua corporal y de masa libre de grasa (Foster & Kotler, 1996).

El estudio de la composición corporal por bioimpedancia ha tenido un gran desarrollo porque es un método económico, rápido, no invasivo, con mínimas dificultades técnicas y, a

diferencia de la antropometría, no requiere un alto nivel de capacitación del evaluador para la aplicación de la técnica de medición (Kotler, 1996; Lupoli et al., 2004).

Se han utilizado diversas técnicas para la medición de la impedancia bioeléctrica; las más usadas son mano-pie, mano-mano y pie-pie (Ellis, 2001; Gualdi-Russo, 2002).

A pesar de que la técnica mano-pie tiene mayor precisión y es la recomendada por la Sociedad Europea de Nutrición Clínica (Kyle et al., 2004), la técnica pie-pie (básculas de bioimpedancia) es la más utilizada en nuestro medio por ser poco costosa y de fácil aplicación.

El análisis de impedancia bioeléctrica y antropométrica tiene características similares en términos de accesibilidad y facilidad de uso y es un método de campo doblemente indirectos que utiliza ecuaciones predictivas en función de la edad, el sexo y el grado de actividad física del individuo evaluado. Sin embargo, cuando se comparó el porcentaje de grasa corporal estimado por ambos métodos con la densitometría como método de referencia, los resultados obtenidos fueron contradictorios. Algunos autores informaron una mejor correlación entre el análisis de impedancia bioeléctrica y la densitometría, mientras que otros informaron una mejor correlación entre las medidas antropométricas y los métodos de referencia (Lohman, 1992; Martínez, 2002).

A lo largo de los años, la antropometría ha permitido a los profesionales de la salud familiarizarse con varias ecuaciones para predecir la grasa corporal. Por su parte, el análisis de impedancia bioeléctrica es un método relativamente nuevo; su aplicación con la técnica pie-pie es la de mayor uso, aunque las ecuaciones de predicción contenidas en el dispositivo no son publicadas por el fabricante por considerarse secretos comerciales (TANITA, 2000).

#### **1.4.4 Antecedentes de estudios relacionados con la composición corporal y el rendimiento físico.**

Algunos de los antecedentes relacionados con la composición corporal muestran que, a pesar de la importancia de la composición corporal en los atletas, faltan datos de referencia sobre la composición corporal específica del deporte y el deporte. Nuestro objetivo es desarrollar valores de referencia para la composición corporal y las mediciones antropométricas en atletas. En cuanto al método se analizó el peso corporal y la altura se midieron en 898 atletas (264 mujeres, 634 hombres), las variables antropométricas se evaluaron en 798 atletas (240 mujeres y 558 hombres) y en 481 atletas (142 mujeres y 339 hombres) con X de energía dual Absorciometría de rayos (DXA). Un total de 21 deportes diferentes fueron representados. Los percentiles de referencia (5<sup>o</sup>, 25<sup>o</sup>, 50<sup>o</sup>, 75<sup>o</sup> y 95<sup>o</sup>) se calcularon para cada valor medido, estratificado por sexo y deporte. Debido a que los tamaños de muestra dentro de un deporte a menudo eran muy bajos para algunos resultados, los percentiles se estimaron usando un parámetro paramétrico, Marco empírico bayesiano que permitió compartir información a través de los deportes. Los resultados: Derivamos percentiles de referencia específicos de sexo y deporte para los siguientes resultados de DXA: contenido mineral óseo total (exploración de todo el cuerpo) y regional (subtotal, tronco y apendicular), densidad mineral ósea, masa grasa absoluta y porcentual, grasa Masa libre, y tejido magro. Además, derivamos los percentiles de referencia para los índices de altura normalizada al dividir la masa grasa, la masa libre de grasa y el tejido blando apendicular magro por la altura al cuadrado. También obtuvimos percentiles de referencia específicos de sexo y deporte para los siguientes resultados de antropometría: peso, altura, índice de masa corporal, suma de grosores de pliegues cutáneos (7 pliegues cutáneos, pliegues cutáneos apendiculares, pliegues cutáneos del tronco, pliegues cutáneos del brazo y pliegues cutáneos en las piernas), circunferencias (cadera), circunferencia del brazo, mitad del muslo, pantorrilla y abdomen), y

circunferencias musculares (circunferencias musculares de brazo, muslo y pantorrilla). En cuanto a las conclusiones: Estos percentiles de referencia serán una herramienta útil para los profesionales del deporte, tanto en entornos clínicos como de campo, para la evaluación de la composición corporal en atletas (Santos et al., 2014).

Se evaluó una población de atletas mexicanos, se realizó antropometría general, el somatotipo y su proporcionalidad (estratagema 'Phantom') en 100 mexicanos: un grupo de atletas (N = 77) y otro grupo control (N = 23). El método de proporcionalidad Phantom, resultó menor en casi todos los valores numéricos de sus variables, en el grupo mexicano de control comparado con el del prototipo Phantom de Ross. Fueron comparados los somatotipos de Heath-Carter y el grado de adiposidad, de atletas mexicanos con los de atletas olímpicos de venezolanos que compitieron en los juegos de 'México 68' y de 'Montreal 76'. La comparación de los atletas mexicanos con los olímpicos mostró que los primeros fueron menos mesomorfos y ectomorfos, pero más endomorfos que los olímpicos. Sin embargo, en general no se encontraron diferencias significativas en el grado de adiposidad. Debido a que se requieren constituciones corporales (dimensiones corporales) diferentes, para destacar a nivel nacional e internacional en los deportes, es posible que dichas diferencias observadas entre los atletas mexicanos y los olímpicos sean una consecuencia tanto de las adaptaciones-intensidad del entrenamiento como de variaciones biológicas individuales. Los atletas que participaron en este estudio diferían en composición corporal y somatotipo de los atletas olímpicos (Pérez et al., 2004).

El objetivo de otro estudio Gomes-Campos et al. (2013) fue comparar las variables antropométricas de velocistas brasileiros con velocistas internacionales de elite y b) describir la proporcionalidad de velocistas brasileiros de élite. Fueron evaluados diez velocistas de élite de la Confederación Brasileira de Atletismo. Se evaluó el peso, talla, 4 pliegues cutáneos y 2

diámetros óseos. Se dividió en cuatro componentes corporales (peso residual, óseo, grasa y muscular) y se determinó la proporcionalidad por medio de la estrategia del phantom. Los resultados mostraron que los velocistas brasileños tenían bajo peso, un IMC más bajo y menor edad que los velocistas de élite mundial, pero son similares en talla. En la proporcionalidad muestran valores inferiores de tejido adiposo y peso graso, sin embargo, presentaron mayor diámetro de la muñeca, peso residual, óseo y muscular. Los resultados sugieren que el grupo de velocistas brasileños adolecen de años de entrenamiento para poder ganar mayor peso corporal. Estos atletas se caracterizan por presentar complejidad gruesa en la muñeca y mayor peso óseo y muscular en el phantom.

Otro estudio describió las características antropométricas y funcionales de los corredores de fondo de élite. El método: estudio transversal de 19 deportistas profesionales de élite (edad  $28.2 \pm 6.9$  años). Se midieron 24 variables antropométricas, según las normas de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). Se calcularon los tres componentes del somatotipo de Heath-Carter y se estimó la composición corporal con las ecuaciones propuestas por Siri, Matiegka, Jackson y Pollock. Como indicadores funcionales se midió la capacidad funcional mediante el consumo máximo de oxígeno por ergometría, la potencia anaeróbica por salto vertical y la capacidad anaeróbica por el test de Wingate. Resultados: En cuanto a la composición corporal, los resultados obtenidos fueron los siguientes: porcentaje de masa grasa de  $13.3 \pm 3.2$ ; proporción muscular de  $47.3 \pm 2.5\%$  e índice de adiposidad corporal de  $24.1 \pm 3.3$ . El somatotipo grupal fue el mesomorfo-balanceado (3,6-4,0-2,1). Con respecto a los indicadores funcionales, se hallaron: valores promedio de capacidad aeróbica por  $VO_2$  máx de  $42.6 \pm 8.1$  mL•kg<sup>-1</sup>•min<sup>-1</sup>; potencia anaeróbica de  $106.0 \pm 31.8$  kg•s<sup>-1</sup> y capacidad anaeróbica pico de  $6501.0 \pm 1831.6$  K/jul. Conclusiones: estos resultados pueden proporcionar un perfil de corredores de fondo que puede utilizarse como

meta para el desarrollo de atletas, así como dar información para el entrenamiento y el énfasis táctico (Ramírez-Vélez et al., 2015).

En otra investigación se realizó en 93 atletas de pista y campo del sur de la India se analizó la antropometría y la composición corporal asociada con el desempeño de los atletas masculinos de pista y campo de nivel universitario del sur de la India. Se estudio a 22 velocistas (100 y 200), con una edad promedio de 19.5 años, altura 172.1 cm y peso 68.2 kg; también se analizó a 20 corredores de media distancia (800 y 1500), con una edad promedio de 19 años, altura 166.8 cm y peso 62.5 kg; también se analizó a 16 corredores de larga distancia (5000 y 10000), con una edad media de 18,7 años, altura 167,2 cm y peso 62,1 kg; también se analizó a 20 lanzadores (bala, disco y lanzamiento de martillo), con una edad media de 19 años, altura 170.8 cm y peso 72.6 kg y por último se analizó a saltadores (salto alto, largo y triple), con una edad media 18.3 años, altura 169.9 cm y peso 64.1 kg. Además de la, suprailíaco y pantorrilla), se midieron dos anchos bicondilares (húmero y fémur) y dos circunferencias (bíceps y pantorrilla). Las evaluaciones de los somatotipos se realizaron según el método de Carter y Heath (1990). El IMC se calculó como la masa corporal dividida por el cuadrado de la altura ( $\text{kg} / \text{m}^2$ ). La somatocarta indicó que los velocistas y corredores de media distancia son mesomorfos ectomorfos, los corredores de larga distancia son mesomorfos ectomorfos mientras que los lanzadores son mesomorfos endomorfos. Los saltadores cayeron en la categoría de somatotipos de mesomorfos equilibrados. Entre todos los grupos, el porcentaje de grasa corporal es más bajo en velocistas ( $6.23 \pm 0.83\%$ ) y más alto en lanzadores ( $7.38 \pm 0.85\%$ ). Esto se reflejó en sus componentes endomórficos, que es más bajo en velocistas ( $2.53 \pm 0.45$ ) y más alto en lanzadores ( $3.39 \pm 0.65$ ). El componente ectomorfo es muy marcado en los corredores de larga distancia ( $3.56 \pm 0.65$ ) mientras que la mesomórfica fue mayor en los velocistas ( $4.31 \pm 0.91$ ). Los lanzadores tienen valores significativamente más altos de pliegues cutáneos que otros grupos. En comparación con sus contrapartes en el

extranjero, los atletas de eventos de pista y campo en el presente estudio exhibieron valores endomórficos mayores (Abraham, 2010).

En otro estudio se analizó a 54 atletas croatas de atletismo de nivel nacional para conocer las características morfológicas se tomaron medidas corporales antropométricas en una muestra de 15 velocistas (100, 200m.), 16 velocistas de resistencia (400m.), 10 corredores de media distancia (800 y 1500m.) y 13 corredores de larga distancia (5000 y 10000m.). También se calcularon el porcentaje de grasa corporal, el índice de masa corporal y el somatotipo; también se calculó el somatotipo. El análisis discriminante canónico mostró diferencias significativas entre los atletas de diversas pruebas de en las medidas de volumen y grasa corporales, mientras que no se encontraron diferencias significativas en las variables de dimensiones longitudinales y transversales del esqueleto. El ANOVA y la prueba t de Student para muestras independientes mostraron una circunferencia del muslo y de la parte inferior de la pierna estadísticamente significativa en los velocistas, así como un mayor pliegue cutáneo del brazo en los corredores de media distancia. El componente mesomórfico es una característica dominante del somatotipo de los corredores en todos eventos, mientras que el componente ectomórfico es el menos marcado (Vučetić et al., 2008).

## Capítulo 2: Fundamentos Metodológicos

### 2.1 Diseño de la investigación

Se presenta un trabajo con alcance descriptivo y correlacional de corte transversal, es descriptivo porque busca especificar las características y perfiles hacia las pruebas en que está dividido la participación del atletismo con relación a las variables estudiadas, es correlacional ya que se propone encontrar el grado de relación existente entre el conjunto de variables genéticas, dermatoglíficas y de proporcionalidad corporal en las diferentes disciplinas del atletismo, es transversal ya que es un trabajo que se realiza en un período de tiempo específico, con enfoque cuantitativo debido a que es una revisión numérica y de análisis estadísticos y de diseño no experimental ya que no habrá una manipulación deliberada de las variables (Hernández et al., 2014).

### 2.2 Población y muestra

La población objeto de estudio son estudiantes atletas que son parte del equipo representativo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León integrados por 108 estudiantes pertenecientes a las distintas facultades. Participó una muestra final de 87 (80.55%) con una edad promedio de  $20.05 \pm 2.20$  años, de los cuales 44 (50.6%) son hombres y 43 (49.4%) mujeres; en la siguiente tabla 14 se muestra la distribución de los atletas por prueba y género.

*Tabla 14.*

Participación de la muestra de hombres y mujeres por disciplinas agrupadas.

Pruebas	Hombres	Mujeres	Total
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400	15	16	31

---

c/v,4x100, 4x400			
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstaculos	3	7	10
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	3	1	4
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	11	6	17
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	6	9	15
Pruebas combinadas: heptatlón y decatlon	4	2	6
Marcha atlética: 10 k, 20k y 50 k	2	2	4
Total	44	43	87

---

### 2.3 Criterios de inclusión

- Atletas pertenecientes al equipo representativo de la UANL.
- No excedan la edad límite permitida de 24 años 11 meses para formar parte del equipo representativo de atletismo de la UANL.
- Haber firmado el consentimiento informado.

### 2.4 Criterios de exclusión

- Individuos con cicatrices, atrofas o heridas en las huellas dactilares por patología o accidentes.
- Atletas con amputación parcial o total de alguna de las falanges a registrar.
- El no cumplir con todas las pruebas consideradas en la metodología del estudio

### 2.5 Métodos cuantitativos de recolección de los datos

De acuerdo a que las tomas de muestras y mediciones antropométricas son una herramienta de evaluación en el proceso de investigación, salud o deporte, se hace necesaria la firma de un consentimiento informado previo a la toma de muestras y

mediciones. Por tal motivo se proporcionará a los atletas la información necesaria en forma verbal y escrita, expresada en lenguaje sencillo. La aprobación de ingresos al protocolo será obtenida del mismo sujeto, o bien de los padres o tutores si éste está incapacitado para aportar una decisión.

### **2.5.1 Factores genéticos**

A continuación se detalla el material y equipo utilizado para el análisis de muestras.

#### **2.5.1.1 Reactivos químicos y material biológico**

- Aplicadores de algodón Puritan®
- Muestras de epitelio bucal de atletas pertenecientes al equipo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
- Agarosa Sigma®
- Acrilamida/Bis 19:1 Solución 30% Bio-Rad
- Buffer fosfato salino PBS 1x
- 4 gr NaCl
- 0.1 gr KCL
- 0.72 gr Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>
- 0.12 gr KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>
- Buffer TAE 50X
- 242gr Tris base
- 57.1 ml Ac. Acético
- 100 ml EDTA 0.5M (pH 8)
- Agua destilada
- Buffer TBE 5X
- 54 gr Tris Base

- 27.5 gr Ac bórico
- 20 ml EDTA 0.5M (pH 8)
- Agua destilada
- Buffer de carga Promega® Blue/Orange 6X Loading Dye
- Paquete para extracción de ADN PROMEGA® Wizard® SV Genomic DNA Purification System.

- Columnas Miniprep
- Tubos de centrifuga 1.5 ml
- Tubos de centrifuga 2 ml
- RNasa A
- Buffer C-L
- Proteinasa K
- PK buffer
- Buffer P-D
- Buffer W1
- Buffer W2 (concentrado)
- Eluente
- Mezcla de PCR GoTaq®Geen Master Mix, 2X (Promega):
- 2X Green GoTaq®Reaction Buffer (pH: 8.5)
- 400 µM dATP
- 400 µM dGTP
- 400 µM dCTP
- 400 µM dTTP
- 3 µM MgCl<sub>2</sub>
- Marcador molecular Axygen® 100 pb DNA ladder
- Marcador molecular Promega® 50 pb DNA ladder

- *Oligonucleótidos cebadores (PRIMERS):*
- *ACE I/D*
- *ACTN3 R577X (rs1815739)*
- *G3PDH: Eurofins MWG| Operon*
- Persulfato de Amonio 10%
- Reactivos para Enzima de Restricción Invitrogen®
- Enzima Ddel, 500 U
- 10X Buffer T (libre de BSA)
- 330 mM Tris acetato, pH 7.9
- 100 mM acetato de Magnesio
- 5 mM DTT
- 660 mM acetato de potasio
- BSA 0.1 %
- TEMED

#### **2.5.1.2 Equipo de laboratorio**

- Micropipetas
- Termociclador labnet
- Camara electroforética
- Fuente de poder
- Tansiluminador
- Microcentrifuga
- Vortex
- Balanza analítica
- Termomixer
- Cabina de bioseguridad

- Microondas LG
- Congelador TOR REY
- Equipo espectrofotometría de micro volúmenes NanoDrop 2000 (Thermo Scientific™) para cuantificación de ADN
- Termociclador Axygen MaxiGene™ Gradient Thermal

### **2.5.1.3 Obtención de muestra de mucosa bucal**

Se utilizaron guantes de látex, cubre boca, microtubos, hisopos de algodón estériles y cintas con códigos, se les explica a los sujetos que se hará un raspado de sus células bucales frotando el interior de ambas mejillas por 30 segundos de cada lado. El encuestador deberá tener los guantes puesto, el sujeto deberá quedar de frente al encuestador, se abre la envoltura de hisopo del lado de la flecha, se toma el mango del hisopo con el dedo índice y el puño cerrado para sostener el mango del hisopo y con la otra mano deberá sostener la cara del sujeto pidiéndole que habrá la boca lo más que pueda, se introduce el hisopo en la mejilla interior y se inicia el raspado bucal, comenzando a raspar de un lado de la mejilla de arriba hacia abajo, repitiendo el procedimiento 30 segundos, con suficiente fuerza de tal manera que se sienta la presión, después repetir este procedimiento en la otra mejilla, se debe tomar en cuenta el no girar el hisopo y se utilizara una cara del hisopo para una mejilla y la otra cara para la otra mejilla, al finalizar el raspado se sumergirá la cabeza de algodón de los hisopos en microtubos de 1.5 mL conteniendo 300µL de PBS (solución amortiguadora salina y fosfato) estéril, frotando las paredes del tubo por un minuto aproximadamente. El hisopo se desechará al finalizar. Los microtubos se sellaron, se colocó el código correspondiente y se mantendrán a -20°C hasta el momento de extracción de DNA.

### **2.5.1.4 Extracción de DNA genómico**

La extracción de ADN genómico se realizó por el método de filtración en columna a partir de epitelio bucal con el paquete de extracción de DNA PROMEGA® Wizard® SV Genomic DNA Purification System. Dicho protocolo se describe brevemente a continuación.

#### **2.5.1.5 Lisis y homogenización de la muestra**

1. Transferir 400µl de muestra a un nuevo microtubo de 1.5 ml.
2. Añadir 150µl de Wizard® SV Lysis Buffer. Mezclar el lisado
3. Transferir cada muestra lisada a una mini-columna montada Wizard® nueva.
4. Centrifugar la mini-columna montada a 13,000 x g por 3 minutos.
5. Remover la mini-columna del montaje y decantar el líquido colectado en el tubo.

Recolectar la mini-columna en el tubo colector.

6. Añadir 650µl de Column Wash Solution (CWA; con etanol 95% añadido) a cada montaje. Centrifugar a 13,000 x g por 1 minuto. Descantar el líquido colectado en el tubo. Repetir este paso 4 veces.
7. Desechar el líquido colectado en el tubo y recolocar la mini-columna en el tubo colector. Centrifugar 2 minutos a 13,000 x g para secar la estructura de recolección.
8. Transferir la mini-columna Wizard® SV a un nuevo tubo de 1.5 ml. Añadir 250µl de agua libre de nucleasas a temperatura ambiente. Incubar por 2 minutos a temperatura ambiente.
9. Centrifugar la mini-columna montada en el nuevo tubo de elusión a 13,000 x g por 1 minuto. La elusión total obtenida fue de 250µl.
10. Desechar la mini-columna y almacenar el DNA purificado del nuevo microtubo a -20°C.

### **2.5.1.6 Validación de la extracción del DNA genómico**

La cuantificación del DNA extraído se realizó utilizando el equipo NanoDrop 2000 (Thermo Scientific™) y se evaluó la presencia de algún contaminante, así como los ng/μl de cada muestra.

### **2.5.1.7 Calidad del DNA genómico**

La calidad del DNA se evaluó mediante PCR del gen constitutivo humano de gliceraldehido-3-fosfato deshidrogenasa *G3PDH* para todas las muestras utilizando los primers diseñados. El volumen final de reacción fue de 25 μl, conteniendo 12.5 μl de GoTaq® Green Master Mix 2X, 1 μl de Oligonucleótidos 10 μM, 2 μl de ADN con una concentración de 50-100 nM y agua libre de nucleasas a llegar al volumen final, seguido de las siguientes condiciones de amplificación: 94°C 2 min, 35 ciclos de 94°C 1 min, 60°C 1 min, 72°C 1 min y una extensión final de 72°C 5 min. El tamaño del fragmento observado fue de 455 pb.

### **2.5.1.8 Caracterización genética de muestras mediante diferentes técnicas de PCR**

Las muestras de DNA se amplificaron para cada uno de los genes a analizar, se tomaron en cuenta un control positivo y un control negativo para cada reacción con la finalidad de descartar contaminación.

### **2.5.1.9 PCR**

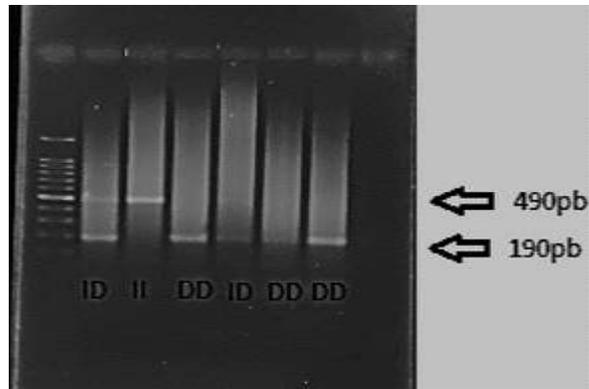
Para la caracterización del gen ACE se empleó la técnica de PCR en la cual se emplearon los primers diseñados en base a las secuencias reportadas (CTGGAGACCACTCCCATCCTTTCT, GATGTGGCCATCACATTCGTCAGA) (Rigat et al.,

1992). El volumen final de reacción fue de 25 µl, conteniendo 12.5 µl GoTaq® Green Master Mix 2X, 1 µl de Oligonucleótidos 10 µM, 2 µl de ADN con una concentración de 50-100 nM y agua libre de nucleasas a llegar al volumen final, seguido de las siguientes condiciones de amplificación: 94 °C 5 min, 45 ciclos de 94°C 1 min, 64°C 1 min, 72°C 1 min y una extensión final de 72°C 5 min. El alelo I se observó mediante un fragmento de 490 pb, mientras que el alelo D generó un fragmento de 190 pb. El genotipo ID se observó mediante la amplificación de 2 bandas separadas de 490 y 190 pb. Con la finalidad de no caracterizar una muestra de manera errónea ID como DD, todos los genotipos DD fueron amplificados empleando un segundo par de oligonucleótidos específicos para la secuencia insertada (Rigat et al., 1992). La corroboración de este genotipo se realizó en una reacción final de 25 µl obtenida de una mezcla de 12.5 µl GoTaq® Green Master Mix 2X, 1 µl de Oligonucleótidos 10 µM, 2 µl de DNA con una concentración de 50-100 nM y agua libre de nucleasas a llegar al volumen final de reacción. El programa de PCR consistió en las condiciones de amplificación anteriormente mencionadas, solo el alelo I genera un amplicón de 335 pb, mientras que el alelo DD no muestra amplificación.

