

ESTIMACIÓN DE LA TALLA A PARTIR DE LA LONGITUD DE LA HUELLA DEL PIE.

ESTIMATION OF THE SIZE FROM THE LENGTH OF THE FOOTPRINT OF THE FOOT.

RODES LLORET F.^{1,2}, LIROLA FORNIELES A.^{3,4}

RESUMEN.

El hallazgo de una huella plantar humana en el lugar donde se ha cometido un delito tiene un alto valor policial y médico forense, no solo identificativo a través de los dibujos que dejan las crestas papilares de la planta del pie, sino que además puede permitir estimar la talla del autor de esta. Se presenta un estudio sobre 50 individuos españoles, caucasoides, en los que a partir de la longitud de sus huellas plantares se han obtenido ecuaciones de regresión para estimar su talla. Se han elaborado ecuaciones de regresión para hombres, mujeres y ambos sexos.

PALABRAS CLAVE: HUELLA PLANTAR, PELMATOGRAMA, TALLA, MEDICINA FORENSE.

ABSTRACT.

The discovery of a human footprint in the place where a crime has been committed has a high police and forensic medical value, not only identifying through the drawings left by the papillary ridges on the sole of the foot, but also can allow estimating the size of the author of this. A study on 50 Spanish, caucasoid individuals is presented, in which regression equations have been obtained from the length of their footprints to estimate their size. Regression equations have been developed for men, women and both sexes.

KEY WORDS: FOOTPRINT, PELMATOGRAM, HEIGHT, FORENSIC MEDICINE.

CONTACTO: Fernando Rodes Lloret. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Alicante Avda Aguilera nº 53 Palacio de Justicia de Benalúa 0307 Alicante. España. E mail: fernando.rodes@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN.

La pelmatoscopia (del griego *pelma*, planta del pie y *skopein*, observar, examinar) es la rama de la lofoscopia que estudia los dibujos formados por las crestas papilares de las plantas de los pies, siendo el pelmatograma la impresión de la huella plantar (1).

1.1. BREVE HISTORIA DE LA PELMATOSCOPIA.

La irrupción de la dactiloscopia hizo desaparecer el sistema antropométrico de Bertillon, surgiendo a partir de ese momento numerosos estudios lofoscópicos, entre ellos la pelmatoscopia. Wilder y Wentworth, en 1918 recogen su estudio en su libro "personal identification". En 1930 Jerlow escribe sobre esta ciencia. Lecha-Marzo describe en 1915 la

variabilidad existente entre las huellas plantares por la diversidad de sus dibujos. Urquijo publica su libro Pelmatoscopia en 1944 (1).

1.2. VALOR CRIMINALÍSTICO DE LA PELMATOSCOPIA.

Se trata de una huella infrecuente ya que el autor de un delito no suele actuar descalzo, pero si así ocurriera y quedara algún vestigio de esta, total o parcial, se podría realizar su cotejo con los de un posible sospechoso.

Hay que señalar que una limitación importante para este tipo de investigaciones es la inexistencia de un archivo pelmatoscópico.

Las huellas plantares recogidas en la escena del crimen pueden proporcionar información valiosa sobre el autor de estas, como su estatura, forma

1. Instituto de Medicina Legal y Ciencias Forenses de Alicante.

2. Universidad de Alicante.

3. Graduada en Criminología. Universidad de Granada.

4. Máster Universitario en Investigación Criminal y Ciencias Forenses. Universidad de Alicante.

de caminar y posibles deformidades físicas (2).

Además de las propias huellas de los pies, las impresiones que dejan los calzados en el lugar del delito también son muy importantes ya que pueden proporcionar información valiosa a los investigadores sobre la clase y características del calzado, como su forma, tamaño, dimensiones, así como posibles signos de desgaste o rasgaduras que puedan coincidir con el calzado del sospechoso y ayudar a identificar al delincuente durante la investigación (3)

Las pruebas de huellas de pisadas y calzado recopiladas en el lugar del delito ofrecen información sobre el número de autores, sus actividades y movimientos durante el delito, la dirección y velocidad de sus desplazamientos, entre otros datos (2).

La comparación de las características de las huellas de los pies encontradas en una escena del crimen con las de un sospechoso puede ser una técnica efectiva para la identificación y la resolución de casos criminales (4).

1.3. EL PELMATOGRAMA (FIGURA 1).

Las huellas plantares son las marcas o impresiones que deja el pie al apoyarse sobre una superficie. Estas huellas pueden revelar información valiosa, como el tamaño y la forma del pie, así como la distribución del peso y la manera en que camina una persona. Las huellas plantares son utilizadas en diversas disciplinas, como la medicina forense, la podología y la biomecánica, para identificar individuos, analizar problemas del pie y evaluar el patrón de marcha.