Para la calidad del DNA se utilizó el control interno G3PDH y para la determinación del polimorfismo del gen ACE se emplearon oligonucleótidos específicos para la región del intrón 16. Se observan los 3 genotipos del gen ACE: DD, ID, II (Figura 7).

#### **2.5.1.10 Genotipado ACE**

**Figura 7.** El gel muestra los diferentes genotipos del gen ACE. Gel de agarosa al 1.5%.



### **2.5.1.11 Electroforesis en Gel de Agarosa gen ACE**

Las muestras tratadas por PCR fueron analizadas mediante la técnica de electroforesis en gel de agarosa a 1.5% para ACE. La fuente de poder se ajustó a 100V, 300mA por 35 minutos en geles de dos líneas. Para la determinación del tamaño de los amplicones se utilizaron marcadores de peso molecular de (100-bp DNA Ladder; Invitrogen).

Los geles fueron teñidos durante 10 minutos con solución de bromuro de etidio y visualizados en un transiluminador de luz UV posteriormente la imagen fue guardada digitalmente por medio de fotodocumentador.

### **2.5.1.12 Genotipado ACTN3**

En la Tabla 15, se muestran los cuatro cebadores empleados para la obtención del genotipado del gen actn3.

*Tabla 15.*

Secuencias de los cebadores específicos del alelo (cebadores externos) y de los cebadores específicos de C-R y T-X.

Nombre	Secuencia	Tamaño del producto
hACTN3f	5-CGCCCTTCAACAACCTGGCTGGA-3	690 bp with hACTN3r
hACTN3r	5-GATGAGCCCGAGACAGGCAAGG-3	690 bp with hACTN3f
hACTN3Tif	5-CAACACTGCCCGAGGCTGACTG-3	318 bp with hACTN3r
hACTN3Cir	5-CATGATGGCACCTCGCTCTCGG-3	413 bp with hACTN3f

Las concentraciones finales utilizadas fueron de 0,5  $\mu\text{M}$  para los cebadores externos (hACTN3f y hACTN3r) y de 0.125 y 0,25  $\mu\text{M}$  para los cebadores internos (hACTN3Tif y hACTN3Cir, respectivamente). En la práctica, los cebadores a 5  $\mu\text{M}$  se mezclaron en un tubo añadiendo cuatro volúmenes de cada cebador externo (hACTN3f y hACTN3r), un volumen del cebador interno directo (hACTN3Tif) y dos volúmenes del cebador interno inverso (hACTN3Cir). Se añadió un volumen de 5  $\mu\text{l}$  de la mezcla de cebadores a 10  $\mu\text{l}$  de 2xGoTaq Green Master Mix (Cat. M7122; Promega) y 5  $\mu\text{l}$  de la muestra de DNA para obtener un volumen de reacción de 20  $\mu\text{l}$ . Las muestras se sometieron a las siguientes condiciones de PCR 95°C durante 2 min; 35 ciclos a 95°C durante 10 s, 68°C durante 10 s y 72°C 45 s; y un paso final de 72°C durante 2 min en un termociclador (Mod. TX25; AmpliTherm Thermal Cycler). Los productos de la PCR se analizaron en geles de agarosa al 1.5% con tinción de gel de DNA SYBR Safe 1:10,000 (Invitrogen) y se compararon con un marcador de longitud de 100 pb (100-bp DNA Ladder; Invitrogen).

PCR y la electroforesis en gel se realizaron como se ha descrito anteriormente. La PCR de cuatro cebadores se realizó con dos cebadores externos y dos internos. Los cebadores externos se combinan para producir el producto de control de la PCR (690 pb) en todas las muestras. El cebador interno directo se combina con el cebador externo inverso para producir

un producto de 318 pb, que indica la mutación T, si el alelo X está presente. El cebador interno inverso se combina con el cebador externo directo para producir un producto específico C de 413 pb si el alelo R está presente (Schadock et al., 2015).

### **2.5.1.13 Electroforesis en Gel de Agarosa gen ACTN3**

Las muestras tratadas por PCR fueron analizadas mediante la técnica de electroforesis en gel de agarosa a 1.5% para ACE. Los gels fueron teñidos durante 10 minutos con solución de bromuro de etidio y visualizados en un transiluminador de luz UV posteriormente la imagen fue guardada digitalmente por medio del fotodocumentador.

La primera columna contiene la escalera (100-bp DNA Ladder; Invitrogen). La última columna presenta el producto de la PCR de control.

En la Figura 8, se muestra en el gel los diferentes genotipos del gen ACTN3: RR, RX, XX . Gel de agarosa al 1.5%.

Figura 8. Genotipado del polimorfismo ACTN3 r577x.



### **2.5.2 Dermatoglifia dactilar**

Para la medición y análisis de las potencialidades físicas innatas fue utilizada la técnica de dermatoglifia dactilar, de acuerdo con el protocolo propuesto por Cummins y Midlo (1961).

Dicha metodología consiste en la toma de las huellas de los 10 dedos de las manos, que

anteriormente se hacía en base a tinta y papel o lupa en mano, en el presente trabajo se hizo con el Lector Dermatoglífico Informatizado (Nodari et al., 2008; Nodari & Heberle, 2014). Que está constituido por un escáner óptico de rodamiento que recoge e interpreta la imagen construyendo un código binario, proporcionando imágenes reales y binarias en blanco y negro.

Después de la recogida de las imágenes de todas las huellas, el usuario del Lector Dermatoglífico® tienen la opción de seleccionarlas una a una para unir los puntos contenidos en las presillas y los verticilos, según sea el caso. Por medio de la Línea de Galton, línea imaginaria que tiene como punto de inicio el centro del núcleo y de llegada el centro del delta o los deltas (Rodríguez et al., 2017). Para que el software, por medio de algoritmos específicos, haga la intersección de la línea trazada con las líneas digitales, que proporciona la cantidad de líneas de cada dedo, así como el tipo de dibujo de estos. Por último, el software hace la identificación cualitativa de la imagen y cuantitativa de líneas, generando una hoja de Excel con los datos procesados (Nodari et al., 2008).

### **2.5.3 Evaluaciones antropométricas**

Las evaluaciones antropométricas se realizaron por una persona certificada nivel 3, dos personas certificadas con el nivel 2 y dos personas certificadas con el nivel 1 por la Sociedad Internacional de Avances de la Cineantropometría (ISAK) (Marfell-Jones et al., 2012). Se les realizó las mediciones básicas de la estatura corporal en centímetros (cm), el peso corporal en kilogramos (kg), la talla sentado (cm) y la envergadura (cm). Los deportistas se le agento a temprana hora con un ayuno de no más de 8 horas y sin haber realizado ninguna actividad física, después personas certificadas por el ISAK realizaron las mediciones básicas, citándolos con mínima ropa sin aportar accesorios de metal.

### **2.5.3.1 Masa corporal**

Definición: Masa es la cantidad de materia del cuerpo. Se calcula midiendo el peso, es decir la fuerza que ejerce la materia en un campo gravitacional estándar.

Material: Báscula Fit Scan Body, Body Composition Monitor. Modelo: BC-730F.

Método: La masa corporal es la medida registrada. Esta puede ser estimada (o calculada) pesando la ropa o una ropa similar a la del sujeto a medir cuyo valor se resta del registrado previamente en la balanza. Generalmente, la masa con mínima vestimenta resulta suficientemente precisa. Compruebe que la báscula parte de cero. El sujeto permanece de pie en el centro de la báscula sin apoyo y con su peso distribuido equitativamente en ambos pies.

### **2.5.3.2 Estatura**

Definición: La distancia perpendicular entre el plano transversal del Vertex y los bordes inferiores de los pies.

Material: Estadiómetro seca 213 (20 – 205 cm  $\pm$  5 mm).

Método: Se requiere que el sujeto se pare con los talones juntos, los glúteos y la parte superior de la espalda apoyada en el estadiómetro que se encuentra ubicado en la pared. La cabeza, cuando está en el plano de Frankfort, no necesita estar tocando la escala. El plano de Frankfort se obtiene cuando el punto Orbital (borde inferior de la cuenca del ojo) está en el mismo plano horizontal del punto del Tragion (la muesca superior del trago de la oreja). Cuando están alineados, el Vertex, es el punto más alto del cráneo.

Para colocar la cabeza en el plano de Frankfort se ponen las puntas de los pulgares en cada punto Orbital, y los dedos índices sobre cada punto del Tragion, así ambos quedan alineados de manera horizontal. Una vez que la cabeza está colocada en el plano de Frankfort,

el antropometrista reubica los pulgares en la parte posterior hacia las orejas del sujeto, y lo suficientemente separadas de la mandíbula del sujeto para asegurar que la tracción hacia arriba se transfiera a las apófisis mastoides. Se le indica al sujeto que realice una inspiración profunda y mantenga la respiración. Mientras se coloca la cabeza en el plano de Frankfort, el antropometrista aplica una tracción moderada hacia arriba en el proceso mastoideo. El anotador coloca la escuadra firmemente sobre el Vertex, comprimiendo el cabello tanto como sea posible. El anotador ayuda, vigilando que los talones estén sobre el suelo y que la posición de la cabeza se mantenga en el plano de Frankfort. La medida se toma antes de que el sujeto espire.

### **2.5.3.3 Talla sentado**

Definición: La distancia perpendicular entre los planos transversales del punto del Vértex y la región de los glúteos, con el sujeto sentado.

Material: Estadiómetro seca 213 (20 – 205 cm  $\pm$  5 mm) y un cajón antropométrico con dimensiones de 40 cm de altura, 50 cm de largo y 30 cm de ancho.

Método: La técnica preferida es el método de talla con tracción. El sujeto está sentado sobre el cajón antropométrico o una plataforma elevada. Las manos deben estar descansando sobre los muslos. Se le indica al sujeto que realice una inspiración profunda manteniendo la respiración y mientras se mantiene la cabeza en el plano de Frankfort el antropometrista aplica una tracción moderada en las apófisis mastoides. El anotador coloca la escuadra firmemente sobre el Vértex, comprimiendo el cabello tanto como sea posible. Se debe procurar que el sujeto no contraiga los glúteos o haga presión con las piernas.

#### **2.5.3.4 Envergadura**

Definición: La distancia perpendicular entre los puntos dactilión izquierdo y derecho con los brazos extendidos horizontalmente.

Material: Cinta antropométrica Lufkin, usando conjuntamente con una pared vertical y la esquina de una habitación.

Método: El sujeto está de pie contra la pared, con los pies juntos, frente al antropometrista y extiende los brazos horizontalmente. Los talones, glúteos y parte superior de la espalda, junto con la parte posterior de los brazos, están en contacto con la pared. El sujeto inspira y extiende los brazos al máximo. El anotador ayuda asegurándose de que se mantiene el contacto entre el punto dactilión y la esquina durante toda la medición. El antropometrista se asegura de que los brazos permanecen extendidos al máximo y en horizontal, observando el punto dactilión contra-lateral.

#### **2.5.3.5 Diámetro biacromial**

Definición: La distancia entre los puntos más laterales de los procesos acromiales cuando el sujeto está parado erecto con los brazos colgando a los costados del cuerpo.

Material: Antropómetro Slide

Método: El evaluador se posiciona detrás del sujeto, localiza las marcas con los dedos mayor o medio y luego los saca y aplica las ramas. La orientación de las ramas es en un plano inclinado de 45° respecto al plano horizontal, de abajo hacia arriba.

#### **2.5.3.6 Diámetro bicrestal**

Material: Antropómetro Slide

Definición: Esta es la distancia directa entre los bordes de ambas crestas ilíacas.

Método: La posición del sujeto y del medidor es similar al caso anterior, indicando al sujeto una ligera separación de los brazos para facilitar el procedimiento. Se localizan las crestas palpando con los dedos a la vez que se colocan sobre esta las varillas del antropómetro. El técnico debe ejercer una ligera presión para desplazar el tejido subcutáneo deslizando las varillas de arriba hacia abajo para hallar la mayor magnitud, se efectúa la lectura.

### **2.5.3.7 Índice de masa corporal (IMC)**

El IMC requiere sólo la estatura y peso de la persona. Siendo definido como el peso expresado en Kg sobre la estatura en metros al cuadrado ( $\text{Kg}/\text{m}^2$ ). Con los valores de peso y estatura se obtuvo el IMC utilizando la fórmula de:  $\text{masa (kg)} / \text{estatura (metros}^2\text{)}$ .

## **2.6 Procedimiento**

Si bien, ya se explicó el método y el material utilizado en las tres temáticas de medición. El protocolo que se siguió fue en primera instancia, contactar al director de deportes de la UANL y al coordinador de atletismo para explicar el objetivo del estudio y solicitar el permiso para llevar a cabo el trabajo de campo (mediciones) con los estudiantes que forman parte del equipo representativo de atletismo (Anexo 1). Una vez autorizado, se levantó un listado con los datos de los atletas y se programaron por disciplinas, se inició con la toma de muestra de saliva por parte de un especialista en biología y genética de la facultad de Ciencias Biológicas de la UANL, enseguida se tomaron las huellas dactilares con un lector dermatoglífico y un software específico para su análisis por parte de un experto calificado en dermatoglia; finalmente se tomaron las mediciones antropométricas por parte de un experto nivel III en el método ISAK. El tiempo promedio para cada atleta en las tres mediciones fue de 20 a 30 minutos. Al comienzo

de las mediciones se le explicó el objetivo del estudio, en qué consistía cada una de las mediciones y que estaba en todo su derecho de abandonar el estudio si así lo consideraba. Asimismo, se le indicó que los datos serían tratados con confidencialidad y con fines académicos.

## **2.7 Consideraciones éticas**

Se presenta un estudio invasivo. Se consideran aspectos éticos de investigación cualitativa (OEI, 2020), con un valor social o científico donde se plantea una intervención que conduce a mejoras en las condiciones de vida, el bienestar de la población o la producción de conocimiento que brinda oportunidades de superación o solución de problemas.

Asimismo, el consentimiento informado se asegura que los individuos participen en la investigación propuesta sólo cuando ésta es compatible con sus valores, intereses y preferencias; y lo hacen voluntariamente con el conocimiento necesario y suficiente para decidir con responsabilidad sobre sí mismos. Para ésta investigación, se tendrá el consentimiento informado por los docentes de Educación Física que participan como grupo control y experimental describiendo las actividades de su participación, uso de los datos y el valor social.

A la par se toma como referencia el Reglamento de la Ley General de Salud en materia de investigación para la salud, para plantear las consideraciones éticas de esta investigación, y de acuerdo su última reforma promulgada en el DOF 02-04-2014, en el título segundo, capítulo I, disposiciones comunes, en concordancia al artículo 13, en la presente investigación donde los seres humanos (estudiantes que integran el equipo representativo de atletismo de la UANL) son sujetos de estudio, deberá prevalecer el criterio del respeto a su dignidad, ya que se les otorgara todas las atenciones posibles que como ser humano merece al ser valorado como ser individual y social, con sus características y particulares, otorgando atención personalizada, atendiéndolo siempre con buena actitud y amabilidad, se le pregunto cómo quiere ser llamado; Además se protegen sus derechos y bienestar, ya que es importante que los docentes estén

enterados que todo lo que suceda y resulte de esta investigación, se protegerá en todo sentido, ya que todo será tratado con confidencialidad.

El proyecto fue enviado a la Coordinación de Investigación para su evaluación y registro especificando el los antecedentes, metodología, resultados esperados y bibliografía; así como el investigador responsable y colaboradores. Se recibió un oficio (Anexo 2) con la asignación de un número de registro REPRIN-FOD-56 señalando que el trabajo 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. Adicionalmente exhortan a que dicho proyecto se lleve a cabo con el rigor científico y apegado a las normas éticas que rigen en la 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.

En el consentimiento informado (Anexo 3), donde se describe la investigación y la función del participante, incluida una explicación de todos los procedimientos pertinentes al participante, además la descripción de los riesgos razonablemente previsibles y de los beneficios esperados, explicación de la confidencialidad, datos sobre quién contactar respecto a la investigación si el participante tiene preguntas o inquietudes y por último la explicación que la participación es voluntaria (Art. 14, base V).

De acuerdo al artículo 17, se considera como riesgo de la investigación a la probabilidad de que el sujeto, sufra algún daño como resultado inmediato o tardío del estudio; en este caso se clasifica en la categoría riesgo mínimo ya que se utilizan como instrumento guías de observación, con las que se realizará un diagnóstico además de las visitas donde se evalúan algunos aspectos de la sesión de Educación Física.

Como primer paso, se saluda a los participantes, se les da a conocer el objetivo del estudio y en que consiste su participación. Si están de acuerdo, firman el consentimiento informado y se procede con las mediciones, en todo momento se explica en qué consisten y

reiterando el permiso para su realización; dejando claro, que ellos están en todo su derecho de abandonar las mediciones si así lo consideran conveniente.

## **2.8 Tratamiento estadístico de los datos**

El tratamiento de los datos se realizará mediante el uso del programa estadístico SPSS (v 24.0; SPSS, Inc., Chicago IL, USA).

Se realizarán análisis descriptivos con parámetros estándar (Media  $\pm$  Desviación Típica, Máximos y Mínimos), frecuencias y porcentajes para cada perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal especificando sus variables. Para determinar la normalidad de los datos se aplicará la prueba de Kolmogorov-Smirnov ( $p < .05$ ). Con el propósito de determinar diferencias significativas entre las variables en función del perfil genético, dermatoglifia y proporcionalidad corporal de cada atleta serán analizados mediante la T de Student o Anova según la naturaleza de las variables. Además, se propondrá encontrar el grado de relación existente entre el conjunto de variables genéticas, dermatoglíficas y de proporcionalidad corporal en las diferentes disciplinas del atletismo mediante la r de Pearson, estableciendo un nivel de significancia de  $p < .05$  o en su defecto si la prueba da resultados no paramétricos mediante el test de Spearman.

## Capítulo 3: Resultados

A continuación se describen los resultados de acuerdo a los objetivos planteados, en primera instancia se describirán el perfil genético para el establecimiento del genotipo para los polimorfismos ACE I/D y ACTN3 R577X, posteriormente los índices dermatoglíficos, para finalizar con la proporcionalidad corporal.

### 3.1 Perfil genético ACE y ACTN3 y ubicación de atletas por genotipo

En la Tabla 16, se presenta la frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE por sexo, se observa para los hombres mayor presencia del genotipo II (43.2%) y para las mujeres en el genotipo ID (39.5%). El alelo I del gen ACE mostró una mayor presencia tanto en hombres (62.50%) como en mujeres (52.33%).

*Tabla 16.*

Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACE entre los atletas hombres y las atletas mujeres.

Sexo	Frecuencia (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipo			Frecuencia y porcentaje alelo	
			DD	ID	II	D	I
Hombres	44	50.6%	8 (18.2%)	17 (38.6%)	19 (43.2%)	33 (37.50%)	55 (62.50%)
Mujeres	43	49.4%	12 (27.9%)	17 (39.5%)	14 (32.6%)	41 (47.67%)	45 (52.33%)
Total	87	100%	20 (23.0%)	34 (39.1%)	33 (37.9%)	74 (42.53%)	100 (57.47%)

En la Tabla 17, se presenta la frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACTN3 por sexo, se muestra como el genotipo RX tiene mayor presencia en hombres (72.7%) y las mujeres (58.1%); y en el alelo X del gen ACTN3 muestra un mayor porcentaje para los hombres (63.64%) y mujeres (68.60%).

*Tabla 17.*

Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 entre los atletas hombres y las atletas mujeres.

Sexo	Frecuencia (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipo			Frecuencia y porcentaje alelo	
			RR	RX	XX	R	X
Hombres	44	50.6%	0 (0.0%)	32 (72.7%)	12 (27.3%)	32 (36.36%)	56 (63.64%)
Mujeres	43	49.4%	1 (2.3%)	25 (58.1%)	17 (39.5%)	27 (31.40%)	59 (68.60%)
Total	87	100%	1 (1.1%)	57 (65.5%)	29 (33.3%)	59 (33.91%)	115 (66.09%)

En la Tabla 18, se muestra la frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE de los atletas hombre de las distintas disciplinas del atletismo por grupos, se observa un mayor porcentaje de genotipo ID en atletas de medio fondo y fondo, fondo y marcha atlética; en cuanto el alelo I se presentó con mayor porcentaje en la mayoría de los grupos excepto en los atletas de pruebas combinadas.

Tabla 18.

Frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE en los atletas hombres de las distintas disciplinas por grupos.

Disciplinas	Frecuencia Sujetos (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipos (ACE)			Frecuencia y porcentaje de alelo	
			DD	ID	II	D	I
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4X100, 4X400	15	34.1	4 (26.7%)	5 (33.3%)	6 (40.0%)	13 (43.33%)	17 (56.67%)
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstáculos	3	6.8	0 (0.0%)	2 (66.7%)	1 (33.3%)	2 (33.33%)	4 (66.67%)
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	3	6.8	0 (0.0%)	2 (66.7%)	1 (33.3%)	2 (33.33%)	4 (66.67%)
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	11	25.0	1 (9.1%)	4 (36.4%)	6 (54.5%)	6 (27.27%)	16 (72.73%)
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	6	13.6	1 (16.7%)	2 (33.3%)	3 (50.0%)	4 (33.33%)	8 (66.67%)
Prueba combinada: Decatlón	4	9.1	2 (50.0%)	1 (25.0%)	1 (25.0%)	5 (62.50%)	3 (37.50%)
Marcha atlética: 10k, 20k y 50k	2	4.5	0 (0.0%)	1 (50.0%)	1 (50.0%)	1 (25.0%)	3 (75.0%)
Total	44	100.0	8 (18.18%)	17 (38.64%)	19 (43.18%)	33 (37.50%)	55 (62.50%)

En la Tabla 19, se muestra la frecuencia y porcentaje genotipo y alelo del gen ACE las atletas mujeres de las distintas disciplinas del atletismo por grupos, se observa un mayor porcentaje de genotipo ID en atletas de velocidad, saltos, pruebas combinadas y marcha atlética; mientras que el alelo I presentó mayor frecuencia y porcentaje en las atletas.

Tabla 19.

Frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACE en las atletas mujeres de las distintas disciplinas por grupos.

Disciplinas	Frecuencia Sujetos (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipos (ACE)			Frecuencia y porcentaje de alelo	
			DD	ID	II	D	I
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4X100, 4X400	16	37.20	2 (12.5%)	7 (43.8%)	7 (43.8%)	11 (34.38%)	21 (65.63%)
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstáculos	7	16.27	3 (42.9%)	2 (28.6%)	2 (28.6%)	8 (57.14%)	6 (42.86%)
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	1	2.32	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (100.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	6	13.95	2 (33.33%)	2 (33.33%)	2 (33.33%)	6 (50.0%)	6 (50.0%)
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	9	20.93	5 (55.6%)	2 (22.2%)	2 (22.2%)	12 (66.67%)	6 (33.33%)
Prueba combinada: Heptatlón	2	4.65	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	2 (50.0%)	2 (50.0%)
Marcha atlética: 10k, 20k y 50k	2	4.65	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	2 (50.0%)	2 (50.0%)
Total	43	100.0	12 (27.9%)	17 (39.5%)	14 (32.6%)	41 (47.67%)	45 (52.33%)

En la Tabla 20, se muestra la frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACTN3 de los atletas hombre de distintas disciplinas del atletismo por grupos, se observa un mayor porcentaje de genotipo RX en grupos de velocidad, medio fondo, saltos, lanzamientos, pruebas combinadas y marcha atlética; en cuanto a el porcentaje de alelo se observa que el alelo X se presentó mayor porcentaje en la mayoría de los grupos excepto en el grupo de velocidad R.

Tabla 20.

Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 de los atletas hombres en las distintas disciplinas del atletismo por grupos.

Disciplina	Frecuencia (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipo			Frecuencia y porcentaje alelo	
			RR	RX	XX	R	X
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	15	34.1	0 (0.0%)	11 (73.3%)	4 (26.7%)	11 (55.0%)	9 (45.0%)
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstáculos	3	6.8	0 (0.0%)	2 (66.7%)	1 (33.3%)	2 (40.0%)	3 (60.0%)
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	3	6.8	0 (0.0%)	1 (33.3%)	2 (66.7%)	1 (16.67%)	5 (83.33%)
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	11	25.0	0 (0.0%)	9 (81.8%)	2 (18.2%)	9 (40.91%)	13 (59.09%)
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	6	13.6	0 (0.0%)	4 (66.7%)	2 (33.3%)	4 (33.33%)	8 (66.67%)
Pruebas combinada: Decatlón	4	9.1	0 (0.0%)	3 (75.0%)	1 (25.0%)	3 (37.50%)	5 (62.50%)
Marcha atlética: 10k, 20k y 50k	2	4.5	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	2 (50.0%)	2 (50.0%)
Total	44	100.0	0 (0.0%)	32 (72.7%)	12 (27.3%)	32 (36.36%)	56 (63.64%)

En la Tabla 21, se muestra la frecuencia y porcentaje de genotipo y alelo del gen ACTN3 de las atletas mujeres de las distintas disciplinas del atletismo por grupos, se observa un mayor porcentaje de genotipo RX en la mayoría de los grupos excepto en marcha atlética; en cuanto a el porcentaje de alelo se observa que el alelo X se presentó mayor porcentaje en todos los grupos.

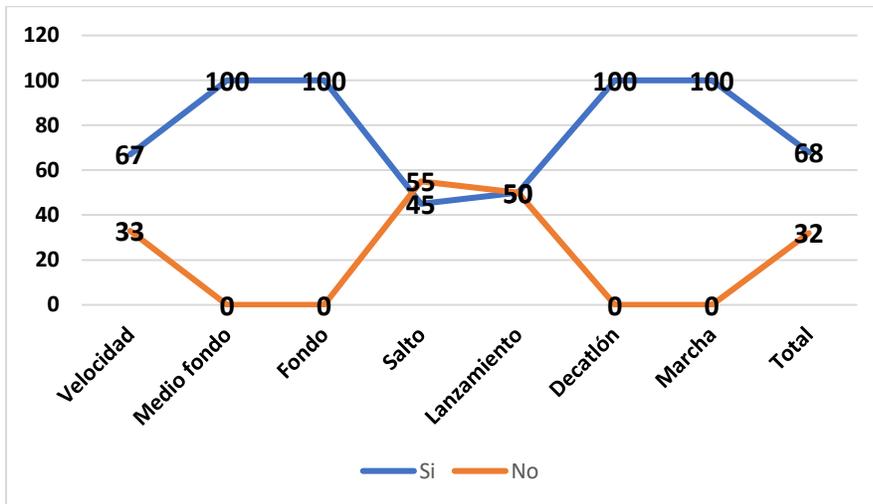
Tabla 21.

Frecuencia y porcentaje del genotipo y alelo del gen ACTN3 de las atletas mujeres en las distintas disciplinas del atletismo por grupos.

Disciplina	Frecuencia (n)	Porcentaje %	Frecuencia y porcentaje Genotipos			Frecuencia y porcentaje alelo	
			RR	RX	XX	R	X
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	16	37.20	0 (0.0%)	9 (56.3%)	7 (43.8%)	9 (28.13%)	23 (71.88%)
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstáculos	7	16.27	0 (0.0%)	5 (71.4%)	2 (28.6%)	5 (35.71%)	9 (64.29%)
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	1	2.32	0 (0.0%)	1 (100.0%)	0 (0.0%)	1 (50.0%)	1 (50.0%)
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	6	13.95	1 (16.7%)	4 (66.7%)	1 (16.7%)	6 (50.0%)	6 (50.0%)
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	9	20.93	0 (0.0%)	5 (55.6%)	4 (44.4%)	5 (27.78%)	13 (72.22%)
Prueba combinada: Heptatlón	2	4.65	0 (0.0%)	1 (50.0%)	1 (50.0%)	1 (25.0%)	3 (75.0%)
Marcha atlética: 10k, 20k y 50k	2	4.65	0 (0.0%)	0 (0.0%)	2 (100.0%)	0 (0.0%)	4 (100.0%)
Total	43	100.0	1 (2.3%)	25 (58.1%)	17 (39.5%)	27 (31.40%)	59 (68.60%)

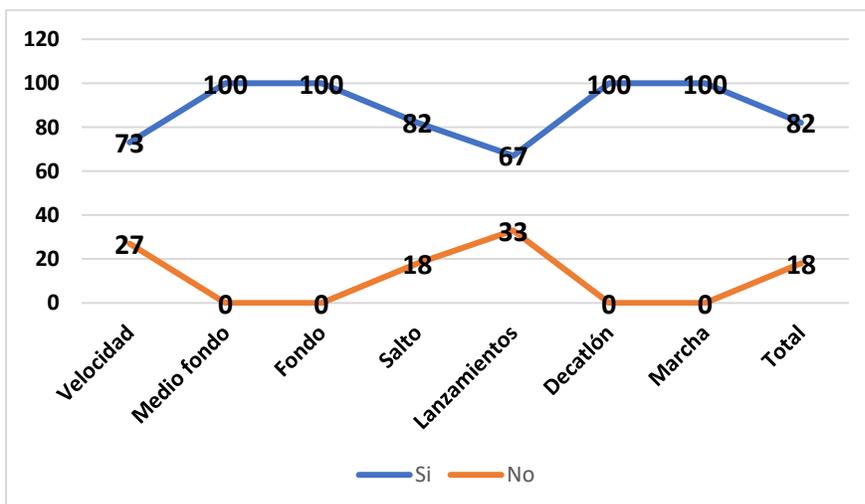
En la Figura 9, se muestra el porcentaje de ubicación de atletas hombre por disciplina y genotipo del gen ACE; se observa que el 100 % de las atletas de medio fondo, fondo, decatión y marcha se ubican en su especialidad de acuerdo con su genotipo; en relación al porcentaje de total de la muestra varonil el 68% se encuentra en la disciplina adecuada.

Figura 9. Porcentajes de atletas hombres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACE.



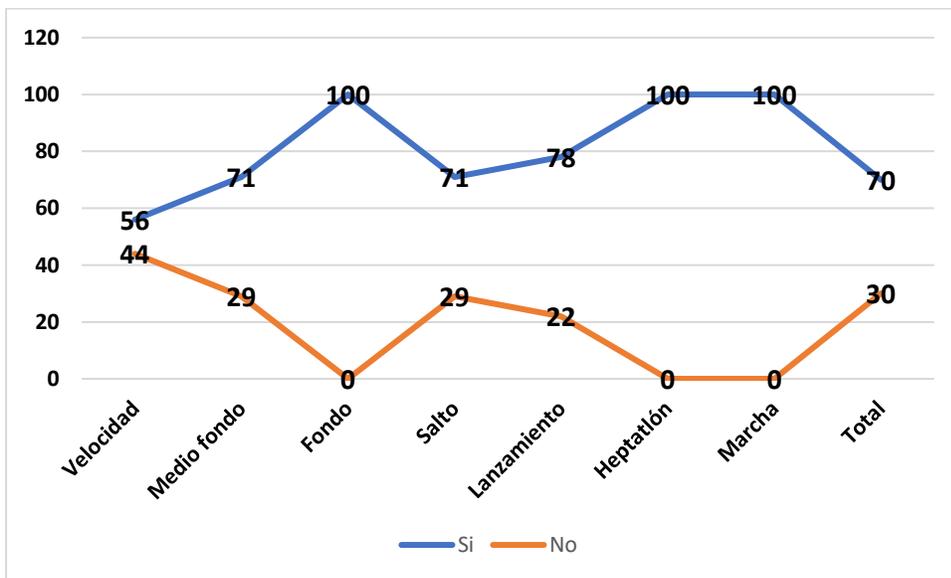
Respecto al genotipo del gen ACTN3 coinciden que el 100% de las atletas de medio fondo, fondo, Decatlón y marcha se ubican en su especialidad de acuerdo con su genotipo asociado al genotipo reportado; en relación al porcentaje de total de la muestra varonil el 82% se encuentra en la disciplina adecuada (Figura 10).

Figura 10. Porcentajes de atletas hombres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACTN3.



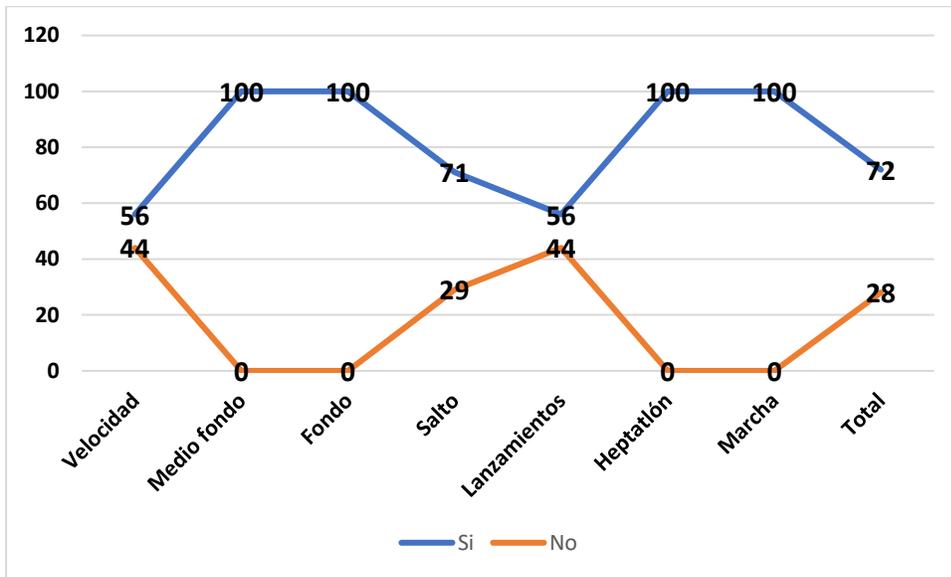
Respecto a las atletas mujeres por disciplina y genotipo del gen ACE; se observa que el 100% de las atletas de fondo, heptatlón y marcha se ubican en su especialidad de acuerdo a su genotipo asociado; en relación al porcentaje de total de la muestra femenil el 70% se encuentra en la disciplina adecuada de acuerdo al genotipo presentado (Figura 11).

Figura 11. Porcentajes de atletas mujeres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACE.



En lo que se refiere al genotipo del gen ACTN3; se observa que el 100% de las atletas de medio fondo, fondo, heptatlón y marcha se ubican en su especialidad de acuerdo a su genotipo asociado; en relación al porcentaje de total de la muestra femenil el 72% se encuentra en la disciplina adecuada (Figura 12).

Figura 12. Porcentajes de atletas mujeres que se ubican por prueba de atletismo y el genotipo del gen ACTN3.



### 3.2 Perfil Dermatoglfico y ubicaci3n de atletas por genotipo

A continuaci3n, se muestran los datos descriptivos del tipo de huella dactilar del total de estudiantes medidos, varones y mujeres, que practican las diferentes pruebas de atletismo, destacando un conteo alto en la presilla cubital (promedio de 6), seguido por el verticilo (promedio de 3.3), con un Delta 10 promedio de 13.4. El arco, el verticilo diseo "S" y la presilla radial aparecen de forma muy irrelevante en la muestra estudiada (Tabla 22).

Tabla 22.

Arcos, Presilla radial, Presillas cubitales, Verticilos W, Verticilos WS y Delta 10 en atletas universitarios.

Tipo de huella	Promedio	DE	Mnimo	Mximo
Arcos	0.2	0.7	0	6
Presilla radial	0.3	0.6	0	3

Presilla cubital	6	2.5	0	10
Verticilo W	3.3	2.6	0	10
Verticilo WS	0.3	0.6	0	3
Delta 10	13.4	4	4	20

En la Tabla 23, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo pulgar de la mano izquierda se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 23.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo pulgar de la mano izquierda según su forma.

Huella	f	%
LU	37	42.5
WS	13	14.9
W	34	39.1
A	3	3.4
Total	87	100.0

En la Tabla 24, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo índice de la mano izquierda se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 24.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo índice de la mano izquierda según su forma.

Huella	f	%
LU	46	52.9
WS	3	3.4
W	27	31.0
A	4	4.6
LR	7	8.0
Total	87	100.0

En la Tabla 25, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo medio de la mano izquierda se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 25.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo medio de la mano izquierda según su forma.

Huella	f	%
LU	65	74.7
WS	3	3.4
W	18	20.7
A	1	1.1
Total	87	100.0

En la Tabla 26, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo anular de la mano izquierda se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 26.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo anular de la mano izquierda según su forma.

Huella	f	%
LU	44	50.6
W	42	48.3
A	1	1.1
Total	87	100.0

En la Tabla 27, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo meñique de la mano izquierda se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 27.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo meñique de la mano izquierda según su forma.

Huella	f	%
LU	78	89.7
W	8	9.2
A	1	1.1
Total	87	100.0

En la Tabla 28, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo pulgar de la mano derecha se presenta con mayor frecuencia y porcentaje el verticilo (W).

*Tabla 28.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo pulgar de la mano derecha según su forma.

Huella	f	%
LU	33	37.9
WS	4	4.6
W	48	55.2
A	2	2.3
Total	87	100.0

En la Tabla 29, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo índice de la mano derecha se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 29.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo índice de la mano derecha según su forma.

Huella	f	%
LU	41	47.1
WS	2	2.3
W	31	35.6
A	1	1.1
LR	12	13.8
Total	87	100.0

En la Tabla 30, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo medio de la mano derecha se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 30.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo medio de la mano derecha según su forma.

Huella	f	%
LU	64	73.6
W	21	24.1
A	1	1.1
LR	1	1.1
Total	87	100.0

En la Tabla 31, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo anular de la mano derecha se presenta con mayor frecuencia y porcentaje el verticilo (W).

*Tabla 31.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo anular de la mano derecha según su forma.

Huella	f	%
LU	36	41.4
W	49	56.3
LR	2	2.3
Total	87	100.0

En la Tabla 32, se muestra que el tipo de huella dactilar del dedo meñique de la mano derecha se presenta con mayor frecuencia y porcentaje la presilla cubital (LU).

*Tabla 32.*

Frecuencias y porcentajes de la huella del dedo meñique de la mano derecha según su forma.

Huella	f	%
LU	77	88.5
W	8	9.2
A	1	1.1
LR	1	1.1
Total	87	100.0

## Líneas dactilares

En la Tabla 33, se muestra mayor número de líneas dactilares en la mano derecha con relación a la izquierda (65.24 y 63.12 respectivamente).

*Tabla 33.*

Datos descriptivos del número de líneas para cada dedo de la mano.

	Media	DE	Mínimo	Máximo
Mano izquierda pulgar	13.98	4.86	0	25
Mano izquierda índice	9.83	5.31	0	22
Mano izquierda medio	11.75	4.42	0	22
Mano izquierda anular	14.90	5.1	0	29
Mano izquierda meñique	12.64	4.56	0	23
Total, mano izquierda	<b>63.12</b>	17.30	9	100
Mano derecha pulgar	16.19	5.36	0	27
Mano derecha índice	11.41	5.51	0	24
Mano derecha medio	11.36	4.71	0	22
Mano derecha anular	13.95	5.73	0	33
Mano derecha meñique	12.31	4.79	0	20
Total, mano derecha	<b>65.24</b>	19.73	14	111
Total, ambas manos	128.36	35.61	24	209

Nota: la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov mostró no ser significativa en la mitad de los valores de las líneas dactilares para las manos, por lo que se puede asumir que se analizarán los datos con pruebas no paramétricas.

## Pruebas en el atletismo

En la Tabla 34, se muestra mayor frecuencia y porcentaje de atletas según la prueba en las de velocidad (100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400).

Tabla 34.

Frecuencias y porcentajes de los atletas según la prueba

Pruebas	f	%
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	31	35.6
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstaculos	10	11.5
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, Maratón 42k195m	4	4.6
Saltos: longitud, triple, altura y pértiga	17	19.5
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	15	17.2
Pruebas combinadas: heptatlón y decatión	6	6.9
Marcha atlética: 10, 20 y 50 km.	4	4.6
Total	87	100.0

En la Tabla 35, se muestran a los atletas (hombres) agrupados por pruebas afines, en relación con el conteo de líneas dactilares de los dedos de la mano izquierda, derecha y total. Destacando, que los que practican pruebas combinadas como el decatión son los que obtienen una mayor cantidad de líneas dactilares SQTL=170.7 y los que menos conteo reportan los de marcha atlética SQTL=100 y lanzamientos SQTL=122.6.

Tabla 35.

Frecuencias y porcentajes de los atletas hombres por prueba y promedio de líneas dactilares.

Pruebas	f	%	Líneas mano izquierda	Líneas mano derecha	Total, de líneas Dactilares
Velocidad: 100, 200, 400, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	15	34.1	66.00±11.64	73.00±11.89	139.00±19.89
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstaculos	3	6.8	67.00±19.28	72.00±72.00	139.00±35.04
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, Maratón 42k195m	3	6.8	62.00±7.21	73.66±9.71	135.66±20.51
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	11	25.0	62.81±14.45	65.63±15.75	128.45±28.51
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	6	13.6	59.66±24.14	63.00±29.09	122.66±52.98
Prueba combinada: decatlón	4	9.1	83.00±11.46	87.75±6.02	170.75±17.15
Marcha atlética: 10, 20 y 50 km.	2	4.5	56.50±19.09	43.50±16.26	100.00±35.35
Total	44	100.0	65.25±15.42	69.77±17.54	135.02±31.08

En la Tabla 36, las atletas (mujeres) se destacan las de las pruebas de marcha atlética 10 y 20 km con la mayor cantidad de líneas dactilares SQTL=184.5. Las que menos conteo reportan son las atletas de medio fondo SQTL=112.3, seguidas de las de lanzamientos SQTL=114.9 y saltos SQTL=120.3 (Tabla 27).

Tabla 36.

Frecuencias y porcentajes de los atletas mujeres por prueba y promedio de líneas dactilares.

Pruebas	Frecuencia	%	Líneas mano izquierda	Líneas mano derecha	Total, de líneas Dactilares
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 400 c/v, 4x100,4x400	16	37.20	60.12±17.32	60.00±22.35	120.12±38.87
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstaculos	7	16.27	56.14±22.19	56.14±19.73	112.28±41.50
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, Maratón 42k195m	1	2.32	69.00 DE	77.00 DE	146.00 DE
Saltos: longitud, triple, altura y pértiga	6	13.95	59.66±24.15	60.66±18.01	120.33±41.10
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	9	20.93	58.66±12.72	56.22±16.70	114.88±27.71
Prueba combinada: heptatlón	2	4.65	65.50±36.06	58.50±36.06	124.00±72.12
Marcha atlética: 10, 20 y 50 Km.	2	4.65	90.00±11.31	94.50±23.33	184.50±34.64
Total	43	100.0	60.95±18.97	60.60±20.94	121.55±38.90

En la Tabla 37, se muestra con mayor frecuencia y porcentaje el tipo de FD y cualidades físicas predominante la (L>W) donde sobresale velocidad, con buena resistencia y coordinación motora.

Tabla 37.

Frecuencias y porcentajes según su tipo FD y cualidades físicas predominantes.

Tipo FD y Cualidades físicas predominantes	f	%
L>W Sobresale velocidad, con buena resistencia y coordinación motora	41	47.1
W>L Sobresale coordinación motora y agilidad, con buena resistencia y satisfactoria velocidad	21	24.1
L=W Sobresale agilidad, con muy buena coordinación motora, buena velocidad	7	8.0
10L Sobresale velocidad, con buena resistencia	10	11.5
LWA Sobresale velocidad, coordinación motora y fuerza	3	3.4
L>A Sobresale la fuerza y velocidad	2	2.3
10W Sobresalen la coordinación motora, agilidad y resistencia	1	1.1
LAW Sobresalen velocidad, coordinación motora y fuerza	1	1.1
A>L Sobresale fuerza, potencia y satisfactoria velocidad	1	1.1
Total	87	100.0

En relación con las fórmulas digitales localizadas en los diferentes grupos de pruebas de los atletas varones, sobresalen la fórmula L>W con 56.8% de prevalencia, presentes en atletas de pruebas como velocidad y saltos. Otra fórmula que destaca, aunque en menor medida, es la W>L con 18.2% de prevalencia, pero que se dispersa en varios grupos de pruebas atléticas. Estas fórmulas están presentes en 75% de los atletas varones (Tabla 38).

Tabla 38.

Frecuencias y porcentajes de los atletas hombres por prueba, FD y cualidades físicas

predominantes.

Pruebas	f	%	L>W	W>L	L=W	10L	LWA	L>A	LAW	Total
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	15	34.1	9 (60%)	2 (13.3%)	1 (6.7%)	2 (13.3%)	1 (6.7%)	0 (0%)	0 (0%)	15 (100%)
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstaculos	3	6.8	1 (13.3%)	0 (0%)	1 (33.3%)	0 (0%)	1 (33.3%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, maratón 42k195m	3	6.8	3 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	3 (100%)
Salto: longitud, triple, altura y pértiga	11	25.0	7 (63.6%)	1 (9.1%)	0 (0%)	3 (27.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	11 (100%)
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	6	13.6	3 (50%)	2 (33.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (16.7%)	6 (100%)
Prueba combinada: decatón	4	9.1	1 (25%)	3 (75%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (100%)
Marcha atlética: 10, 20 y 50 km.	2	4.5	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (50%)	0 (0%)	2 (100%)
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100.0</b>	<b>25 (56.8%)</b>	<b>8 (18.2%)</b>	<b>2 (4.5%)</b>	<b>5 (11.4%)</b>	<b>2 (4.5%)</b>	<b>1 (2.3%)</b>	<b>1 (2.3%)</b>	<b>44 (100%)</b>

L>W Sobresale velocidad, con buena resistencia y coordinación motora; W>L Sobresale coordinación motora y agilidad, con buena resistencia y satisfactoria velocidad; L=W Sobresale agilidad, con muy buena coordinación motora, buena velocidad; 10L Sobresale la velocidad, con buena resistencia; LWA Sobresale velocidad, coordinación motora y fuerza; L>A Sobresale fuerza y velocidad; 10W Sobresalen la coordinación motora, agilidad y resistencia; A>L Sobresale fuerza, potencia y satisfactoria velocidad.

En las damas, sobresalen las mismas fórmulas digitales, pero de forma más equilibrada, (L>W con 37.2% y W>L 30.2%) y dispersa en varias pruebas. Estas fórmulas están presentes en 67.4% de las mujeres atletas (Tabla 39).

Tabla 39.