Estas huellas al igual que las de los dedos de las manos forman parte de la disciplina conocida como lofoscopia o dermatoglifia, se desarrollan durante el cuarto mes de gestación y representan un registro único e inalterable de un individuo en forma de crestas en los dedos de los pies, las plantas de los pies, los dedos de las manos y las palmas de las manos (5).



Figura 1. Pelmatograma.

Estimación de la talla a partir de la longitud de la huella del pie.
RODES LLORET, F., LIROLA FORNIELES A.

1.4. LATALLAO ESTATURA.

Según Parekh y col la talla es uno de los parámetros importantes para establecer la identidad de una persona (6).

Se entiende por talla o estatura, la distancia entre el suelo y el vértex craneal con el individuo en bipedestación y la cabeza en el plano de Frankfort.

El plano de Frankfort es la orientación anatómica estándar y de medida en el cráneo establecida en el congreso de antropología celebrado en esa ciudad en 1877 y se define como un plano horizontal que comprende los dos *porion* (punto superior en el borde del meato auditivo) y el *orbital* (punto más bajo en el borde inferior de la órbita) izquierdo. En las personas el *porion* corresponde al punto superior del *trago*.

Son numerosos los investigadores que han trabajado en la estimación de la talla a partir de la longitud de huesos largos, desarrollando ecuaciones regresivas y tablas de consulta (7).

Sin embargo, se ha prestado poca atención a la medición del pie y de las huellas plantares con este propósito.

1.5. RELACIÓN ENTRE LONGITUD DEL PIE Y TALLA.

Cheng y col (8) confirmaron en un estudio realizado en China, la relación existente entre la talla y la longitud del pie de una persona.

Robbins (9) afirma que es posible determinar la talla y el sexo de un individuo a partir de la longitud su pie resaltando la importancia que esto tiene en aquellos accidentes en los que los pies suelen quedar intactos gracias al calzado que los protege.

Rutishauser (10) fue el primero en demostrar que la fiabilidad de la predicción de la talla a partir de la longitud del pie era tan alta como la de los huesos largos.

Las primeras investigaciones publicadas sobre el uso de las huellas plantares en casos forenses proceden de la India, debido al gran número de población que no lleva calzado (11). Krishnan (12) realiza un estudio sobre la estimación de la talla a partir de las dimensiones de la huella y el contorno del pie en el norte de la India, y afirma que existe una correlación entre la talla y la longitud del pie.

Neves y col (13) observaron que las huellas que se creaban al correr resultaban más grandes que las huellas estáticas pero más pequeñas que las producidas al caminar.

Howsam y col (14) llevaron a cabo investigaciones sobre las medidas obtenidas de las huellas de pies descalzos y las producidas al caminar y al saltar, encontrando diferencias en cuanto a la longitud y a la anchura de las huellas cuando el estado -dinámico o estático- variaba.

A pesar de la escasez de estudios de medición de manos y pies para la estimación de la talla, estos indican que no hay variaciones significantes para todas las mediciones en ambos sexos.

Por otro lado, la decisión de medir el pie derecho, el izquierdo o ambos es una cuestión técnica que se ha respondido de forma diversa en los estudios realizados. Algunos autores han medido sólo el pie derecho, otros únicamente el izquierdo y otros ambos.

Los antropometristas tradicionales, como Hrdlika y Oliver (1960), están a favor de medir únicamente el pie izquierdo debido a la "Convención de Ginebra" de 1912 y sus intentos por establecer medidas antropométricas estandarizadas (15).

Sin embargo, hay muchos estudios que no han encontrado diferencias significativas entre el número de personas cuyo pie derecho era más largo que el izquierdo y viceversa.

Estudios realizados por Das y col (11) y Robbins LM (9) entre otros, no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre los pies izquierdos y derechos.

Klementa y col (16) examinaron la longitud de los pies de más de 3.500 hombres y mujeres, no encontrando diferencias en las mujeres y una diferencia entre el pie izquierdo y el derecho en los hombres de 1 mm, que se consideró insignificante.

Por otro lado, en un estudio de unos 6.800 clientes de zapaterías de EE.UU, Rossi (17) descubrió que el pie más largo está "aproximadamente dividido a partes iguales entre izquierdo y derecho". Asimismo, Robbins (9) tampoco encontró una asimetría bilateral significativa en varias medidas de los pies de una muestra estadounidense.

De estos estudios se puede concluir que ambos pies pueden ser usados para la estimación de la talla.

1.6. RELACIÓN ENTRE LONGITUD DEL PIE Y SEXO.

Walia y col (18) estudiaron las dimensiones de las huellas plantares de 200 hombres y 200 mujeres entre 21 y 25 años, concluyendo que la longitud media de la huella del pie de los hombres es mayor que la de las mujeres.