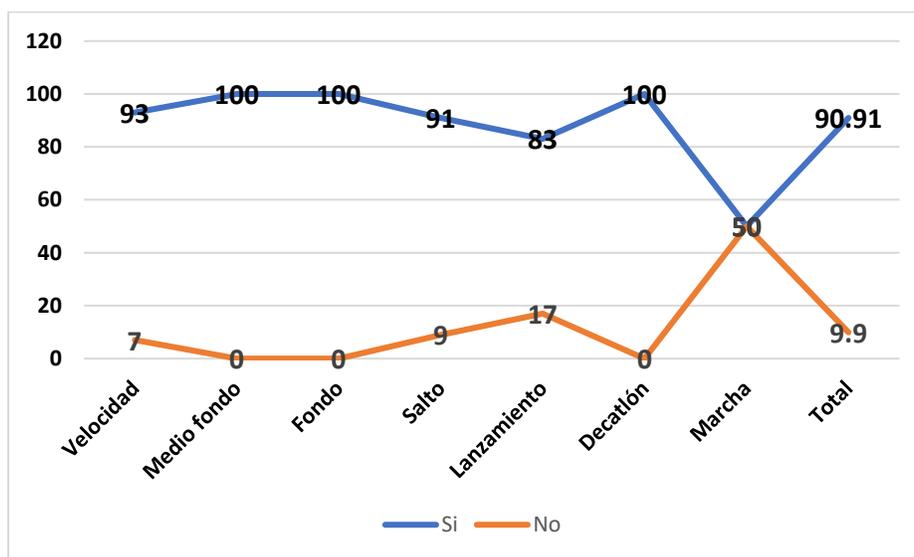
Frecuencias y porcentajes de las atletas mujeres por prueba, FD y cualidades físicas predominantes.

Pruebas	f	%	L>W	W>L	L=W	10L	LWA	L>A	10W	A>L	Total
Velocidad: 100, 200, 400, 100 c/v, 110 c/v, 400 c/v, 4x100, 4x400	16	37.20	7 (43.8%)	5 (31.3%)	1 (6.3%)	3 (18.8%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	<b>16</b> <b>(100%)</b>
Medio fondo: 800, 1500, 3000 Obstáculos	7	16.27	1 (14.3%)	2 (28.6%)	2 (28.6%)	1 (14.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (14.3%)	<b>7</b> <b>(100%)</b>
Fondo y gran fondo: 5000, 10000, Maratón 42k195m	1	2.32	1 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	<b>1</b> <b>(100%)</b>
Saltos: longitud, triple, altura y pértiga	6	13.95	1 (16.7%)	2 (33.3%)	1 (16.7%)	0 (0%)	1 (16.7%)	1 (16.7%)	0 (0%)	0 (0%)	<b>6</b> <b>(100%)</b>
Lanzamientos: bala, disco, jabalina y martillo	9	20.93	6 (66.7%)	3 (33.3%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	<b>9</b> <b>(100%)</b>
Prueba combinada: heptatlón	2	4.65	0 (0%)	0 (0%)	1 (50%)	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	<b>2</b> <b>(100%)</b>
Marcha atlética: 10, 20 y 50 km.	2	4.65	0 (0%)	1 (50%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (50%)	0 (0%)	<b>2</b> <b>(100%)</b>
<b>Total</b>	<b>43</b>	<b>100.0</b>	<b>16</b> <b>(37.2%)</b>	<b>13</b> <b>(30.2%)</b>	<b>5</b> <b>(11.6%)</b>	<b>5</b> <b>(11.6%)</b>	<b>1</b> <b>(2.3%)</b>	<b>1</b> <b>(2.3%)</b>	<b>1</b> <b>(2.3%)</b>	<b>1</b> <b>(2.3%)</b>	<b>43</b> <b>(100%)</b>

L>W Sobresale velocidad, con buena resistencia y coordinación motora; W>L Sobresale coordinación motora y agilidad, con buena resistencia y satisfactoria velocidad; L=W Sobresale agilidad, con muy buena coordinación motora, buena velocidad; 10L Sobresale la velocidad, con buena resistencia; LWA Sobresale velocidad, coordinación motora y fuerza; L>A Sobresale fuerza y velocidad; 10W Sobresalen la coordinación motora, agilidad y resistencia; A>L Sobresale fuerza, potencia y satisfactoria velocidad.

En la figura se muestra el porcentaje de ubicación de atletas hombres por disciplina según el tipo FD y CF; se observa que el 100 % de las atletas de medio fondo, fondo y decatlón se ubican en la de su especialidad de acuerdo con la evaluación por dermatoglifia; en relación al porcentaje de total de la muestra varonil el 90.91% se encuentra en la disciplina adecuada (Figura 13).

Figura 13. Porcentaje de ubicación de atletas hombres por disciplina según el tipo de FD y CF.



En la figura se muestra el porcentaje de ubicación de atletas mujeres por disciplina según el tipo FD y CF; se observa que el 100 % de las atletas de fondo heptatlón y marcha se ubican en la de su especialidad de acuerdo con la evaluación por dermatoglifia; en relación al porcentaje de total de la muestra femenil el 74.42% se encuentra en la disciplina adecuada (Figura 14).

Figura 14. Porcentaje de ubicación de atletas mujeres por disciplina según el tipo de FD y CF.

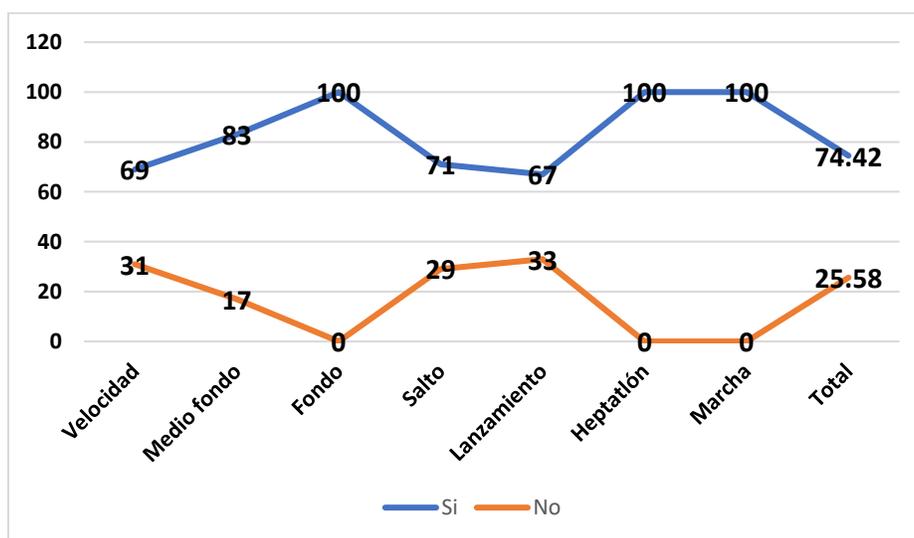
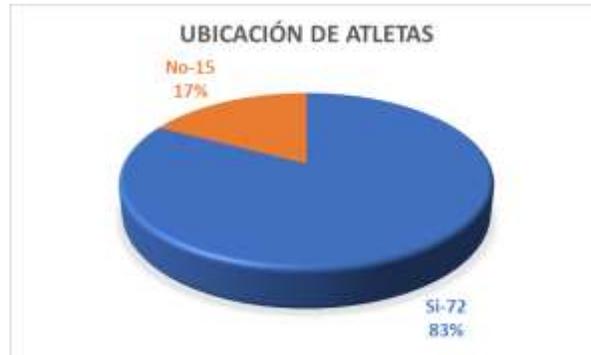
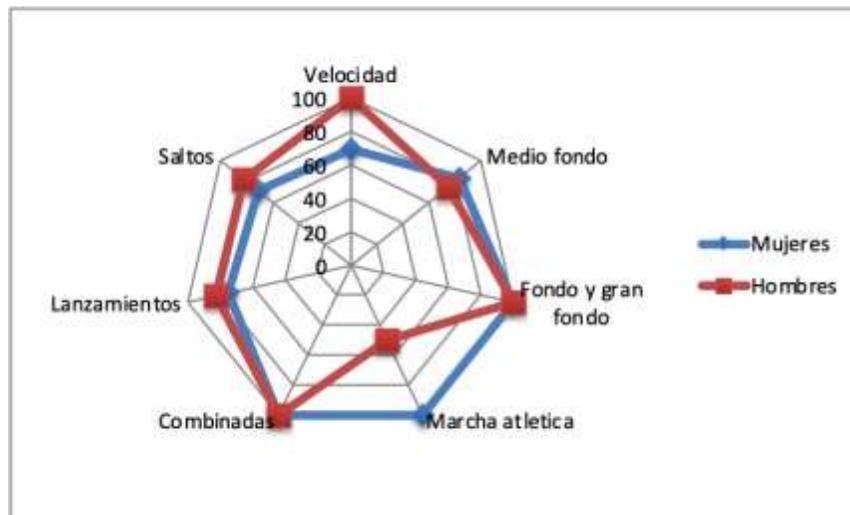


Figura 15. Frecuencia y porcentaje de ubicación de la muestra total de atletas por disciplina según el tipo de FD y CF.



Al determinar el porcentaje de atletas según su disciplina de competencia se identificó que 72 de los 87 se ubican en la de su especialidad de acuerdo con la evaluación por dermatoglia, lo que corresponde a un total de 83%; en la siguiente figura se observa los porcentajes para cada prueba, distinguidos por sexo (Figura 16).

Figura 16. Porcentaje de atletas que se ubican en su especialidad de acuerdo al perfil dermatoglífico.



### 3.3 Proporcionalidad corporal

En este tema, se describirá en primera instancia los datos de la edad, estatura, peso corporal e IMC para los atletas de la UANL, como una manera de comparar y visualizar los referentes se muestran además los datos de atletas que participaron en los Juego Olímpicos de Londres 2012 y Río de Janeiro 2016. Posteriormente se describen el resto de los datos de la proporcionalidad corporal de los atletas de la UANL.

La Tabla 40 muestra que las atletas de las pruebas de salto son los de menos edad ( $18.83 \pm 1.17$ ) y mayor estatura ( $166.51 \pm 9.47$ ), mientras que las que tienen el mayor peso corporal ( $77.00 \pm 18.53$ ) e IMC ( $28.30 \pm 5.67$ ) son las de lanzamientos y los de menos peso ( $48.23 \pm 2.31$ ) e IMC ( $19.89 \pm .91$ ) son las de medio fondo. Se reportan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la estatura, peso corporal e IMC.

Tabla 40.

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres de la UANL.

Pruebas	Edad	Estatura	Peso corporal	IMC
Velocidad (n=9)	20.44±1.33	161.37±3.37	56.47±5.94	21.65±1.89
Medio fondo (n=4)	20.25±1.89	155.70±2.89	48.23±2.31	19.89±.91
Saltos (n= 6)	18.83±1.17	166.51±9.47	56.20±7.81	20.18±1.18
Lanzamientos (n=7)	20.43±2.15	164.52±4.66	77.00±18.53	28.30±5.67
Pruebas combinadas (n=1)	19.00	155.80	53.00	21.83
Total (n=27)	20.00±1.66	162.28±6.38	60.38±14.52	22.79±4.51
p valor	.358	.046	.002	.001

La Tabla 41 muestra que los atletas de las pruebas de medio fondo son los de menos edad ( $18.25 \pm .957$ ) y de menor estatura, ( $166.75 \pm 6.20$ ), mientras que los que tienen el mayor peso corporal ( $96.16 \pm 27.57$ ) e IMC ( $30.39 \pm 6.92$ ) son los de lanzamientos y los de menos

peso (59.90) e IMC (19.07) son los de marcha atlética. Se reportan también diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la estatura, peso corporal e IMC.

*Tabla 41.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres de la UANL.

<b>Pruebas</b>	<b>Edad</b>	<b>Estatura</b>	<b>Peso corporal</b>	<b>IMC</b>
Velocidad (n=6)	22.33±2.58	177.88±5.93	73.50±9.67	23.29±3.34
Medio fondo (n=4)	18.25±.957	166.75±6.20	65.33±7.28	23.59±3.38
Fondo, Gran fondo Maratón (n=3)	20.67±4.50	174.16±5.66	59.07±4.06	19.47±1.02
Saltos (n= 7)	20.29±2.13	168.41±4.70	67.01±5.19	23.60±1.23
Lanzamientos (n=5)	20.40±3.13	176.88±5.85	96.16±27.57	30.39±6.92
Pruebas combinadas (n=4)	22.00±2.44	177.50±2.44	71.57±8.24	22.74±2.89
Marcha atlética 10,20,50 km. (n=1)	19.00	177.20	59.90	19.07
Total (n=30)	20.67±2.70	173.57±6.58	72.52±16.60	23.99±4.62
<i>p</i> valor	.333	.011	.010	.011

La Tabla 42 muestra que las atletas de las pruebas de velocidad son los de menos edad ( $24.87 \pm 4.05$ ) y los de lanzamientos de mayor estatura ( $177.55 \pm 6.46$ ), peso corporal ( $86.62 \pm 15.17$ ) e IMC ( $27.40 \pm 4.17$ ), mientras que los de menos peso corporal son los de marcha atlética ( $50.98 \pm 5.18$ ) y con menor IMC son los de fondo y gran fondo ( $18.30 \pm 1.31$ ). Se observan diferencias en las cuatro variables analizadas ( $p < .01$ ).

*Tabla 42.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres participantes en los Juegos Olímpicos de Londres 2012.

<b>Pruebas</b>	<b>Edad</b>	<b>Estatura</b>	<b>Peso corporal</b>	<b>IMC</b>
Velocidad (n=320)	24.87±4.05	169.25±7.07	59.70±7.54	20.88±2.95
Medio fondo (n=120)	25.38±4.24	167.45±6.09	53.13±5.56	18.92±1.39

Fondo, Gran fondo Maratón (n=145)	29.52±4.51	164.32±5.59	49.46±4.58	18.30±1.31
Saltos (n= 115)	26.77±4.39	174.54±7.04	60.11±5.19	19.76±1.69
Lanzamientos (n=124)	26.73±4.23	177.55±6.46	86.62±15.17	27.40±4.17
Pruebas combinadas (n=32)	26.03±3.28	175.62±6.75	65.22±6.60	21.11±1.37
Marcha atlética 10,20,50 km. (n=57)	26.37±4.50	163.45±6.36	50.98±5.18	19.05±1.20
Total (n=913)	26.30±4.50	169.89±7.96	60.57±13.81	20.85±3.76
p valor	.000	.000	.000	.000

La Tabla 43 muestra que los atletas de las pruebas de velocidad son los de menos edad ( $24.54 \pm 3.62$ ) y los de lanzamientos de mayor estatura ( $190.16 \pm 6.75$ ), peso corporal ( $112.03 \pm 18.03$ ) e IMC ( $30.93 \pm 4.43$ ), mientras que los de menos peso corporal ( $66.19 \pm 6.21$ ) e IMC ( $19.96 \pm 1.59$ ) son los de fondo y gran fondo. Se observan diferencias en las cuatro variables analizadas ( $p < .01$ ).

*Tabla 43.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres participantes en los Juegos Olímpicos de Londres 2012.

<b>Pruebas</b>	<b>Edad</b>	<b>Estatura</b>	<b>Peso corporal</b>	<b>IMC</b>
Velocidad (n=332)	24.54±3.62	180.77±8.06	76.16±10.54	23.33±3.29
Medio fondo (n=118)	25.19±3.90	179.38±6.88	66.19±6.21	20.56±1.56
Fondo, Gran fondo Maratón (n=154)	29.01±4.88	174.27±7.11	60.66±6.11	19.96±1.59
Saltos (n= 112)	25.89±4.03	187.85±6.65	77.76±7.13	22.03±1.73
Lanzamientos (n=148)	28.02±4.99	190.16±6.75	112.03±18.03	30.93±4.43
Pruebas combinadas (n=28)	26.07±3.77	189.39±5.63	86.07±8.43	23.94±1.55
Marcha atlética 10,20,50 km. (n=94)	27.34±4.66	177.68±6.50	65.03±6.27	20.58±1.49
Total (n=987)	26.31±4.56	181.74±8.94	77.31±19.08	23.22±4.49
p valor	.000	.000	.000	.000

La Tabla 44 muestra que las atletas de las pruebas de velocidad son los de menos edad ( $25.21 \pm 4.20$ ) y los de mayor edad son los de fondo y gran fondo ( $30.67 \pm 5.28$ ), mientras que

los de lanzamientos de son de mayor estatura ( $177.07 \pm 6.25$ ), peso corporal ( $88.51 \pm 14.42$ ) e IMC ( $28.20 \pm 4.21$ ) y los que los de menos peso corporal ( $49.33 \pm 4.66$ ) e IMC ( $18.62 \pm 1.39$ ) son los de fondo y gran fondo. Se observan diferencias en las cuatro variables analizadas ( $p < .01$ ).

*Tabla 44.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en mujeres participantes en los Juegos Olímpicos de Río 2016.

Pruebas	Edad	Estatura	Peso corporal	IMC
Velocidad (n=352)	25.21±4.20	169.25±6.33	59.38±6.10	20.71±1.74
Medio fondo (n=137)	25.97±3.98	167.13±6.78	53.21±4.84	19.07±1.67
Fondo, Gran fondo Maratón (n=196)	30.67±5.28	162.70±6.39	49.33±4.66	18.62±1.39
Saltos (n= 140)	26.77±4.51	173.90±7.75	60.61±5.29	20.07±1.65
Lanzamientos (n=131)	27.22±4.11	177.07±6.25	88.51±14.42	28.20±4.21
Pruebas combinadas (n=30)	26.51±3.60	175.17±5.23	64.73±4.48	21.08±.81
Marcha atlética 10,20,50 km. (n=71)	27.06±5.06	163.29±6.30	50.46±4.95	18.90±1.32
Total (n=1057)	26.94±4.86	169.11±8.08	60.04±13.63	20.84±3.57
<i>p</i> valor	.000	.000	.000	.000

La Tabla 45 muestra que los atletas de las pruebas de medio fondo son los de menos edad ( $25.53 \pm 3.81$ ) y los de mayor edad ( $29.36 \pm 5.01$ ) son los de fondo y gran fondo, mientras que los de lanzamientos son de mayor estatura ( $191.12 \pm 6.96$ ), peso corporal ( $113.10 \pm 17.29$ ) e IMC ( $30.91 \pm 4.13$ ) y los que los de menos peso corporal ( $59.77 \pm 5.77$ ) e IMC ( $19.95 \pm 1.71$ ) son los de fondo y gran fondo. Se observan diferencias en las cuatro variables analizadas ( $p < .01$ ).

*Tabla 45.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba de atletismo en hombres participantes en los Juegos Olímpicos de Río 2016.

Pruebas	Edad	Estatura	Peso corporal	IMC
Velocidad (n=345)	25.55±3.90	180.61±7.92	74.83±7.87	22.94±2.12
Medio fondo (n=130)	25.53±3.81	179.05±7.05	65.60±6.44	20.44±1.43
Fondo, Gran fondo Maratón (n=204)	29.36±5.01	173.13±7.60	59.77±5.77	19.95±1.71
Saltos (n= 150)	26.32±4.08	187.10±6.46	76.46±6.61	21.84±1.60
Lanzamientos (n=134)	27.99±4.78	191.12±6.96	113.10±17.29	30.91±4.13
Pruebas combinadas (n=30)	26.99±2.91	188.23±5.08	84.27±6.65	23.74±1.07
Marcha atlética 10,20,50 km. (n=138)	29.22±5.08	176.56±7.22	64.08±6.32	20.54±1.48
Total (n=1131)	27.11±4.65	180.90±9.97	74.74±17.82	22.64±3.92
<i>p</i> valor	.000	.000	.000	.000

La Tabla 46 se muestra la comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de las atletas mujeres del equipo de la UANL y de las participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro. Se reportan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la edad de las atletas de velocidad, medio fondo, saltos y lanzamientos; así como en la estatura de las de velocidad, medio fondo, fondo y lanzamientos.

*Tabla 46.*

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de las atletas mujeres del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro.

Pruebas	Lugar	Mediana	Rango	Percentil			<i>Chi</i> <sup>2</sup>	<i>gl</i>	<i>Sig</i>
				25	50	75			
<i>Velocidad</i>	Edad	25.00	21	22.00	25.00	27.80	14.403	2	.001
UANL (9)	Estatura	170	55	165	170	174	14.941	2	.001
Londres (320)	Peso	59	115	56	59	63	1.703	2	.427
Río (352)	IMC	20.54	46.52	19.60	20.54	21.68	2.173	2	.337
<i>Medio fondo</i>	Edad	25.30	23	22.30	25.30	28.00	9.328	2	.009
UANL (4)	Estatura	168	52	163	168	172	9.598	2	.008
Londres (120)	Peso	53	31	50	53	56	4.760	2	.093

Río (137)	IMC	18.90	14.10	18.02	18.90	19.70	2.998	2	.223
<i>Fondo y Gran fondo</i>	Edad	30.00	26	26.70	30.00	33.60	3.353	1	.067
	Estatura	164	38	160	164	167	6.135	1	.013
UANL (0)	Peso	50	30	46	50	52	.039	1	.844
Londres (145)	IMC	18.40	11.37	17.60	18.40	19.30	3.197	1	.074
Río (196)									
<i>Salto</i>	Edad	26.00	22	23.00	26.00	30.00	15.867	2	.000
UANL (6)	Estatura	174	46	170	174	179	3.923	2	.141
Londres (115)	Peso	60	36	57	60	64	2.412	2	.299
Río (140)	IMC	19.94	14.53	18.85	19.94	20.95	2.104	2	.349
<i>Lanzamientos</i>	Edad	26.25	23	23.20	26.25	30.00	16.644	2	.000
UANL (7)	Estatura	177.50	33	172.75	177.50	182	16.857	2	.000
Londres (124)	Peso	85	79	76	85	95	5.463	2	.065
Río (131)	IMC	26.88	24.63	24.59	26.88	30.80	2.750	2	.253
<i>Pruebas Combinadas</i>	Edad	26.50	14	23.60	26.50	28.30	2.938	2	.230
	Estatura	175	34.20	172	175	178	3.160	2	.206
UANL (1)	Peso	65	28	62	65	68	2.750	2	.253
Londres (32)	IMC	21.20	5.70	20.30	21.20	21.83	1.594	2	.451
Río (30)									
<i>Marcha atlética</i>	Edad	26.00	21	23.00	26.00	30.08	.441	1	.506
UANL (0)	Estatura	163	38	159	163	168	.126	1	.722
Londres (57)	Peso	50	30	47	50	54	.142	1	.706
Río (71)	IMC	18.93	7.00	18.13	18.93	19.60	.242	1	.623

La Tabla 47 muestra la comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de los atletas hombres del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro. Se reportan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la edad en todas las pruebas; así como la estatura de los de medio fondo, saltos, lanzamientos y pruebas combinadas; el peso corporal reporta diferencias solo en los atletas de saltos y pruebas combinadas; mientras que el IMC fue diferente en los de pruebas de saltos.

Tabla 47.

Comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC por prueba del atletismo de los atletas del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro.

Pruebas	Lugar	Mediana	Rango	Percentil			Chi <sup>2</sup>	gl	Sig
				25	50	75			
<i>Velocidad</i>	Edad	24.90	24	22.00	24.90	27.70	15.084	2	.001
UANL (6)	Estatura	180	52	176	180	186	.984	2	.611
Londres (332)	Peso	75.00	109	70	75	80	1.585	2	.453
Río (345)	IMC	22.99	38.66	21.60	22.99	24.20	1.529	2	.466
<i>Medio fondo</i>	Edad	25.00	18	22.53	25.00	27.95	10.748	2	.005
UANL (4)	Estatura	178.50	38	175.00	178.50	184.75	8.357	2	.015
Londres (118)	Peso	65	31	61	65	70	.505	2	.777
Río (130)	IMC	20.43	11.48	19.58	20.43	21.22	4.108	2	.128
<i>Fondo y Gran fondo</i>	Edad	29.00	29	25.55	29.00	32.40	6.345	2	.042
UANL (3)	Estatura	173	47.00	169	173	179	2.099	2	.350
Londres (154)	Peso	60	38	56	60	64	1.772	2	.412
Río (204)	IMC	19.80	11.23	18.83	19.80	20.83	.381	2	.827
<i>Salto</i>	Edad	25.20	24	23.05	25.20	28.25	15.009	2	.001
UANL (7)	Estatura	188	42.20	183	188	191	20.471	2	.000
Londres (112)	Peso	78	35	72	78	82	15.077	2	.001
Río (150)	IMC	22.10	9.98	21.10	22.10	23.20	8.116	2	.017
<i>Lanzamientos</i>	Edad	27.40	29	24.30	27.40	31.00	10.403	2	.006
UANL (5)	Estatura	190	38.40	186	190	195	13.921	2	.001
Londres (148)	Peso	115	115	98	115	125	2.875	2	.237
Río (134)	IMC	30.70	32.62	27.60	30.70	33.90	.279	2	.870
<i>Pruebas Combinadas</i>	Edad	26.00	18	23.95	26.00	28.92	6.877	2	.032
UANL (4)	Estatura	187	23.90	184.75	187	193.25	10.882	2	.004
Londres (28)	Peso	85	37	80	85	90.25	8.809	2	.012
Río (30)	IMC	23.94	7.70	23.08	23.94	24.83	2.025	2	.363
<i>Marcha atlética</i>	Edad	28.00	29	25.00	28.00	31.90	9.598	2	.008
UANL (1)	Estatura	177	44	172	177	181.50	1.229	2	.541
Londres (94)	Peso	64	34	60	64	70	2.437	2	.296
Río (138)	IMC	20.50	9.64	19.63	20.50	21.60	1.603	2	.449

La Tabla 48 muestra la comparación de la proporcionalidad corporal entre las atletas mujeres de la UANL. Se registran diferencias significativas ( $p < .05$ ) en el peso corporal, estatura, diámetro bicrestal, longitud de brazos e IMC.

*Tabla 48.*

Comparación de la proporcionalidad corporal de mujeres de la UANL

	n	Mediana	Rango	Chi-cuadrado	gl	Significancia
Peso corporal	27	57.50	65.90	14.65	4	.005
Estatura	27	161.40	24.70	9.82	4	.043
Longitud de tronco	27	87.40	12.60	8.25	4	.083
Longitud de piernas	27	74.00	14.80	4.70	4	.319
Diámetro biacromial	27	36.50	6.90	5.61	4	.230
Diámetro bicrestal	27	27.10	9.40	9.75	4	.045
Envergadura	23	162.10	22.90	9.78	4	.044
IMC	27	21.46	18.55	13.98	4	.007
Índice cormico	27	53.64	4.30	2.03	4	.729
Índice inferior	27	86.39	14.99	2.03	4	.729

La Tabla 49 muestra la comparación de la proporcionalidad corporal entre los atletas hombres de la UANL. Se observan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la estatura, longitud de brazos e IMC.

*Tabla 49.*

Comparación de la proporcionalidad corporal de hombres de la UANL.

	n	Mediana	Rango	Chi-cuadrado	gl	Significancia
Peso corporal	30	69.05	83.10	11.95	6	.063
Estatura	30	173.60	23.70	14.79	6	.022
Longitud de tronco	30	91.85	11.50	9.83	6	.132
Longitud de piernas	30	82.85	16.60	11.47	6	.075
Diámetro biacromial	30	40.25	9.00	10.93	6	.091
Diámetro bicrestal	30	28.15	11.60	10.99	6	.089
Envergadura	28	180.00	35.60	15.87	6	.014
IMC	30	23.73	23.53	13.65	6	.034
Índice cormico	30	52.94	5.57	7.96	6	.240
Índice inferior	30	88.87	19.44	7.96	6	.240

### 3.4 Asociación entre el perfil genético, dermatoglia y composición corporal

Al analizar el grado de asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas hombres (Tabla 50), solo se registró una correlación significativa entre el peso corporal con la estatura ( $p < .05$ ) y el IMC ( $p < .01$ ).

Tabla 50.

Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas hombres.

Variables	Peso	Estatura	IMC	Total, de líneas dactilares	Tipo FD y CF	Genotipos ACTN3	Genotipos ACE
Peso							
Estatura	.362*						
IMC	.867**	-.071					

Total, de líneas dactilares	.324	.207	.212				
Tipo FD y CF	-.117	-.258	.033	-.107			
Genotipos ACTN3	-.340	-.200	-.318	-.249	.101		
Genotipos ACE	-.160	-.309	-.118	-.154	-.091	.261	

Nota: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Al igual que en los hombres de la tabla anterior, solo se registró una correlación significativa entre el peso corporal con la estatura ( $p < .05$ ) y el IMC ( $p < .01$ ); no así en el resto de las variables (Tabla 51).

Tabla 51.

Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas mujeres.

Variables	Peso	Estatura	IMC	Total, de líneas dactilares	Tipo FD y CF	Genotipos ACTN3	Genotipos ACE
Peso							
Estatura	.707*						
IMC	.826**	.275					
Total de líneas dactilares	.107	.236	-.015				
Tipo FD y CF	-.253	-.331	-.093	-.017			
Genotipos ACTN3	.170	-.039	.218	.140	-.133		
Genotipos ACE	-.203	-.151	-.048	-.028	.172	-.261	

Nota: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

La Tabla 52, muestra una asociación positiva y significativa entre el peso corporal y la estatura, IMC, Total de líneas dactilares y negativa con el Tipo de FD y CF; por su parte la estatura refleja una correlación positiva con el total de líneas dactilares y negativa con el Tipo de FD y CF.

Tabla 52.

Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en atletas hombres y mujeres.

Variables	Peso	Estatura	IMC	Total de líneas dactilares	Tipo FD y CF	Genotipos ACTN3	Genotipos ACE
Peso							
Estatura	.621**						
IMC	.841**	.152					
Total de líneas dactilares	.307*	.347**	.164				
Tipo FD y CF	-.299*	-.347**	-.112	-.068			
Genotipos ACTN3	-.118	-.086	-.054	-.038	.001		
Genotipos ACE	-.081	-.104	-.029	-.075	.013	-.034	

Nota: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

Al intentar correlacionar las variables estudiadas en cada una de las pruebas del atletismo de manera específica, se encontraron valores significativos y de interés en la prueba de velocidad y lanzamientos que a continuación se describen.

Al correlacionar las variables de manera específica en las pruebas de velocidad (Tabla 53), se encontró una asociación positiva entre el peso y la estatura; así como una asociación negativa entre el peso y el genotipo (DD) del gen ACE y el IMC con el genotipo (DD) del gen ACE.

Tabla 53.

Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en pruebas de velocidad (100 mts, 200 mts, 400 mts, 100, 110 y 400 vallas, 4x100 y 4x400 mts).

Variables	Peso	Estatura	IMC	Total de líneas dactilares	Tipo FD y CF	Genotipos ACTN3	Genotipos ACE
Peso							
Estatura	.723**						
IMC	.799**	.169					
Total de líneas dactilares	.203	.363	-.030				
Tipo FD y CF	-.137	-.403	.161	-.351			
Genotipos ACTN3	-.147	-.311	.084	-.100	.129		
Genotipos ACE	-.644**	-.436	-.549*	-.284	.113	.136	

Nota: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

En la prueba de lanzamiento del atletismo (Tabla 54), se aprecia también una correlación positiva entre el peso y la estatura; así como una correlación negativa entre el peso y el genotipo (RR-velocidad y potencia) del gen ACTN3 y entre el IMC y el genotipo (RR-velocidad y potencia) del gen ACTN3.

Tabla 54.

Asociación entre las variables de composición corporal, dermatoglia y perfil genético en pruebas de lanzamientos (bala, disco, jabalina y martillo).

Variables	Peso	Estatura	IMC	Total de líneas dactilares	Tipo FD y CF	Genotipos ACTN3	Genotipos ACE
Peso							
Estatura	.765**						
IMC	.950**	.532					
Total de líneas dactilares	.302	.365	.236				
Tipo FD y CF	.141	.084	.162	-.409			
Genotipos ACTN3	-.650*	-.412	-.683*	.159	-.221		
Genotipos ACE	.284	.246	.262	.239	.127	-.096	

Nota: \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$

## Capítulo 4. Discusión

### 4.1 Perfil genético ACE y ACTN3

Una vez descrito los resultados en el presente estudio, se procede a discutirlos con la información científica relacionada a la carga genética, dermatoglífica y de proporcionalidad corporal de este deporte del atletismo, así como los datos proporcionados por otros países considerados potencias en el atletismo.

La idea de que el potencial deportivo de una persona está limitado por su carga genética se ha arraigado entre los profesionales de la formación deportiva (Quijada, 2016). El objetivo de esta investigación es el consolidar y/o ubicar los atletas pertenecientes al equipo de atletismo de la UANL en disciplinas o especialidades específicas por medio del establecimiento de perfiles adecuados de los genotipos, aplicando pruebas de perfil genético para el establecimiento del genotipo para los polimorfismos ACE I/D y el gen ACTN3 con sus variantes en atletas universitarios en modalidades del atletismo de pista y campo.

En cuanto a los genotipos relacionados al gen ACE en hombres de UANL los resultados muestran mayor porcentaje de genotipo II en pruebas de velocidad, diferente a lo reportado por Scott et al. (2010) en velocistas internacionales de Jamaica donde reportaron mayor porcentaje de genotipo ID. Los atletas de UANL de fondo y gran fondo se muestra mayor porcentaje de genotipo ID, diferente a lo reportado por Tobina et al. (2010) en atletas japoneses de resistencia II y similar a los resultados obtenidos en los atletas de marcha, donde se reportó mayor porcentaje de genotipo II. Por su parte, los atletas UANL saltadores reportaron mayor porcentaje de genotipo II, algo diferente a los reportado por Scott et al. (2010) en saltadores de Estados Unidos donde presentaron mayor porcentaje de genotipo ID. Respecto a los atletas lanzadores de la UANL presentaron mayor porcentaje de genotipo II, diferente a lo reportado

por Scott et al. (2010) en lanzadores de Estados Unidos algunos medallistas internacionales reportaron mayor presencia de genotipo ID.

En cuanto a los genotipos relacionados al gen ACE en mujeres de la UANL los resultados muestra mayor porcentaje de genotipo ID en velocistas, similar a lo reportado por Scott et al. (2010) en velocistas internacionales de Estados Unidos. Las atletas de la UANL de medio fondo reportaron mayor porcentaje de genotipo DD, diferente a lo reportado por Myerson et al. (1999) en corredoras olímpicas británicas de medio fondo; las atletas de la UANL de fondo y gran fondo reportaron mayor porcentaje de genotipo II, similar a lo reportado por Nazarov et al. (2001) en atletas de largas distancias de Rusia y diferente a los resultados de atletas de marcha de la UANL que reporta genotipo ID. Por su parte, las atletas de la UANL de saltos reportaron mayor porcentaje de genotipo ID, similar a lo reportado por Scott et al. (2010) en saltadoras de nivel internacional de Jamaica; mientras que las atletas de la UANL de lanzamientos reportaron mayor porcentaje de genotipo DD, diferente a lo reportado por Scott et al. (2010) donde presentan mayor presencia de genotipo ID en lanzadoras de nivel internacional de Jamaica.

En relación a genotipo del gen ACTN3 en hombre UANL los resultados muestran que los velocistas presenta mayor porcentaje de genotipo RX, distinto a lo reportado por Niemi y Majamaa (2005) en velocistas de elite finlandeses con mayor porcentaje de genotipo RR. Los atletas de la UANL de fondo y gran fondo reportaron mayor presencia de genotipo XX, diferente a lo reportado por Massidda et al. (2012) en italianos de resistencia de elite que presentaron RX, pero similar a lo reportado por marchista de la UANL donde reportan mayor presencia de este mismo genotipo RX. Respecto a los atletas UANL de saltos reportaron mayor presencia de genotipo RX, diferente a lo reportado por Scott et al. (2010) en saltadores de Jamaica reportaron mayor presencia de genotipo RR; por parte de los atletas lanzadores UANL

presentaron mayor porcentaje de genotipo RX, diferente a los lanzadores de Estados Unidos donde mostraron un genotipo RR (Scott et al., 2010).

En cuanto al genotipo del gen ACTN3 en atletas mujeres de la UANL, los resultados muestran mayor presencia de genotipo RX en velocista, similar a lo reportado por Yang et al. (2003) en atletas de Australia de velocidad nivel internacional; respecto a las atletas de la UANL de fondo y gran fondo obtuvieron mayor porcentaje de genotipo RX, similar a lo reportado por Yang et al. (2003) en australianas de resistencia de elite; mientras que las atletas de la UANL de saltos reportaron mayor presencia de genotipo RX, diferente a lo reportado por Scott et al. (2010) en saltadoras de Estados Unidos con mayor presencia de genotipo RR. Finalmente, las atletas de la UANL lanzadoras presentaron mayor porcentaje de genotipo RX, diferente a lo reportado por Scott et al. (2009) en lanzadoras de Jamaica con mayor presencia de genotipo RR.

En los eventos deportivo con rondas de clasificación como el atletismo se puede observar a los atletas con diferentes somatotipos, pero, a medida que avanza la competición, los competidores comienzan a parecerse mucho entre sí en sus estructuras óseas y musculares (Gutiérrez, 2013). A una conclusión similar llegaron Dantas y Fernandes (2002), João y Fernandes (2002), Medina y Fernandes (2002), Byoung y Ju (2005) y Toledo et al. (2008) en sus respectivas investigaciones, en las que demostraron que las características somatotípicas y genéticas eran bastante similares en deportistas de élite de múltiples modalidades deportivas, distinguiéndose de las de la población que no practica deporte de élite. Renshaw et al. (2002) destacan la importancia de esta característica, que permitiría, en un futuro próximo, identificar a los atletas de élite mediante un análisis de DNA.

La contribución de la herencia genética al rendimiento deportivo es innegable y, además, algunas características de los deportistas están determinadas por la genética (Lorenzo & Sampaio, 2005). El hecho de que las personas puedan transmitir rasgos de sus padres a sus hijos proporciona una gran cantidad de información sobre sus posibilidades de convertirse en un deportista de élite en el futuro (García et al., 2003; Horton, 2012). El Dr. Per-Olof Astrand, uno de los padres de la fisiología deportiva, afirmaba que la persona que deseara convertirse en campeón olímpico debía tener mucho cuidado a la hora de escoger a sus padres.

El hecho de que el Proyecto Genoma Humano muestre que los humanos comparten el 99% de su información genética sugiere que las diferencias observadas entre los individuos se deben a una pequeña parte del DNA y sus interacciones con otros factores (Baker, 2012). El DNA humano se compone de 35,000 genes, y más de 200 están directamente relacionados con el rendimiento deportivo (Gómez, 2013).

Gracias a estos descubrimientos, podemos afirmar que el factor genético de un deportista es un “limitante no modificable que marca la diferencia entre un campeón y un segundo lugar en una competición” (Gutiérrez, 2013) La investigación realizada por Bray et al. (2009), citada en Roth (2012), aproxima la cifra a 230 genes. Williams & Folland (2008), en Baker, (2012) identificaron 23 modificaciones genéticas relacionadas con un alto grado de rendimiento en los deportes de resistencia, también señalaron que las probabilidades de que se den esas variaciones en un único individuo son de 1 entre 20 millones.

Resalta el hecho de que, según se estima, casi el 66 % de las diferencias en la capacidad atlética, de media, pueden explicarse mediante factores genéticos aditivos (Gómez, 2013). Con base en esta y otra información, muchos científicos del ejercicio han comenzado a

buscar genes específicos que puedan influir en el ejercicio para hacer que la actividad física sea más efectiva, pero aún no han obtenido resultados (Padullés et al., 2004). La influencia de los genes individuales es insignificante en estudios pequeños o se asocia con una mayor complejidad genética (Epstein, 2014). Sin embargo, diferentes parámetros relacionados con la actividad física muestran una alta heredabilidad (Padullés et al., 2004). Hay muchos estudios que analizan la herencia de ciertos rasgos fenotípicos o parámetros de ciertas condiciones físicas (Bouchard et al., 1997; Ruiz, 1999; Magallanes, 2011).

Un estudio publicado recientemente relacionó el gen ACTN3 (alfa-actinina-3) con el rendimiento deportivo, correlacionándolo con la velocidad y la fuerza explosiva de un deportista y la capacidad de evitar lesiones por contracción muscular excéntrica (Yang et al., 2003, en González et al., 2013; Macarthur & North, 2011; Muniesa et al. 2011; De la Calle 2013; Epstein, 2014; Franchini, 2014; Massidda et al., 2014). El gen ACE (enzima convertidora de angiotensina) está asociado con una mayor capacidad de salto vertical (fuerza de explosión) en los atletas (Massidda et al., 2014). Además, el gen ACE también se asocia con la respuesta muscular al entrenamiento con respecto a su eficiencia y a la hipertrofia muscular (Eleftheriou & Montgomery, 2008; Muniesa et al., 2011; Skipworth, et al., 2011; González et al., 2013). Además, el gen ACE influye en las capacidades físicas de fuerza resistencia (Muniesa et al., 2011) y de resistencia aeróbica (Gayagay et al., 1998; Álvarez et al., 2000; Nazarov et al. 2001; Collins et al., 2004, todos citados en Eleftheriou & Montgomery, 2008; Skipworth et al., 2011). También, en relación con los deportes de resistencia aeróbica (Fedotovskaya et al., 2014).

En otro estudio, Valadez-Lira (2017) analizó polimorfismos del gen (ACE), relacionado con la resistencia, en atletas nacionales de pista y campo, los resultados indicaron una relación de mayor frecuencia en las variantes genéticas DD en velocistas. En otro estudio Papadimitriou et al., (2016) examinó la asociación entre las variantes de los genes ACTN3 R577X y ACE I/D y

el tiempo de carrera en atletas de élite, los velocistas caucásicos masculinos con el genotipo ACTN3 577RR o el genotipo ACE DD tuvieron el mejor tiempo de aceleración de 200 m más rápido que sus 577XX ( $21.19 \pm 0.53$  s frente a  $21.86 \pm 0.54$  s,  $p = 0.016$ ) y ACE II ( $21.33 \pm 0.56$  vs.  $21.93 \pm 0.67$  sec,  $p = 0.004$ ) contrapartes y solo un caso de ACE II, y ningún caso de ACTN3 577XX, tuvo un tiempo de 200 m más rápido que los Juegos Olímpicos de Londres 2012 (vs. 12 velocistas calificados con 577RR o Genotipo 577RX). Los velocistas caucásicos con el genotipo ACE DD tuvieron el mejor tiempo de aceleración de 400 m más rápido que sus homólogos de ACE II ( $46.94 \pm 1.19$  s vs.  $48.50 \pm 1.07$  s,  $p = 0.003$ ), En conclusión, a pesar de que el rendimiento del sprint se basa en muchas variantes genéticas y en el entorno, el porcentaje de variación del tiempo de sprint explicado por ACE y ACTN3 es sustancial a nivel de élite y puede ser la diferencia entre un récord mundial y solo la final.

En vista de las diferentes investigaciones y estudios, se asegura que hay dos factores importantes en la formación de atletas de élite: primero nace un atleta - debe tener ciertos rasgos y condiciones a nivel genético - y luego, se hace durante el proceso de entrenamiento deportivo (Gonçalves et al., 2012; Gutiérrez, 2013). Estos hallazgos parecen sugerir que "sin genes, la imagen de la experiencia del ejercicio es muy incompleta" (Epstein, 2014). Cabe señalar que estas afirmaciones no reducen el entrenamiento, sino que sugieren que una definición más aproximada de entrenamiento atlético es la "realización del potencial genético" en un atleta (Tucker & Collins, 2012).

El futuro de la genética en el deporte debe enfocarse en avances tecnológicos de identificación de genes que permitan seleccionar individuos con potencial para llegar a un alto nivel de rendimiento, el cual está influenciado por diversos factores como fuerza muscular, capacidad aeróbica y resistencia, riesgo de lesiones y factores psicológicos. Los trabajos de investigación ya muestran resultados significativos en la identificación de los genes asociados

con estos factores de rendimiento. El avance de este campo de conocimiento permitirá el desarrollo de novedosas maneras de asumir la selección, formación e intervención de nuevos deportistas (Eynon et al., 2011; Grimaldi et al., 2012; Roth, 2012).

#### **4.2 Perfil Dermatoglífico**

En la práctica de una disciplina deportiva y específicamente del atletismo es determinante contar con el perfil básico adecuado y también según la especialidad; sin embargo, es poco habitual que, en edades tempranas, por medio de pruebas objetivas, se tenga un proceso de análisis del talento deportivo (Leiva et al., 2011). El objetivo de este trabajo fue analizar el perfil dermatoglífico y su relación con las cualidades físicas predominantes en atletas universitarios en modalidades del atletismo de pista y campo. Que se utilice de base para estudios futuros y en la detección de talento en esta disciplina.

Se encontró, en estos atletas, un conteo alto en la presilla cubital (6), lo que expone que la velocidad es la potencialidad física más relevante en la muestra estudiada. Seguido por el verticilo (3.3), que pone a la coordinación motora y a la agilidad como potencialidades físicas importantes en el perfil dermatoglífico general de estos practicantes de atletismo universitario. Así mismo, es trascendente resaltar a la resistencia como otro elemento a tomar en cuenta en estos atletas, ya que reportan un Delta 10 promedio de 13.4. Lo anterior da una base importante para la detección y orientación de talento para el atletismo a edades tempranas, ya que independientemente de la modalidad que se trate, la velocidad y la coordinación motora son indispensables para la mayoría de las pruebas del atletismo. Concordando con Carvalho et al. (2005) quienes reconocen en la dermatoglia un elemento clave en el proceso pedagógico para la selección en los deportes, identificando el potencial innato de los individuos.

En relación con el D10, se encontró un índice mayor (13.4), los valores varían con otros estudios, aunque no demasiado. Por ejemplo, en uno realizado en atletas de resistencia de alto rendimiento de Río de Janeiro, su índice delta D10 fue de 11.5 Carvalho et al. (2005). Otro, pero en corredores de medio fondo reportan un promedio D10 de 11.2 (Sánchez y Rodríguez, 2017). En participantes colombianos en los Juegos Panamericanos, mujeres y hombre obtienen un D10 12.1 en promedio (Avella y Medellín, 2013).

En estos primeros resultados de esta investigación (Arco  $0.2 \pm 0.7$ , presilla  $6.3 \pm 3.1$ , verticilo  $3.6 \pm 3.2$  y  $13.4 \pm 4$  Deltas), se coincide en buena medida, por ejemplo, con (Avella y Medellín, 2013). quienes reportan resultados cercanos a los de esta investigación en 8 atletas de velocidad del equipo representativo de Colombia en los Juegos Panamericanos Guadalajara 2011. Ellos estudiaron cinco mujeres: Arco 0, Presilla  $7.8 \pm 2.17$ , Verticilo  $2.2 \pm 2.17$ , Delta  $12.2 \pm 2.17$ . La valoración de tres hombres: Arco  $0.67 \pm 1$ , Presilla  $6.7 \pm 1.15$ , Verticilo  $3 \pm 1.15$ , Delta  $12 \pm 2$ . Otros resultados de Sánchez y Rodríguez (2017) pero, con corredores de medio fondo de Bogotá, Colombia, reportan los valores siguientes en 13 mujeres (Arcos  $1.4 \pm 0.8$ , Presilla  $6.7 \pm 1.4$  y Verticilo  $3.3 \pm 4.1$ ) y 14 hombres (Arcos  $0.3 \pm 1$ , Presilla  $5.5 \pm 1.6$  y Verticilo  $2.1 \pm 1.3$ ). En este mismo sentido, Carvalho et al. (2005), en carreras de resistencia, con 12 atletas de alto rendimiento de Rio de Janeiro, mostraron los resultados siguientes: Arco  $0.3 \pm 0.6$ , Presilla  $7.83 \pm 1.59$  y Verticilos  $1.83 \pm 1.70$ . Con la salvedad que está contrastando con resultados de pruebas específicas, pero que dan cierta luz para futuros trabajos. Además, es de llamar la atención el parecido de los datos reportados por Toledo et al. (2008), con los de esta investigación, ya que reportan una distribución de 1.1 Arcos, 6 Presillas y 2.9 Verticilos en una muestra de 28 mujeres brasileñas jugadoras de voleibol, siendo distinto sólo por la cantidad de arcos, mayores en esta muestra de deportistas brasileñas.