2. HIPÓTESIS DE TRABAJO.

El presente estudio tiene como objetivo determinar si existe relación entre la longitud de la huella plantar y la talla.

En caso afirmativo, se pretende desarrollar una ecuación de regresión que permita estimar la talla de un individuo a partir de la longitud de sus huellas plantares.

3. MATERIAL Y MÉTODO.

3.1. MATERIAL.

Se han obtenido 100 huellas plantares de 50 individuos (50 pies izquierdos y 50 pies derechos), 18 hombres y 32 mujeres, de edades comprendidas entre 20 y 68 años. Todos son de origen español y caucasoides.

Se han excluido a aquellos sujetos que presentaban algún tipo de anomalía anatómica o deformidad en los pies.

Previamente se informó a los participantes del objetivo del trabajo y se obtuvo el consentimiento de cada uno de ellos.

3.2. MÉTODO.

3.2.1. Obtención de las huellas plantares.

Se ha seguido la siguiente metodología para obtener las huellas plantares de cada pie derecho e izquierdo:

1. Limpieza y secado de las plantas de los pies
2. Entintado de la planta del pie
3. Colocación del papel donde se va a plasmar la huella plantar sobre un soporte rígido
4. Apoyo de la planta del pie presionando para que se imprima la huella plantar completa

3.2.2. Medición de la longitud de la huella plantar.

Sobre la propia huella señala con una línea horizontal el punto más anterior de la huella y con otra el más posterior. A continuación se mide la distancia en centímetros entre ambas líneas (figura 2).



Figura 2. Medición de la longitud de la huella plantar.

3.2.3. Medición de la talla.

Se coloca y mide en centímetros a cada participante en un tallímetro, de forma erguida, con la cabeza en el plano de Frankfort, sin zapatos, con ambos pies en paralelo y los talones juntos.

3.2.4. Estudio estadístico.

Los datos obtenidos se han introducido en el programa Microsoft Excel V.16.25 y el estudio estadístico se ha realizado en la plataforma de software IBM® SPSS®.

Para la talla, se han estudiado en hombres, mujeres y ambos sexos, los siguientes estadísticos descriptivos: media, rango y desviación estándar.

Para la longitud de la huella plantar se han estudiado en hombres, mujeres y ambos sexos los siguientes estadísticos descriptivos: media, rango y desviación estándar

Se ha obtenido el coeficiente de correlación de

Pearson entre talla y longitud de la huella plantar. Este coeficiente mide la dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas, en este caso talla y longitud.

Asimismo, se ha obtenido el coeficiente de determinación o R-cuadrado (R^2). Se obtiene elevando al cuadrado el coeficiente de correlación de Pearson, e indica el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación de la otra y viceversa.

4. RESULTADOS.

4.1. TALLA (TABLA 1).

La talla oscila entre 147,5 y 202 cm, con una media de 167,5 cm. La desviación estándar es 11,64.

Por sexos, la talla media de los hombres es 176,5 cm, con una desviación estándar de 10,52, y la de las mujeres fue de 162,4 cm, con una desviación estándar de 8,95.

	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Talla rango (cm)	160-202	147,5 - 179	147,5 - 202
Talla media (cm)	176,5	162,4	167,5
Desviación estándar	10,52	8,95	11,64
Total	18	32	50

Tabla 1. Talla: estadísticas hombres, mujeres y ambos sexos

4.2. LONGITUD HUELLA PLANTAR (TABLAS 2 Y 3).

La longitud media del pie derecho es 23,5 cm, con una desviación estándar de 4,8 y la del pie izquierdo es 23,5 cm, con una desviación estándar de 1,9.

En los hombres, la longitud media del pie derecho es 25,3 cm, con una desviación estándar de 1,6 y la del pie izquierdo es 25,3 cm, con una desviación estándar de 1,4. No se han obtenido diferencias en las longitudes medias de pies izquierdos y derechos.

En las mujeres, la longitud media del pie derecho

es 22,5 cm, con una desviación estándar de 1,2 y la del pie izquierdo es 22,5 cm, con una desviación estándar de 1,3. Al igual que en el caso de los hombres, la longitud media de las huellas plantares de las mujeres ha resultado ser la misma para ambos pies.

Se puede observar que no hay diferencias bilaterales significativas en la longitud de las huellas plantares, siendo la longitud media de ambas huellas (pie derecho y pie izquierdo) de los hombres de 25,3 cm y la longitud media de la huella de las mujeres de 22,5 cm en ambos pies. Por tanto, cualquiera de los dos pies puede dar una idea de la talla de una persona.