El arco, el verticilo diseño "S" y la presilla radial aparecen de forma muy irrelevante en la muestra estudiada. Llama la atención sobre todo el caso del diseño tipo arco, ya que estos

datos contrastan en la predominancia del tipo de huella expuestas por Díaz y Espinoza (2008), quienes realizaron un estudio con 29 velocistas masculinos de Brasil destacándose una alta correlación de las impresiones digitales presillas con el diseño de arcos en atletas de velocidad y lanzadoras. El caso del verticilo diseño “S” es de esperarse ya que aparece de forma general es reportado en proporción muy baja en los estudios de dermatoglifia. Además, este diseño se correlaciona con la coordinación motora y agilidad, de forma homologa con el verticilo en su diseño W. Y aunque, no se ha corroborado aún, pareciera que este tipo de verticilo diseño “s” se asocia a la coordinación motriz fina (Nodari-Junior, 2019).

De acuerdo con la dermatoglifia, a mayor conteo de líneas dactilares, mayor capacidad de resistencia en los individuos (Rodríguez et al., 2017), en este trabajo los varones que practican pruebas combinadas como decatlón son quienes reportan la mayor cantidad de líneas dactilares (mano izquierda es 83 y derecha 88, SQTL = 171). Por otro lado, las mujeres de la prueba de marcha atlética presentan mayor cantidad de líneas (90 mano izquierda y 95 mano derecha, SQTL = 185). Resultados que corresponden a lo que marca la dermatoglifia, de acuerdo con los tipos de prueba, tanto en hombres como en mujeres. Pero un resultado que se sale de la norma es el encontrado en los practicantes varones de la Marcha atlética: 10 y 50k que, en promedio obtienen una SQTL de 100.0. Es decir, muy bajo conteo para el tipo de actividad relacionado con la resistencia aerobia. Por ejemplo, si los comparamos con lo encontrado en las dos damas, precisamente de la Marcha atlética: 10 y 20k, quienes reportan 184.5 en promedio, lo que se corresponde con la dicha disciplina deportiva.

De manera general, la  $L > W$  y la  $W > L$  son las dos fórmulas digitales que prevalecen en mayor proporción en los atletas de ambos sexos. En los varones está presente en el 75% de ellos, repartidas de la siguiente manera, la  $L > W$  con 56.8%, en atletas de pruebas como velocidad y saltos y la  $W > L$  con 18.2% pero que se dispersa en varios grupos de pruebas atléticas. En las mujeres la  $L > W$  con 37.2% y la  $W > L$  con 30.2%, presentes en el 67.4%. Lo

que corrobora a la velocidad, la coordinación motriz y a la resistencia como las capacidades físicas que prevalecen en la muestra estudiada. En concordancia con Díaz y Espinoza (2008), quienes reportan que el diseño W en combinación con el diseño L se asocian, por ejemplo, con atletas fondistas. El resto de los trabajos sobre dermatoglia en pruebas del atletismo no reportan las fórmulas dactilares en sus resultados, lo que hace difícil comprarlos.

### **4.3 Proporcionalidad Corporal**

La cineantropometría se define como ciencia que estudia la relación entre la estructura y función humana, comprende tres áreas de estudio, como la composición corporal, el somatotipo y la proporcionalidad (Gomes-Campos et al., 2013). La proporcionalidad corporal es la relación de las diferentes partes del cuerpo humano, algo que es de gran interés para el conocimiento biológico del hombre y para el estudio de los atletas, ya que se puede estudiar la relación entre el tamaño de los segmentos corporales de los deportistas y sus resultados deportivos (Esparza, 1993).

En una investigación realizada por Gomes-Campos et al. (2013) a 10 velocistas brasileños de elite (100, 200, 400m), presentaron una estatura  $177.5 \pm 6.9\text{cm}$ , algo similar a los atletas varones del UANL  $177.88 \pm 5.93\text{cm}$ , se muestra que los velocistas brasileños presentaron menor edad  $21.7 \pm 3.29$  años, mientras que los velocistas de la UANL reportaron una edad similar de  $22.33 \pm 2.58$  años, los brasileños presentaron un peso corporal de  $68.0 \pm 6.2\text{kg}$ , e IMC de  $21.6 \pm 1.69$ , mientras que los velocistas universitarios presentaron un peso de  $73.50 \pm 9.67$ , e IMC de  $23.29 \pm 3.34$ , mayor a los velocistas brasileños.

En otra investigación de Pacheco del Cerro (1992), a 82 velocistas varones categoría Juniors se muestra valores similares en peso  $67.49 \pm 6.0\text{kg}$  y estatura  $1.753 \pm 5.5\text{m}$ , en otro estudio Abraham (2010), atletas juveniles en 22 velocistas se muestran valores similares en

peso corporal  $68.2 \pm 2.9$ kg y edad 19.5 en promedio y relativamente inferiores en cuanto a la estatura  $1.721 \pm 3.2$ m, en corredores de medianas distancias (800, 1500 y 3000m) los atletas de la UANL presentaron una edad de  $18.25 \pm .957$  años, mientras que los atletas de la India reportan una edad similar en promedio 19 años, una estatura de 166.8cm y un peso 62.5, relativamente similar a lo reportado en los atletas de la UANL, con una estatura de  $166.75 \pm 6.20$  y un peso de  $65.33 \pm 7.28$ , los atletas indios reportaron en 16 corredores de larga distancia (5000 y 10000m) una edad promedio 18,7 años, en estatura 167,2 y peso 62.1kg, mientras que los atletas de la UANL, reportaron una edad de  $20.67 \pm 4.50$ , una estatura  $174.16 \pm 5.66$ , por encima de los atletas indios, en cuanto la peso corporal  $59.07 \pm 4.06$  por debajo de los atletas de la India, en lanzadores de la UANL se presenta una edad de  $20.40 \pm 3.13$ , estatura  $176.88 \pm 5.85$ , y peso  $96.16 \pm 27.57$ , mientras que en los atletas indio reportaron una edad de 19 años, estatura 170,8 y peso 72,6 valores por debajo de lo reportado por los atletas de la UANL, en saltadores indios se reportaron valores en edad promedio de 18.3 años, estatura 169.9 y peso 64.1kg, mientras que los atletas UANL reportan una edad  $20.29 \pm 2.13$ , un poco por encima a los atletas indios, en cuanto a la estatura  $168.41 \pm 4.70$ , y peso  $67.01 \pm 5.19$  se presentan valores relativamente similares.

En otro estudio a 19 corredores de élite profesionales de largas distancias colombianos (Ramírez-Vélez et al. 2015), reporta una edad  $28.2 \pm 6.9$ , muy por encima de lo reportado por los atletas UANL, y una estatura  $170.6 \pm 8.3$ , ligeramente por debajo de los atletas universitario y un peso  $69.1 \pm 12.7$ , muy por encima de lo reportado por los fondistas universitarios. En otro estudio (Vucetic et al., 2008) en atletas croatas clasificados en los 15 primeros de la lista de la Asociación de Atletismo, reportaron la estatura de 15 velocistas  $182.7 \pm 5.3$ , mayor a los atletas UANL y un peso corporal de  $76.0 \pm 4.6$ , también mayor y un IMC de  $22.8 \pm 1.6$ , ligeramente por debajo de lo presentado por los atletas de la UANL.

En otro estudio Moreno et al. (2001) en decatletas españoles reportan una edad media de 26 años, estatura de  $185.9 \pm 7.5$ , peso corporal  $85.5 \pm 7.6$ , envergadura,  $191.4 \pm 9.3$ , mientras que los decatletas de la UANL reportan una edad  $26.99 \pm 2.91$  y peso  $84.27 \pm 6.65$  relativamente similar a lo reportado en decatletas españoles y una estatura mayor  $188.23 \pm 5.08$  a lo presentado en el estudio en españoles.

Los resultados obtenidos de la comparación de la edad, estatura, peso corporal e IMC, en mujeres por prueba del atletismo las atletas del equipo de la UANL y de los participantes en los Juegos Olímpicos de Londres y Río de Janeiro, se reportan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la edad de las atletas de velocidad, medio fondo, saltos y lanzamientos; así como en la estatura de las de velocidad, medio fondo, Fondo y lanzamientos, en cuanto a los hombres se reportan diferencias significativas ( $p < .05$ ) en la edad en todas las pruebas; así como la estatura de los de medio fondo, saltos, lanzamientos y pruebas combinadas; el peso corporal reporta diferencias solo en los atletas de saltos y pruebas combinadas; mientras que el IMC fue diferente en los de pruebas de saltos, en relación a sus pares de clase mundial, esto probablemente se deba a los años de entrenamiento, puesto que los estudios sustentan que a través de los años de entrenamiento se consigue la hipertrofia de los grupos musculares a través de entrenamiento con sobrecargas, los atletas de la UANL presentaron diferencia significativas en edad, la cual es inferior a los atletas de élite mundial, lo que, respecto a la estatura, también se muestran diferencias significativas entre grupos de atletas, lo cual sería un factor importante. Estos valores sugieren una estatura óptima o adecuada para los velocistas, inclusive los rangos observados parecieran discriminar a los más bajos y/o altos.

Para dar respuesta a la pregunta de investigación e hipótesis ¿Qué porcentaje de atletas del equipo representativo de atletismo de la UANL están ubicados en la disciplina adecuada según su perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal?, se puede señalar que el porcentaje de ubicación según su genotipo en la muestra de hombres tienen para el gen ACE un

68% y ACTN3 82%, y las mujeres un 70% para gen ACE y 72% ACTN3. Las disciplinas que mostraron el 100% de ubicación de atletas son: medio fondo, fondo, decatón/heptatlón y marcha, ya que se ubican en su especialidad de acuerdo a su genotipo y alelo del gen ACE y ACTN3. En cuanto a la ubicación de atletas por tipo de formula digital y cualidad física predominante, los resultados muestran que el 83% de ellos están en la disciplina adecuada según el tipo de huella dactilar, cantidad de diseños y líneas. Respecto a la proporcionalidad corporal se pudo confirmar que los velocistas y lanzadores muestran un mayor porcentaje de IMC; la estatura y envergadura de los brazos es mayor en lanzadoras y saltadoras, en hombres los velocistas y pruebas combinadas; los corredores de medio fondo, gran fondo y marcha tienen un menor IMC y porcentaje de grasa.

Por lo anterior, se puede aceptar la hipótesis ya que la mayoría de los atletas del equipo representativo del atletismo de la UANL están ubicados en la disciplina según su perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal.

Por el contrario, la segunda hipótesis es rechazada, ya que no se encontró una correlación entre el perfil genético, dermatoglífico y proporcionalidad corporal.

## **Limitaciones**

La toma de los datos fue afectada por el inicio de la pandemia de COVID-19 y no se logró completar la muestra total en las mediciones antropométricas. El número de sujetos en cada modalidad atlética son diferentes y en algunos de estos con menor participación, por lo que las comparaciones y correlaciones pueden estar sesgadas por no contar con un número de sujetos similar para cada grupo.

## **Futuras líneas de investigación**

Utilizar los métodos empleados en el presente estudio en edades tempranas para la detección de talentos mediante el uso de tablas de referencia (Deciles) en diferentes edades y disciplinas deportivas. Llevar a cabo entrenamiento (intervenciones) para medir el impacto en las variables utilizadas en la investigación. Utilizar los resultados de los tres métodos empleados para la prescripción del ejercicio y evitar lesiones en diferentes poblaciones.

## **Conclusiones**

- El perfil genético ACE muestran una mayor presencia de genotipo II (43.2%) en hombre y en mujeres ID (39.5%); en cuanto el total de la muestra se muestra mayor porcentaje de genotipo ID (39.1%); en relación al alelo I del gen ACE fue de mayor presencia en el total de la muestra (57.47%); en cuanto al perfil genético ACTN3 los hombres presentaron mayor presencia de genotipo RX (72.7%); al igual que las mujeres RX (58.1%); el total de la muestra presentó la presencia del genotipo RX (65.5%); en relación al alelo X presentó mayor porcentaje tanto en hombres y mujeres (66.09%). En relación al porcentaje de ubicación según su genotipo en la muestra de hombres tienen para el gen ACE un 68% y ACTN3 82%, y las mujeres un 70% para gen ACE y 72% ACTN3. Las disciplinas que mostraron el 100% de ubicación de atletas son: medio fondo, fondo, decatón/heptatón y marcha, ya que se ubican en su especialidad de acuerdo a su genotipo y alelo del gen ACE y ACTN3.
- Los índices dermatoglíficos muestran que el tipo de huellas dactilares más predominante en los atletas estudiados son la presilla cubital, seguido por el verticilo, por consiguiente, las fórmulas digitales más relevantes con  $L>W$  y  $W>L$ , con un índice D10 de 13.4. Los datos antes expuestos dan muestra de una variación importante de cualidades físicas,

maximizado los niveles funcionales de coordinación, resistencia, fuerza, velocidad y agilidad. En cuanto a la ubicación de atletas por tipo de huella dactilar que nos arroja las cualidades físicas predominantes en las personas, los resultados muestran que el 83% de ellos están en la disciplina adecuada según el tipo de huella dactilar, cantidad de diseños y líneas.

- Respecto a la proporcionalidad corporal, las atletas mujeres tienen una estatura de 162.28 cm, un peso corporal de 60.38 kg, IMC de 22.79, longitud de: tronco 87.40 cm y piernas 74.00 cm, diámetro: biacromial 36.50 cm y bicrestal 27.10 cm, longitud de brazos o envergadura 162.10 cm; mientras que los atletas hombres registran una estatura de 173.57 cm, un peso corporal de 72.52 kg, IMC de 23.99, longitud de: tronco 91.85 cm y piernas 82.85 cm, diámetro: biacromial 40.25 cm y bicrestal 28.15 cm, longitud de brazos o envergadura 180 cm.
- Se encontró una asociación positiva y significativa entre el peso corporal y la estatura, IMC, Total de líneas dactilares y negativa con el Tipo de FD y CF; por su parte la estatura refleja una correlación positiva con el total de líneas dactilares y negativa con el Tipo de FD y CF. En el resto de las variables no se registraron correlaciones.
- Al correlacionar las variables en cada una de las pruebas del atletismo de manera específica, se encontró en las pruebas de velocidad que a mayor peso e IMC mayor velocidad y potencia con los genotipos DD del gen ACE; además en las pruebas de lanzamientos a mayor peso e IMC mayor velocidad y potencia con los genotipos RR del gen ACTN3.
- Los atletas que participaron en los juegos olímpicos de Londres y Rio de Janeiro registraron valores más altos en la proporcionalidad corporal respecto a los atletas de la UANL, especialmente los hombres.

- Se puede concluir que el perfil genético, dermatoglífico y de proporcionalidad corporal, proporcionan una asociación en sus disciplinas atléticas y marca un buen referente para futuros estudios para la detección y orientación del talento atlético, integrando estos perfiles en la prescripción del ejercicio en base a su desempeño y orientación de cargas de entrenamiento específico para mejorar su rendimiento.

## Bibliografía

- Abraham, G. (2010). Analysis of anthropometry, body composition and performance variables of young Indian athletes in southern region. *Indian Journal of Science Technology*, 3(12), 1210-1213. doi: 10.17485/ijst/2010/v3i12.3
- Abramova, T. (1995). Impresiones dermatoglíficas, marcas genéticas de la selección en los diferentes deportes. *Colección de artículos científicos. Volgograd*, 2, 86-91.
- Abramova, T. Nikitina, T. Ozolin, H. (1996). Posibilidades del empleo de la dermatoglífa dactilar en la selección deportiva. *Teoría y práctica de la cultura física*. 3, 8-14.
- Abramova, T., Jdanova, A. y Nikitina, T. (1990). Impresiones Dermatoglíficas y Somatotipo: Marcas de Constitución de Diferentes Niveles. *Actualidades Médicas y Antropológicas en el Deporte*. Moscú. 2, 94-95.
- Abramova, T., N Ikitina, T. M., & Ozolin, N. (1992). Impressões dermatoglíficas nos atletas de alta qualificação de diferentes esportes. *Problemas morfológicos nos esportes*. cap.3, p.1- 14.
- Abramova, T.F. y Fernández, Filho. (1997). Empleo de los indicadores dermatoglíficos en calidad de marcadores genéticos para la selección de deportistas de coordinación compleja y juegos deportivos en Brasil. *Compendio de trabajos científicos*, VNIIFK, 386-391.
- Abramova, T.F., Nikitina, T.M. & Kochetkova, N.I. (2003). Orientación de la investigación científica en el laboratorio de antropología deportiva, morfología deportiva y genética del VNIIFK. *Teoría y práctica de la cultura física*, 10, 39-41.
- Abreu Cruz, G., Moreira Silva, P. y Fernandes, J. (2007). Perfil dermatoglífico, somatotípico y de las cualidades físicas básicas de los bailarines becarios del Centro de Movimiento Deborah Colker. *Fitness & Perform. J.*, 6(5), 331-337. doi: 10.3900/fpj.6.5.331. p.
- Ahmetov, I. I., & Fedotovskaya, O. N. (2015). Current Progress in Sports Genomics. *Advances in Clinical Chemistry*, 70, 247-314. doi: 10.1016/bs.acc.2015.03.003
- Ahmetov, I., Popov, D., Astratenkova, I., Druzhevskaya, A., Missina, S., Vinogradova, O. & Rogozkin, V. (2008). The use of molecular genetic methods for prognosis of aerobic and anaerobic performance in athletes. *Human Physiology*, 34(3), 338-342.  
<https://doi.org/10.1134/S0362119708030110>

- Almeida, J. A., Boullosa, D. A., Pardono, E., Lima, R. M., Morais, P. K., Denadai, B. S., ... & Simões, H. G. (2012). The influence of ACE genotype on cardiovascular fitness of moderately active young men. *Arquivos brasileiros de cardiologia*, 98, 315-320.
- Amir, O., Amir, R., Yamin, C., Attias, E., Eynon, N., Sagiv, M., Sagiv, M. & Meckel, Y. (2007). The ACE deletion allele is associated with Israeli elite endurance athletes. *Experimental Physiology*, 92(5), 881-886. doi:10.1113/expphysiol.2007.038711
- Anton, F., De Luis, J. (2004). *Sistema Inglés. En Policía científica. 4ª edición*. Valencia: tirantlo Blanh, p. 423-459
- Arruda, M., Cossio-Bolaños, M. A., & Portella, D. (2009). Los pliegues cutáneos como predictores del porcentaje graso en futbolistas profesionales. *Biomecánica*, 17(2), 38-45.
- Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo IAAF, (2018). *Reglas de Competición*. Mónaco: Cedex.
- Asociación Médica Mundial (2013). Declaracion de helsinkide la AMM pricipios éticos para las investigacionesmédicas en seres humanos. [Online]. Helsinki. Recuperado de <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Avella, R. E. y Medellín, J. P. (2013). Perfil dermatoglífico y somatotípico de atletas de la selección colombia de atletismo (velocidad) participante en los juegos panamericanos de Guadalajara, 2011. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), 17-25.
- Bagdanov, N. N., Abramova, T. F. (1998). *A natureza nos cria de modo tal*. Moscou: Natureza, Junho.
- Baker, J. (2012). Do genes predict potential? Genetic factor and athletic success. En J. Baker, S. Cobley & J. Schorer (Eds.), *Talent identification and development in sport: international perspectives* (pp. 13-24). Milton Park: Routledge.
- Ballesteros, J. M. (1991). *Manual de entrenamiento básico*. London editorial International Amateur Athletic Federation. 116p.
- Bandyopadhyay, A. (2007). Anthropometry and body composition in soccer and volleyball players in West Bengal, India. *Journal of physiological anthropology*, 26(4), 501-505. DOI <https://doi.org/10.2114/jpa2.26.501>

- Bastos, F., Dantas, P. & Filho, J. (2006). Dermatoglifia, somatotipo y cualidades físicas básicas en el basquetbol: estudio comparativo entre las posiciones. *Redalyc Motricidad*, 2(1), 32-52.
- Behnke, A. R., Feen, B. G., & Welham, W. C. (1942). The specific gravity of healthy men: body weight÷ volume as an index of obesity. *Journal of the American Medical Association*, 118(7), 495-498.
- Beiguelman B. (1982). *Human Cytogenetics*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan.
- Bell, W., Colley, J. P., Evans, W. D., Darlington, S. E., & Cooper, S. M. (2012). ACTN3 genotypes of Rugby Union players: distribution, power output and body composition. *Annals of human biology*, 39(1), 19-27.
- Bischof, M., Knechtle, B., Rüst, C., Knechtle, P., Rosemann, T. (2013). Changes in Skinfold Thicknesses and Body Fat in Ultra-endurance Cyclists. *Asian Journal of Sports Medicine*, 4(1), 15-22.
- Boileau, R. & Craig, H. (2000). Composicion Corporal en el Deporte: Medidas y Aplicaciones para la Ganancia y Pérdida de Peso. *Exercise and Sport Science*. 1-20
- Boraita, A., De La Rosa, A., Heras, M. E, De La Torre, A. I, Canda, A., Rabadán, M., Díaz AE., González C., López M., Hernández, M. (2010). Adaptación cardiovascular, capacidad funcional y polimorfismo, inserción / deleción de la enzima de conversión de angiotensina y deportistas de élite. *Revista Española de Cardiología*, 63(7), 810–9. doi: 10.1016/S0300-8932(10)70184-6
- Bouchard, C., Malina, R., & Pérusse, L. (1997). *Genetics of fitness and Physical Performance*. Champaign: Human Kinetics
- Bray, M. S., Hagberg, J. M., Perusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., wolfarth, B., & Bouchard, C. (2009). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 20062007 update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(1), 35-73.
- Breitbach, S., Tug, S., & Simon, P. (2014). Conventional and Genetic Talent Identification in Sports: Will Recent Developments Trace Talent? *Sports Medicine*, 44(11), 1489–503. doi: 10.1007/s40279-014-0221-7
- Brodie D. A. (1988). Techniques of measurement of body composition. Part II. *Sports Medicine*, 5(2),74-98. doi: 10.2165/00007256-198805020-00002

- Brooks, M. A., & Tarini, B. A. (2011). Genetic testing and youth sports. *JAMA : The Journal of the American Medical Association*, 305(10), 1033–1034. doi:10.1001/jama.2011.286
- Butova O, Lisova I. (2001). Correlations of various parameters of the human constitution. *Morphology*. 119(2), 63-6.
- Byoung-Goo, K., & Ju-Hak, K. (2005). Physical fitness profiles of elite ball game athletes. *International Journal of Applied Sports Sciences*, 17(1), 71-87.
- Canda Moreno, A., Sainz Fernández, L., Diego Lobo, T. D., & Pacheco del Cerro, J. L. (2001). Características morfológicas del decatleta vs especialistas. *Archivos de Medicina del Deporte*, 277-284.
- Carter, J. L., Carter, J. L., & Heath, B. H. (1990). *Somatotyping: development and applications* (Vol. 5). Cambridge university press.
- Carter, J.E.L. (1980). *The Heath-Carter somatotype method*. San Diego: State Univ. Syllabus Serv.
- Carvalho, E., Fernandes, J. y da Silva, J. (2005). Perfil dermatoglífico, somatotípico y fisiológico de los atletas de alta performance, partícipes en las carreras de resistencia, de Río de Janeiro. *Fitness & Performance J.*, 4(3), 168-174. doi: 10.3900/fpj.4.3.1.168. s.
- Castilha, F. A., Ferreira, H. R., Oliveira, G., Oliveira, T., Fernandes, P. R., & Filho, J. F. (2018). The Influence of Gene Polymorphisms and Genetic Markers in the Modulation of Sports Performance: A Review. *Journal of Exercise Physiology Online*, 21(2), 248+. <https://link.gale.com/apps/doc/A535825191/AONE?u=anon~c4bdc018&sid=googleScholar&xid=a9e0c8d9>
- Chakraborty, R. (1991). The role of heredity and environment on dermatoglyphic traits. *Dermatoglyphics: Science in transition. Birth Defects Original Article Series*. 27(2), 151-191.
- Chiu, L. L., Wu, Y. F., Tang, M. T., Yu, H. C., Hsieh, L. L., & Hsieh, S. S. (2011). ACTN3 genotype and swimming performance in Taiwan. *International journal of sports medicine*, 32(06), 476-480.
- Colakoglu M., Cam FS., Kayitken B., Cetinoz F., Colakoglu S., Turkmen M., Sanyin M. (2005). Ace Genotype may have an effect on single versus multiple set preferences in Strength

- Training. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 20-26. doi: 10.1007/s00421-005-1335-2
- Collins, M., Xenophontos, S. L., Cariolou, M. A., Mokone, G. G., Hudson, D. E., Anastasiades, L., & Noakes, T. D. (2004). The ACE gene and endurance performance during the South African Ironman Triathlons. *Medicine and science in sports and exercise*, 36, 1314-1320.
- Córdova, S. O. M., & UD227870, I. D. (2014). Genética Deportiva. *Atlantic International University, Arika Chile*.
- Costa A. M., Silva A. J., Garrido N. D., Louro H., De Oliveira R. J., Breitenfeld L. (2009). Association between Ace D Allele and Elite Short Distance Swimming. *European Journal of Applied Physiology*, 106(6), 785-790. doi: 10.1007/s00421-009-1080-z
- Cummins H. & Midlo, C. (1942). *Palmar and plantar dermatoglyphics in primates*. Philadelphia: The Wistae Institute of Anatomy and Biology. 257
- Cummins, H. y Midlo, C. (1961). *Finger prints palm and soles: an introduction to dermatoglyphics*. Dover press, , New York, 319p.
- Cuncha Montenegro, R., Renato Paz, C., de Lucena Barbosa, E., Nóbrega Montenegro Neto, A., Salles De Oliveira, M., Soares De Araújo Filho, V., ... & Fernandes Filho, J. (2013). Association between Dermatoglyphic Configuration and the ACTN3 Genotype in Juvenile Male Athletes. *Croatian Journal of Education*, 15(4), 11-29.
- Da Cunha, R., Fernandes Filho, J. (2004). Identificação do Perfil Dermatoglífico de Esgrimistas Estrangeiros de Alto Rendimento das Três Armas, Participantes do Campeonato Mundial de Esgrima – Havana-Cuba/ 2003. *Fitness & Performance Journal*, 3(5), 247-253.
- Dantas, E. (2012). *La práctica de la preparación física*. Ed. Paidotribo. Barcelona. p.227-383.
- Dantas, P. M. S., & Fernandes Filho, J. (2002). Identificação dos perfis, genético, de aptidão física e somatotípico que caracterizam atletas masculinos, de alto rendimento, participantes do futsal adulto, no Brasil. *Fitness & Performance Journal*, 1(1), 28-36.
- De la Calle-Pérez, L. (2013). *ACTN3 en nadadores españoles y su relación con el rendimiento deportivo* (Unpublished doctoral dissertation, Universidad Europea de Madrid, Madrid, España).

- De Moor, M. H., Spector, T.D., Cherkas, L. F., Falchi, M., Hottenga, J.J. (2007). Genome wide linkage scan for athlete status in 700 British female DZ twin pairs. *Twin Research and Human Genetics*, 10(6), 812-820. doi: 10.1375/twin.10.6.812.
- Deantonio, J. H. L., Buitrago, P. J. M., & Villalobos, M. J. G. (2011). Dermatoglifia dactilar, orientación y selección deportiva. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 287-300.
- Del Vecchio, F. B. y Gonçalves, A. (2011). Dermatoglifos como indicadores biológicos del rendimiento deportivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(1), 38-46.
- Di Prampero, P. E. (2003). Factors limiting maximal performance in humans. *European journal of applied physiology*, 90(3-4), 420-429. doi: 10.1007/s00421-003-0926-z
- Díaz Hirashi, Z. (2014). *Análisis de polimorfismos genéticos asociados a lesiones musculares y su relación con el rendimiento en tenistas de competencia en Nuevo León*. (Tesis de Licenciatura). Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- Díaz, J. y Espinoza, O. (2008). Datiloscopia e aptidão física dos integrantes do Centro de Iniciação e Especialização de Atletismo da Primeira Região. *Fitness & Performance J.*, 7(4), 209-216. doi: 10.3900/fpj.7.4.209.p.
- Dos Anjos, M. A. B., Fernandes Filho, J., & da Silva Novaes, J. (2003). Características antropométricas, dermatoglíficas y fisiológica del atleta de triatlón. *Fitness & Performance Journal*, 2(1), 49-57. doi:10.3900/fpj.2.1.49.s
- Dos Santos, M. R., & Filho, J. F. (2007). Estudio de las cualidades dermatoglíficas, somatotípicas y físicas de los policías del Batallón de Operaciones Especiales. (PMERJ). *Fitness & Performance Journal*, 6, 98-104. doi:10.3900/fpj.6.2.98.s
- Druzhevskaya, A. M., Ahmetov, I. I., Astratenkova, I. V., & Rogozkin, V. A. (2008). Association of the ACTN3 R577X polymorphism with power athlete status in Russians. *European journal of applied physiology*, 103(6), 631-634.
- Eleftheriou, K. I., & Montgomery, H. E. (2008). Genetics and sports participation. *Olympic textbook of medicine in sport*, 548-579.
- Ellis, K. J. (2001). Selected body composition methods can be used in field studies. *The Journal of Nutrition*, 131(5), 1589S-1595S. doi:10.1093/jn/131.5.1589S

- Epstein, D. (2014). *El gen deportivo: un atleta excelente ¿nace o se hace?* Barcelona: Indicios.
- Eroğlu, O., Zileli, R., Ali Nalbant, M., & Ulucan, K. (2018). Prevalence of alpha actinin 3 gene (ACTN3) R577X and angiotensin converting enzyme (ACE) insertion/deletion gene polymorphisms in national and amateur Turkish athletes. *Cellular and Molecular Biology (Noisy-le-grand)*, 64(5), 24-28.
- Erskine, R. M., Williams, A. G., Jones, D. A., Stewart, C. E., & Degens, H. (2014). The individual and combined influence of ACE and ACTN3 genotypes on muscle phenotypes before and after strength training. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(4), 642-648. doi: 10.1111/sms.12055
- Esparza, F (Ed). (1993). *Manual de Cineantropometría*. Pamplona: Editorial: Madrid: Grupo Español de Cineantropometría, FEMEDE, 3.
- Eynon, N., Alves, A. J., Yamin, C., Sagiv, M., Duarte, J. A., Oliveira, J., ... & Meckel, Y. (2009). Is there an ACE ID–ACTN3 R577X polymorphisms interaction that influences sprint performance?. *International Journal of Sports Medicine*, 30(12), 888-891.
- Eynon, N. et al. (2012). The ACTN3 R577X polymorphism across three groups of elite male European athletes. *PLoS ONE*, 7. doi: 10.1371/journal.pone.0043132.
- Eynon, N., Hanson, E. D., Lucia, A., Houweling, P. J., Garton, F., North, K. N., & Bishop, D. J. (2013). Genes for elite power and sprint performance: ACTN3 leads the way. *Sports Medicine*, 43(9), 803-817. doi: 10.1007/s40279-013-0059-4.
- Eynon, N., Ruiz, J. R., Oliveira, J., Duarte, J. A., Birk, R., & Lucia, A. (2011). Genes and elite athletes: a roadmap for future research. *The Journal of physiology*, 589(13), 3063-3070. doi: 10.1113/jphysiol.2011.207035
- Fazolo, E. et al. (2005). La dermatoglia y la somatotipología del alto rendimiento en el Beach Soccer- selección brasilera. *Revista de Educación Física*, 130, 45-51.
- Fedotovskaya, O. N., Mustafina, L. J., Popov, D. V., Vinogradova, O. L., & Ahmetov, I. I. (2014). A common polymorphism of the MCT1 gene and athletic performance. *International journal of sports physiology and performance*, 9(1), 173-180.
- Fernandes, J. (1997). *Impresiones dermatoglíficas - Marcas genéticas en la selección de tipos de deportes y peleas como los deportistas de Brasil*. (Tesis Docoral). Moscú: Instituto de Investigación Científica de Cultura Física y Deportes de Rusia.

- Fernandes, J. (2004). Dermatoglífia, un instrumento de prescripción en el deporte. FIEP Boletín, 62-70.
- Fernandes, J. (2010). La impresión digital (dermatóglifos) y la detección de talentos deportivos. ISBN 978-85-909946-2-6. Curso de Dermatoglífia Deportiva. Memorias. Soacha, Colombia: Universidad de Cundinamarca.
- Ferrão, M.L.D., Filho, J.F., Fortes, M.S.R., Viana, M.V., Dantas, E.H.M. (2004). Efeito da predominância de tipo de fibra muscular sobre o emagrecimento e condicionamento aeróbico. *Fitness & Performance Journal*. 3(4), 231-235. doi: 10.3900/fpj.3.4.231.p
- Ferreira, A. & Fernández, J. (2003). Corrida de orientación: caracterización dermatoglífica y somatotípica de atletas de alto rendimiento de la región sur de Brasil. *Fitness & Performance Journal*, 3(2), 145-150.
- Folland, J., Leach, B., Little, T., Hawker, K., Myerson, S., Montgomery, H., & Jones, D. (2000). Angiotensin-Converting Enzyme Genotype Affects the Response of Human Skeletal Muscle to Functional Overload. *Experimental Physiology*, 85(5), 575-579.  
<https://doi.org/10.1111/j.1469-445X.2000.02057.x>
- Fonseca C.L.T., Dantas P.M.S., Fernandes P.R., Fernandes Filho J, (2008). Perfil de fuerza dermatoglífica, somatotípica y explosiva de atletas de la selección brasileña de voleibol femenino. *Fitness & Performance Journal*, 7(1), 35–40.
- Foster K.R., Lukaski H.C. (1996). Whole-body impedance -what does it measure? *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 388S-396S.  
<https://doi.org/10.1093/ajcn/64.3.388S>
- Franchini, E. (2014). Born to fight? Genetics and combat sports. *Revista de Artes Marciales Asiáticas*, 9(1), 1-8.
- Galton F. (1892). *Finger Print* . Editorial MacMillan. London.
- García-Manso, J. M., Campos-Granell, J., Lizaur-Girón, P., & PabloAbella, C. (2003). El talento deportivo. *Formación de élites deportivas*. Madrid: Gymnos.
- Gastélum-Cuadras, G. (2019). El estado del arte de la dermatoglífia deportiva en América: Revisión sistemática de la última década. En C.J., Castro. *VII Seminario Internacional*

- de Actividad Física para la Salud (SIAF)*. Universidad de Santo Tomás. Bogotá, Colombia. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=n4EfFguFFNg>
- Gayagay, G.; YU, B.; Hambly, B.; Boston, T.; Hahn, A.; Celermajer, D.; Trent, R. (1998). Elite endurance athletes and the ACE I allele- the role of genes in athletic performance. *Hum. Genet.* 103:48-50. <https://doi.org/10.1007/s004390050781>
- Gomes-Campos, R., Bolaños MC., Lazari, E., & Arruda, M. D. (2013). Perfil antropométrico e proporcionalidade anthropometric profile and body proportionality brazilian elite sprinters. *Revista Da Faculdade de Educação Física Da UNICAMP*, 11(2), 1-14. doi: 10.20396/conex.v11i2.8637614
- Gómez-Gallego, F. (2013). El deportista de élite: ¿nace o se hace? SEBBM Divulgación. *La ciencia al alcance de la mano*, 29, 1-2. doi: [http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv\\_RPC.2013.09.1](http://dx.doi.org/10.18567/sebbmdiv_RPC.2013.09.1)
- Gonçalves, C. EB., Rama, L. ML., & Figueiredo, A.B. (2012). Talent identification and specialisation in sport: an overview of some unanswered questions. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 7(4), 390-393. doi: 10.1123/ijsp.7.4.390
- González-Revuelta, M. E., León-Pérez, S., & López-Galarraga, A. (2013). Influencias e interacciones entre la genética y el medio ambiente en el desempeño físico deportivo. *Revista Cubana de Medicina Deportiva y Cultura Física*, 3(8), 85-99.
- Grimaldi, K.A., Paoli, A., & Smith, G.J. (2012). Personal genetics: ¿sports utility vehicle? *Recent Pat DNA Gene Seq*, 6(3), 209-215.
- Gualdi-Russo E., Toselli S. (2002). Influence of various factors on the measurement of multifrequency bioimpedance. *Homo*, 53(1), 1-16.
- Guba, V. P., & Tchernova, G. P. (1995). Meios morfo-biomecânicos baseados na determinação dos talentos e dotes esportivos. Organização da metodologia científica baseada nos sistemas de preparação dos atletas reservas russos e os caminhos do seu aperfeiçoamento. In XV CONGRESSO CIENTIFICO DA RUSSIA (pp. 115-116).
- Guney, A. I., Ergec, D., Kirac, D., Ozturhan, H., Caner, M., Koc, G., Kaspar, C. Ulucan, K. Agirbasli, M. (2013). Effects of ACE polymorphisms and other risk factors on the severity

- of coronary artery disease. *Genetics and Molecular Research : GMR*, 12(4), 6895-6906.  
doi: 10.4238/2013.December.19.8
- Gutiérrez-Lillo, C. (2013). Un campeón: ¿nace o se hace? *Revista Motricidad y Persona* (12), 59-62.
- Guzmán, C. (2003). *Manual de criminalística*, Buenos Aires: Ed. La Rocca. 624p.
- Hagberg, J. M., Ferrell, R. E., McCole, S. D., Wilund, K. R., & Moore, G. E. (1998). VO<sub>2</sub> máx is associated with ACE genotype in postmenopausal women. *Journal of Applied Physiology*, 85(5), 1842-1846. <https://doi.org/10.1152/jappl.1998.85.5.1842>
- Haugen, T. A., Solberg, P. A., Foster, C., Morán-Navarro, R., Breitschädel, F., & Hopkins, W. G. (2018). Peak Age and Performance Progression in World-Class Track-and-Field Athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 13(9), 1122-1129. doi: 10.1123/ijsp.2017-0682
- Hernández, R., Collado, C., Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F: Sexta edición. Mc Graw Hill.
- Hornillos, I. (2000). *Atletismo*. Barcelona, INDE.
- Horton, S. (2012). Environmental influences on early development in sport experts. En J. Baker, S. Cobley & J. Schorer (Eds.), *Talent identification and development in sport: international perspectives* (pp. 39-50). Milton Park: Routledge.
- ISAK (2001). Sociedad internacional para el avances de la Kineantropometría. *Estándares internacionales para la valoración antropométrica*. Australia
- Jackson, A.S., Pollock, M.L. (1985). Practical assessment of body composition. *The Physician and Sports Medicine*, 13(5), 76-90. doi: 10.1080/00913847.1985.11708790
- Jackson, A.S., Pollock, M.L., (1978). Generalized equations for predicting body density of men. *The British Journal of Nutrition*, 40(3), 497-504. doi: 10.1079/BJN19780152
- Jaramillo, C. A. (2004). *Atletismo básico. Fundamentos de pista y campo*. México: 2 ed. Kinesis.
- João, A. F., Caniuqueo, V.A., Hernández, M.C., Da Silva, S. F., Izquierdo, M., Silva, M. H., ... & Fernandes, J. (2015). Polimorfismo del Gen ACTN3 y ECA en Seleccionados de Gimnasia de Brasil y Japón. *International Journal of Morphology*, 33(1), 262-266.

- João, A., Fernandes, J. (2002). Identificación del perfil genético, somatotípico y psicológico de las gimnastas olímpicas brasileñas de alta calificación deportiva. *Fitness & Performance Journal*, 1(2), 12-19.
- Kambouris, M., Del Buono, A., & Maffulli, N. (2014). Genomics DNA profiling in elite professional soccer players: a pilot study. *Trans Med@ UniSa*, 9, 18-22.
- Knechtle, B., Knechtle, P., Barandun, U., Rosemann, T. (2011). Anthropometric and training variables related to half-marathon running performance in recreational female runners. *The Physician and Sports medicine*, 39(2), 158-66. doi: 10.3810/psm.2011.05.1907
- Kothari, S. T., Chheda, P., Chawla, S., Chatterjee, L., Chaudhry, S. K., & Das, B. R. (2011). ACTN3 R577X polymorphism in Asian Indian athletes. *International Journal of Human Genetics*, 11(3), 149-153.
- Kotler, D.P., Burastero, S, Wang, J., Pierson, R.N. Jr. (1996). Prediction of body cell mass, fat-free mass, and total body water with bioelectrical impedance analysis: effects of race, sex and disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 64(3), 489S-497S. doi: 10.1093/ajcn/64.3.489S
- Kramer, H., & Ulmer, H. (1981). Two second standardization of the Harpenden caliper. *European Journal of Applied Physiology*, 46(1), 103-104.
- Kyle, U.G., Bosaeus I, De Lorenzo A.D., Deurenberg P., Elia M., Gómez J. M., et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part I: review of principles and methods. *Clinical Nutrition*, 23(5), 1226-1243. doi: 10.1016/j.clnu.2004.06.004
- Kyle, U.G, Bosaeus, I., De Lorenzo, A.D., Deurenberg P, Elia M, Gómez, J.M, et al. (2004). Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1430-1453. doi: 10.1016/j.clnu.2004.09.012
- Landers, G.J., Blanksby, B.A., Ackland, T.R., Smith, D. (2000). Morphology and performance of world championship triathletes. *Annals of Human Biology*, 27(4), 387-400. doi.org/10.1080/03014460050044865
- Leiva, J. H., Melo, P. J. y Gil, M. J. (2011). Dermatoglifia dactilar, orientación y selección deportiva. *Revista Científica General José María Córdova*, 9(9), 287-300.
- Lippi, G., Longo, U. G. & Maffulli, N. (2010). Genetics and sports. *British Medical Bulletin*, 93(1), 27-47. doi: 10.1093/bmb/ldp007

- Lira, J. A. V., González, J. M. A., García, E. T., Padilla, C. R., & Martínez, D. Q. (2017). Polimorfismos genéticos para el aprovechamiento en el desarrollo del entrenamiento de alto rendimiento. *Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte*, 3(4), 25-38.
- Lohman, T.G., (1983). Skinfolds and body density and their relation to body fatness: A review. *Human biology*. 53(2), 181-225.
- Lohman, T.G., (1992). *Advances in body composition assessment*. Human Kinetics Publishers. 150
- Lorenzo-Calvo, A., & Sampaio, J. (2005). Reflexiones sobre los factores que pueden condicionar el desarrollo de los deportistas de alto nivel. *Apunts. Educación Física y Deportes* 2(80), 63-70.
- Lukaski, H. C., & Johnson, P. E. (1985). A simple, inexpensive method of determining total body water using a tracer dose of D2O and infrared absorption of biological fluids. *The American journal of clinical nutrition*, 41(2), 363-370.
- Lukaski, H. C., Johnson, P. E., Bolonchuk, W. W., & Lykken, G. I. (1985). Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *The American journal of clinical nutrition*, 41(4), 810-817.
- Lupoli, L., Sergi, G., Coin, A., Perissinotto, E., Volpato, E., Busetto, L., Inelmen, E.M., Enzi, G. (2004). Body composition in underweight elderly subjects: reliability of bioelectrical impedance analysis. *Clinical Nutrition*, 23(6), 1371-80. doi: 10.1016/j.clnu.2004.05.005
- Ma, F., Yang, Y., Li, X., Zhou, F., Gao, C. et al. (2013). The Association of Sport Performance with ACE and ACTN3 Genetic Polymorphisms: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One*, 8(1), e54685. doi:10.1371/journal.pone.0054685
- MacArthur, D. G., & North, K. N. (2004). A gene for speed? The evolution and function of  $\alpha$ -actinin-3. *Bioessays*, 26(7), 786-795.
- Macarthur, D. G., & North, K. N. (2011). *The ACTN3 gene and human performance*. *Genetic and molecular aspects of sport performance*, 18, 204-214.

- Magallanes, C. (2011). La heredabilidad en las ciencias del deporte: entendidos y malentendidos. *Revista Universitaria de Educación Física y Deporte*, 4(4), 13-19.
- Marfell-Jones, M. J., Stewart, A. D., & De Ridder, J. H. (2012). International standards for anthropometric assessment.
- Martínez, L.E.; Tamarit, R.; Rangel, L. (2012). El empleo de marcadores genéticos en el proceso de selección de talentos. EFDeportes.com, *Revista Digital. Buenos Aires*. 17(171).
- Martínez, E. (2002). Validación de los métodos antropométricos para la estimación de la grasa corporal en adultos de origen latinoamericano. *Lecturas sobre Nutrición*, 9(1), 9-23.
- Massidda M., Corrias L., Scorcu M., Vona G., Calò M.C. (2012). ACTN-3 and ACE genotypes in elite male Italian athletes. *Anthropological Review* 75 (1), pp. 51-59, 2012;
- Massidda, M., Scorcu, M., & Calò, C. M. (2014). New genetic model for predicting phenotype traits in sports. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(3), 554-560.
- Mayne, I. (2006). Examination of the ACE and ACTN3 Genes in UTC Varsity Athletes and Sedentary Students. Departmental Honors Thesis University of Tennessee at Chattanooga.
- Medina, M. F., & Fernandes Filho, J. (2002). Identificación del perfil genético y somático típico que caracterizan a los atletas de voleibol masculino adulto de alto rendimiento en Brasil. *Fitness & Performance Journal*, 1(4), 12-19.
- Mena, R. (2014). Caracterización teórica del atletismo como deporte. EFDeportes. com, *Revista Digital. Buenos Aires*, 18(189).
- Midlo, C. y Cummins, H. (1942). *Palmar and plantar dermatoglyphics in primates*. Philadelphia, 257.
- Mikami, E., Fuku, N., Murakami, H., Tsuchie, H., Takahashi, H., Ohiwa, N., ... & Tanaka, M. (2014). ACTN3 R577X genotype is associated with sprinting in elite Japanese athletes. *International journal of sports medicine*, 35(02), 172-177.
- Montiel, J. (2009). *Manual de Criminalística*, Editorial Limusa. Tomo II. México.

- Moran, C.N., Scott, R.A., Wilson, R.H., Georgiades, E., Goodwin, W., Wolde, B., Pitsiladis, Y.P (2004). Increased frequency of an ACE polymorphism in Ethiopian elite marathon runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(5), S259. doi: 10.1097/00005768-200405001-01240
- Muniesa, F. C., Santiago-Dorrego, C, Gómez-Gallego F, Lucía-Mulas. A. (2011). Determinantes genéticos del rendimiento en deportes de resistencia: remo, ciclismo en carretera y carrera a pie. En: Narváez E, coordinador. *Genética y deporte*. 1ª edición. Madrid: Consejo Superior de Deportes; 17-117.
- Muniesa, F.C., Santiago-Dorrego, C., Gómez-Gallego, F., Lucía-Mulas, A., Díez-Sánchez, C., & Lapeña-Royo, A. C. (2011). *Genética y deporte*. Madrid: Consejo Superior de Deportes.
- Muñoz, R. M., Vargas, A. C., Monsalves-Alvarez, M., Barría, M. C., Mosqueira, C. H., Fernandes, P. R., & Fernandes Filho, J. (2021). Somatotipo y polimorfismo del gen ACTN3 y ECA en jugadores de tenis de mesa chilenos (Somatotype and polymorphism of the ACTN3 and ACE gene in Chilean table tennis players). *Retos*, 41(791-797).
- Muñoz, S. B. (2013). Polimorfismo Inserción/Delección del Gen de la ECA y su Influencia en el Rendimiento Físico. *Revista de Estudiosos en Movimiento*, 1(2).
- Mustafina, L. J., Naumov, V. A., Cieszczyk, P., Popov D.V., Lyubaeva, E.V. et al. (2014). AGTR2 gene polymorphism is associated with muscle fibre composition, athletic status and aerobic performance. *Experimental Physiology*, 99(8), 1042-52. doi: 10.1113/expphysiol.2014.079335
- Myerson, S., Hemingway, H., Budget, R., Martin, J., Humphries, S., Montgomery, H., & (With the Technical Assistance of Maj Mutch and Helen McGloin). (1999). Human angiotensin I-converting enzyme gene and endurance performance. *Journal of applied physiology*, 87(4), 1313-1316.
- Nazarov, I., Woods, D. Montgomery, H.E., Shneider, O.V, Kazakov, V.I, Tomilin, N.V, Rogozkin, V.A. (2001). The angiotensin-converting enzyme I/D polymorphism in russian athlete. *European Journal of Human Genetics*, 9(10), 797-801. doi: 10.1038/sj.ejhg.5200711
- Niemi, A. K., & Majamaa, K. (2005). Mitochondrial DNA and ACTN3 genotypes in Finnish elite endurance and sprint athletes. *European Journal of Human Genetics*, 13(8), 965-969.

- Nishioka, G.A.C.; Dantas, P.M.S.; Fernandes Filho, J. (2007). Perfil dermatoglífico, somatotípico y de las cualidades físicas básicas de los bailarines becarios del Centro de Movimiento Deborah Colker. *Fitness & Performance Journal*, 6(5), 331-337.
- Nodari, R. J., & Heberles, A. (2014). Leitor Dermatoglífico, Gold Standard de la dermatoglifia. línea). Recuperado de <http://salusdermatoglifia.com.br>.
- Nodari-Junior, R. J. (2019). Dermatoglifia: una herramienta para la prescripción del ejercicio en la salud. En C.J., Castro. *VII Seminario Internacional de Actividad Física para la Salud (SIAF)*. Universidad de Santo Tomás. Bogotá, Colombia.
- Nodari-Junior, R. J., Heberle, A., Ferreira-Emygdio, R., Irany-knackfuss, M. (2008) Impressões Digitais para Diagnóstico em Saúde: Validação de Protótipo de Escaneamento Informatizado. *Revista. Salud pública*, 10(5), 767-776.
- O'Connor, H., Olds, T., & Maughan, R. J. (2007). Physique and performance for track and field events. *Journal of Sports Sciences*, 25(1), S49-60. doi: 10.1080/02640410701607296
- Ochoa-Ahmed, F.A., León-Soto, R. A., Candia-Rivera, M., Salas-Fraire, O., & Valadéz-Lira, J. A. (2014). Asociación de polimorfismo con pruebas físicas y consumo máximo de oxígeno con grupos de control y atletas. *Revista de Ciencias del Ejercicio FOD*, 9(9), S21.
- Onywera, V.O. (2009). East African runners: their genetics, lifestyle and athletic prowess. In *Genetics and Sports* 54(102-109). Karger Publishers.
- Organización de los Estados Iberoamericanos para la Educación, la Cultura y la Ciencia-OEI (2020). Aspectos Éticos de la Investigación Cualitativa. Recuperado de: <https://www.oei.es/historico/salactsi/mgonzalez5.htm>
- Ozolin, N.G. (1981). *Atletismo*. Tomo I.
- Pacheco del Cerro, J. L. (1992). Análisis antropométrico de los velocistas y vallistas de élite españoles. *Arch Med Deporte*, 9(0033), 00089-00094.
- Pacheco del Cerro, J.L. (1996). *Antropometría de atletas españoles de élite*. *Biomecánica*, 4(7), p.127-130. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/2099/5623>
- Padullés-Riu, J. M., Terrados, N., Rodas, G., & Campos, N. (2004). Genética y deporte. *Educación Física y Deportes* 3(77), 85-87.

- Papadimitriou, I. D., Papadopoulos, C., Kouvatsi, A., & Triantaphyllidis, C. (2008). The ACTN3 gene in elite Greek track and field athletes. *International journal of sports medicine*, 29(04), 352-355.
- Papadimitriou, I., Lucia, A., Pitsiladis, Y., Pushkarev, V., Dyatlov, D., Orekhov, E., Artioli, G., Paulo, J., Antonio, G., Ginevičienė, V., Cieszczyk, P. (2016). ACTN3 R577X and ACE I/D gene variants influence performance in elite sprinters: a multi-cohort study. *BMC Genomics*, 13(17), 285. doi:10.1186/s12864-016-2462-3
- Passos, J.M.D., Roquetti F.P, Fernandes Filho J. (2010). Comparación de dermatoglifos y calidad de vida entre pacientes con lupus eritematoso sistémico y pacientes con artropatía de Jaccoud en el Hospital Santa Izabel Salvador-BA. *Fitness y Performance Journal*, 9(1), 32-38. doi:10.3900/fpj.9.1.32.p
- Pável, D.A.C. y Fernandes Filho, J. (2004). Identificação dos perfis dermatoglífico, somatotípico e das qualidades físicas básicas de atletas de alto rendimento na modalidade natação em provas de mio-fundo e fundo. *Fitness & Performance Journal*, 3(1), p.18-27. doi:10.3900/fpj.3.1.18.p
- Pereira, M.G. (2005). *Epidemiologia: teoría y práctica*. Rio de Janeiro: Guanabara/Koogan.
- Pérez, Á. F. (2015). La caracterización del perfil del deportista de atletismo de alto nivel. *Revista de Investigación en Educación*, 2(13), 219-242.
- Pérez, J. P., Taylor, A. W., Yuhasz, M. S., & Hernández, M. A. V. (2004). Algunas características antropométricas de una población de atletas mexicanos. *Revista Médica Del Hospital General de México*, 67(1), 11-21.
- Pescatello L., Kostek M. A., Gordish-Dressman H., Thompson P., Seip R.L., Price T., et al. (2006). ACE ID Genotype and the Muscle Strength and Size Response to Unilateral Resistance Training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1074-1081. doi: 10.1249/01.mss.0000222835.28273.80
- Pescatello, L. S., Devaney, J. M., Hubal, M. J., Thompson, P. D., & Hoffman, E. P. (2013). Highlights from the functional single nucleotide polymorphisms associated with human muscle size and strength or FAMuSS study. *BioMed research international*.
- Puthuchery, Z., Skipworth, J. R., Rawal, J., Loosemore, M., Van Someren, K., & Montgomery, H. E. (2011). Genetic influences in sport and physical performance. *Sports medicine*, 41(10), 845-859.

- Quijada, M. R. (2016). El deportista de éxito, ¿nace o se hace? Una revisión bibliográfica. *Apunts Educación Física y Deportes*, 32(123), 13-18.
- Ramírez-Vélez, R., Argothy-Bucheli, R., Sánchez-Puccini, M. B., Meneses-Echávez, J. F., & López-Albán, C. A. (2015). Características antropométricas y funcionales de corredores colombianos de élite de larga distancia. *Iatreia*, 28(3), 240.
- Rankinen, T., Bray, M. S., Hagberg, J. M., Pérusse, L., Roth, S.M., Wolfarth, B., Bouchard, C. (2006). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2005 update. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(11), 1863-1888. doi: 10.1249/01.mss.0000233789.01164.4f
- Rankinen, T., Pérusse, L., Gagnon, J., Chagnon, Y. C., Leon, A. S., Skinner, J. S., & Bouchard, C. (2000). Angiotensin-converting enzyme ID polymorphism and fitness phenotype in the Heritage Family Study. *Medine and Science in Sports and Exercise*, 88(3), 1029-1035. doi: 10.1152/jappl.2000.88.3.1029
- Rankinen, T., Pérusse, L., Rauramaa, R., Rivera, M. A., Wolfarth, B., & Bouchard, C. (2002). The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2001 update. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34(8), 1219-1233.
- Rattigan, Stephen, Dora, KA, Tong, AC y Clark, MG (1996). Perfused skeletal muscle contraction and metabolism improved by angiotensin II-mediated vasoconstriction. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 271(1), E96-E103. doi.org/10.1152/ajpendo.1996.271.1.E96
- Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Investigación para la Salud, Artículo 20, <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmis.html> (27-09-2014).
- Renshaw, I., Davids, K., Phillips, E., & Kerhervé, H. (2012). Developing talent in athletes as complex neurobiological systems. En J. Baker, S. Cobley & J. Schorer, (Eds.), *Talent identification and development in sport: international perspectives* (pp. 64-80). Milton Park: Routledge.
- Rigat, B., Hubert, C., Corvol, P., & Soubrier, F. (1992). PCR detection of the insertion/deletion polymorphism of the human angiotensin converting enzyme gene (DCP1)(dipeptidyl carboxypeptidase 1). *Nucleic acids research*, 20(6), 1433

- Roche, A. F. (1996). Anthropometry and ultrasound. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. Human body composition. *Human Kinetics Publishers*. p.167-182.
- Rodríguez, A. N.; Montenegro, O. A. y Petro, J. L. (2017). Perfil dermatoglífico y condición física de jugadores adolescentes de fútbol. *Educación Física y Ciencia*, 19(2), 1-12.
- Rogozkin, V.A. (2001). Descifre: genoma humano y deporte. *Teoría y práctica de la cultura física*, 6, 60-63.
- Ross, W. D., Marfell-Jones, M., & Clarys-Robion, J. P. (1983). Kinanthropometry. In *Physiological testing of the elite athlete*. Chap. 6 (pp. 75-115). Mutual Press, Ottawa.
- Roth, S. M. (2012). Critical overview of applications of genetic testing in sport talent identification. *Recent Patents on DNA & Gene Sequences*, 6(3), 247-255.
- Roth, S. M., Walsh, S., Liu, D., Metter, E. J., Ferrucci, L., & Hurley, B. F. (2008). The ACTN3 R577X nonsense allele is under-represented in elite-level strength athletes. *European Journal of Human Genetics*, 16(3), 391-394.
- Ruiz-Pérez, L. M. (1999). Rendimiento deportivo, optimización y excelencia en el deporte. *Revista de Psicología del Deporte*, 8(2), 235-248.
- Rüst, C. A., Knechtle, B., Knechtle, P., Rosemann, T. (2013). A comparison of anthropometric and training characteristics between recreational female marathoners and recreational female Ironman triathletes. *The Chinese Journal of Physiology*, 56(1), 1-10. doi: 10.4077/CJP.2013.BAA089
- Sánchez, D. A. y Rodríguez, A. (2017). Perfil de las características dermatoglíficas dactilares, de composición corporal y del nivel de fuerza explosiva de atletas de semifondo. *Revista digital: Actividad Física y Deporte*, 3(2), 5-15.
- Sánchez, I. S., Campo, S. S., de Benito Trigueros, A., Velasco, J. M. I., & Sáenz, G. C. (2009). Perfil antropométrico de las jugadoras de baloncesto españolas: Análisis en función del nivel competitivo y de la posición específica de juego. RICYDE. *Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 5(15), 1-16.
- Santos, D. A., Dawson, J. A., Matias, C. N., Rocha, P. M., Minderico, C. S., Allison, D. B., Sardinha, L.B., Silva, A. M. (2014). Reference values for body composition and

- anthropometric measurements in athletes. *PloS one*, 9(5), e97846.  
doi.org/10.1371/journal.pone.0097846
- Sanz, M. M., Otegui, A. U., Guerrero, J., & Barrios, V. (2011). El somatotipo-morfología en los deportistas. ¿ Cómo se calcula? ¿ Cuáles son las referencias internacionales para comparar con nuestros deportistas?. *Lecturas: Educación física y deportes*, 16(159), 4.
- Schadock, I., Schneider, A., Silva, E. D., Buchweitz, M. R. D., Correa, M. N., Pesquero, J. B., ... & Barros, C. C. (2015). Simple method to genotype the ACTN3 r577x polymorphism. *Genetic testing and molecular biomarkers*, 19(5), 253-257.
- Scott, R. A., Moran, C., Wilson, R. H., Onywera, V., Boit, M. K., Goodwin, W. H., ... & Pitsiladis, Y. P. (2005). No association between Angiotensin Converting Enzyme (ACE) gene variation and endurance athlete status in Kenyans. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 141(2), 169-175.
- Scott, R. A.; Irving, R.; Irwin, L.; Morrison, E.; Charlton, V.; Austin, K.; Tladi, D.; Deason, M.; Headley, S. A.; Kolkhorst, F. W.; Yang, N.; North, K. & Pitsiladis, Y. P. (2010). ACTN3 and ACE genotypes in elite Jamaican and US sprinters. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 42(1),107-12
- Sergienko, L.P. (1992). *Los gemelos en la ciencia*. Kiev: Alta escuela.
- Sergienko, L.P. (2004). Marcadores Dermatoglíficos e iridológicos del desarrollo individual humano. *Fundamentos de genética deportiva*. Kiev: Alta escuela, pp. 521-556.
- Shvaps V.B. & Jrutshv S.V. (1984). *Aspectos médico-biológicos de la orientación y selección deportiva*. Moscú: Cultura física y deporte. 41-65
- Silva Dantas, P., & Fernandes Filho J. (2002). Futsal: Identification of genetic, physical fitness and somatotypical profiles that characterize male athletes with high performance who are participants of adult futsal in Brazil. *Fitness & Performance Journal*, 1(1), 28-36.
- Silva Dantas, P. (2004). *Relationship between condition and genetic predisposition in Brazilian futsal*. (Tesis), Natal (RN): Universidade do Rio Grande do Norte.
- Silva, A. M. (2018). Structural and functional body components in athletic health and performance phenotypes. *European Journal of Clinical Nutrition*, 73(2), 215-224
- Skinner, J. S. (2001). Do genes determinate champions? *Sports Science Exchange*, 14(4), 1-15.

- Skipworth, J. R., Puthuchery, Z. A., Rawal, J., & Montgomery, H. E. (2010). The ACE gene and performance. *Genetic and Molecular Aspects of Sport Performance*, 18, 195-203. doi.org/10.1002/9781444327335.ch17
- TANITA, (2000). *Manual de instrucciones del analizador de la composición corporal TBF300*. Tokyo: TANITA Corporation.
- Tobina, T., Michishita, R., Yamasawa, F., Zhang, B., Sasaki, H., Tanaka, H., ... & Kiyonaga, A. (2010). Association between the angiotensin I-converting enzyme gene insertion/deletion polymorphism and endurance running speed in Japanese runners. *The Journal of Physiological Sciences*, 60(5), 325-330.
- Toledo, C. L., Silva, P. M., Roquetti, P. y Fernandes, J. (2008). Perfil dermatoglífico, somatotípico e da força explosiva de atletas da seleção brasileira de voleibol femenino. *Fitness & Performance J.*, 7(1), 35-40. doi: 10.3900/fpj.7.1.35.p.
- Tuche, W.; Fazolo, E.; ASSIS, M.; Dantas, E.; Fernandes Filho, J. (2005). Perfil dermatológico y somatotípico de ciclistas de alto rendimiento de Brasil. *Revista Educación Física*, 132, 14-19.
- Tucker, R., & Collins, M. (2012). What makes champions? A review of the relative contribution of genes and training to sporting success. *British Journal of Sports Medicine*, 46(8), 555-561. doi:10.1136/bjsports-2011-090548
- Urrejola, P, Hodgson, M. I., Icaza, M. G. (2001). Evaluación de la composición corporal en niñas usando impedanciometría eléctrica y pliegues subcutáneos. *Revista Chilena de Pediatría*, 72(1), 26-33. doi: 10.4067/S0370-41062001000100005
- Vaughan, D., Huber-Abel, F., Graber, F., Hoppeler, H., Fluck, M. (2013). *The angiotensin converting enzyme insertion/deletion polymorphism alters the response of muscle energy supply lines to exercise*. *European Journal of Applied Physiology*, 113(7), 1719-1729. doi: 10.1007/s00421-012-2583-6
- Vedyakov A.M. & Tonevitskii A.G. (2006). Analysis of a series of Significant Genetic Polymorphisms in athletes. *Human Physiology*, 32(2), 204-208. doi: 10.1134/S0362119706020150
- Voroshin, I. N., & Astratenkova, I. V. (2008). Dependence of endurance performance on ACE gene polymorphism in athletes. *Human Physiology*, 34(1), 117-119. doi: 10.1134/S0362119708010180

- Vučetić, V., R Matković, B., & Šentija, D. (2008). Morphological differences of elite Croatian track-and-field athletes. *Collegium antropologicum*, 32(3), 863-868.
- Welham, W.C., and A.R. Behnke (1942). The specific gravity of healthy men. *J. Am. Med. Assoc.* 118:490-501.
- Williams, A. G., & Folland, J. P. (2008). Similarity of polygenic profiles limits the potential for elite human physical performance. *The journal of physiology*, 586(1), 113-121.
- Womersley, J., & Durnin, J. V. G. A. (1977). A comparison of the skinfold method with extent of 'overweight' and various weight-height relationships in the assessment of obesity. *British Journal of Nutrition*, 38(2), 271-284. doi.org/10.1079/BJN19770088
- Yang, N., MacArthur, D.G., Gulbin, J.P, Hahn, A.G., Beggs, A.H., Easteal, S, North, K. (2003). ACTN3 genotype is associated with human elite athletic performance. *The American Journal of Human Genetics*, 73(3): 627–631
- Yang, N., Macarthur, D. G., Wolde, B., Onywera, V. O., Boit, M. K., Lau, S. Y. M. A., ... & North, K. (2007). The ACTN3 R577X polymorphism in East and West African athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(11), 1985-1988.
- Zary, J. & Fernández, J. (2007). Identificación del perfil dermatoglífico y somatotípico de los atletas de voleibol masculino adulto, juvenil e infanto-juvenil, de alto rendimiento en Brasil. *Revista Brasileira Ciências e Movimento*, 15(1), 53-60.

## Anexos

### Anexo 1. Autorización del estudio



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



FACULTAD DE ORGANIZACIÓN DEPORTIVA

Dr. José Alberto Pérez García  
Director de Deportes de la UANL

Presente. -

Estimado Dr. Pérez, por este conducto le saludo y le hago de su conocimiento que se está realizando un estudio titulado “Perfil genético, dermatoglia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario” del estudiante de doctorado MES. Daniel Chapa Guadiana y dirigido por el Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, Profesor Titular de la Facultad de Organización Deportiva de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

El propósito de dicho estudio es evaluar mediante tres métodos diferentes el perfil genético, dermatoglia y proporcionalidad corporal a los estudiantes que forman parte del equipo representativo de atletismo de la universidad; para ello, se hará uso de equipo y técnicas con sustento académico y científico, así como de personal calificado para su aplicación. Los resultados obtenidos serán utilizados con fines académicos y de investigación. Serán publicados y difundidos en la misma tesis de doctorado y en los artículos científicos producto de dicho estudio manteniendo la confidencialidad de los datos.

Los participantes, estarán informados en todo momento de su participación, podrán abandonar si así lo desean en cualquier momento y firmarán un consentimiento informado.

Por lo antes expuesto, le solicitamos de la manera más atenta nos pueda apoyar contactando al coordinador del equipo de atletismo y a los propios atletas para su aplicación.

Agradezco mucho su atención y quedo de usted.

Atentamente

“Alere Flamman Veritatis”

Ciudad Universitaria a 7 de marzo de 2019

Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola

Director de Tesis y Coordinador de Investigación



☐

PD. Correo de contacto: [bscegu@hotmail.com](mailto:bscegu@hotmail.com) [danielchapa27@hotmail.com](mailto:danielchapa27@hotmail.com)

☐



Av. Universidad s/n, Ciudad Universitaria, C.P. 66455  
San Nicolás de los Garza, Nuevo León, México  
Tels.: (81) 1340 4450 • 1340 4451  
[fdt@uanl.mx](mailto:fdt@uanl.mx) | [www.fdt.uanl.mx](http://www.fdt.uanl.mx)

Anexo 2. Registro de proyecto de investigación



**CARTA DE CONFIRMACIÓN DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
IT-INV-01-R03 Rev.01-10/19**

**MES. Daniel Chapa Guadiana**

Presente:

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

Estimado MES Chapa:

Mediante la presente les confirmo que el proyecto de investigación titulado "**Perfil genético, dermatoglfia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario**" donde usted aparece como responsable, el trabajo 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-56**.

Participan como colaboradores de este proyecto: **Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, Dr. José Alberto Pérez García, Dr. José Alberto Valadez Lira**. Adicionalmente les exortamos 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. Univerdsitaria a 11 de Marzo de 2019

Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola  
Coordinador de Investigación



### Anexo 3. Carta de consentimiento informado



#### Carta de consentimiento para estudio de investigación

En mi calidad de estudiante y atleta del equipo representativo de atletismo de la Universidad Autónoma de Nuevo León \_\_\_\_\_ he sido invitado a participar en un estudio de investigación titulado **“Perfil genético, dermatoglia y proporcionalidad corporal en el atletismo universitario”**. He sido informado que realizarán una toma de muestra de epitelio bucal con Hisopo estéril (muestra de saliva), huella dactilar y medidas antropométricas, para que se le analice su perfil con fines de investigación. Se me ha comunicado que al aceptar participar en este proyecto de investigación estos resultados obtenidos serán manejados en forma confidencial y que en ningún momento se violara la privacidad del resultado obtenido. Entiendo también que el análisis de mis muestras durante este estudio no implicara ningún costo extra para mí y que los gastos serán absorbidos por los investigadores. Por otra parte, dichos datos obtenidos para la investigación no se utilizará para estudios posteriores en proyectos alternos y externos, además de que no se almacenarán ni se utilizarán para bases de datos genéticas y se desecharán dichas muestras al terminar la investigación.

Por tal motivo estoy en mi derecho de solicitar cualquier información acerca de este estudio, en el momento del desarrollo del mismo y su aplicación. Además, entiendo que estoy en libertad de retirarme de este estudio en el momento que desee.

Nombre y firma: \_\_\_\_\_

Prueba de atletismo: \_\_\_\_\_

Teléfono o email: \_\_\_\_\_

Investigadores Participantes: Dr. José Alberto Pérez García, Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola, Dr. José Alberto Valadez Lira, Dr. Fernando Ochoa Ahmed, Dr. Gabriel Gastélum Cuadras, Dr. Ricardo López García y Mtro. Daniel Chapa Guadiana

San Nicolás de los Garza, N. L. a 16 de marzo de 2019.