	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Longitud rango (cm)	21,9 - 27,8	19,8 - 25,4	19,8 - 27,8
Longitud media (cm)	25,3	22,5	23,5
Desviación estándar	1,6	1,2	4,8

Tabla 2. Pie derecho: hombres, mujeres y ambos sexos.

	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Longitud rango (cm)	22,1 - 28,2	19,6 - 25,6	19,6. - 28,2
Longitud media (cm)	25,3	22,5	23,5
Desviación estándar	1,4	1,3	1,9

Tabla 3. Pie izquierdo: hombres, mujeres y ambos sexos.

4.3. EDAD (TABLA 4).

La edad de la muestra oscila entre 20 y 68 años, siendo la media de 41,24 con una desviación

estándar de 17,09. La edad media en los hombres es de 47,7 años, mientras que en las mujeres es de 37,6 años.

	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Edad rango (años)	20 - 68	21 - 65	20 - 68
Edad media (años)	47,7	37,6	41,24
Desviación estándar	15,25	17,19	17,09
Total	18	32	50

Tabla 4. Edad: hombres, mujeres y ambos sexos.

4.4. COEFICIENTES DE CORRELACIÓN (TABLA5 Y GRÁFICOS 1 A 6).

Coefficiente de correlación	Hombres	Mujeres	Ambos sexos
Pie derecho	0,822	0,674	0,838
Pie izquierdo	0,862	0,670	0,844

Tabla 5. Coeficientes de correlación ambos pies.

Si valoramos hombres y mujeres conjuntamente, los coeficientes de correlación son 0,838 para el pie derecho y 0,844 para el izquierdo. Esto indica que existe una fuerte correlación entre la talla y la longitud de las huellas plantares de las personas.

Se observa en los hombres un coeficiente de correlación del pie derecho y del izquierdo de 0,822 y 0,862, respectivamente, que son altamente significativos.

En las mujeres, el coeficiente de correlación es de 0,674 para el pie derecho y 0,670 para el izquierdo, lo que supone una menor correlación que en los hombres, pero igualmente significativa.

4. 5. COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN O R-CUADRADO (R^2) (GRÁFICOS 1 A 6).

Ya hemos dicho que el coeficiente de determinación o R-cuadrado (R^2) se obtiene elevando al cuadrado el coeficiente de correlación de Pearson, e indica el porcentaje de la variación de una variable debido a la variación

de otra y viceversa. Es decir, mide la precisión general del modelo y cuanto más se acerca a 1 más valor predictivo tiene.

En nuestro estudio, cuando se utiliza en el sexo masculino o en ambos sexos de forma conjunta, el modelo se ajusta más a los datos. En las mujeres el valor es algo menor (0,45), lo que significa que también se ajusta a los datos, pero en menor medida.

Los gráficos 1 a 6 muestran los coeficientes de correlación según sexo y pie. Cuanto más se ajuste el modelo a los datos, los puntos se encontrarán más próximos a la línea de regresión.

- R^2 de la talla/longitud huella plantar derecha en ambos sexos: $R^2 = 0,70$; $p < 0,001$
- R^2 de talla/longitud huella plantar izquierda en ambos sexos: $R^2 = 0,71$; $p < 0,001$
- R^2 de la talla/longitud huella plantar derecha en mujeres: $R^2 = 0,45$; $p < 0,001$
- R^2 de la talla/longitud huella plantar izquierda en mujeres: $R^2 = 0,45$; $p < 0,001$

- R² de talla/longitud huella plantar derecha en hombres: R² = 0,67; p < 0,001
- R² de la talla/longitud huella plantar izquierda en hombres: R² = 0,74; p < 0,001

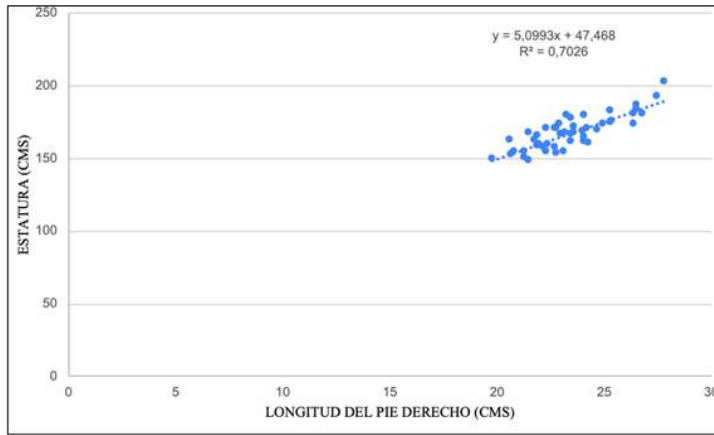


Gráfico 1. Coeficiente de correlación del pie derecho en ambos sexos.

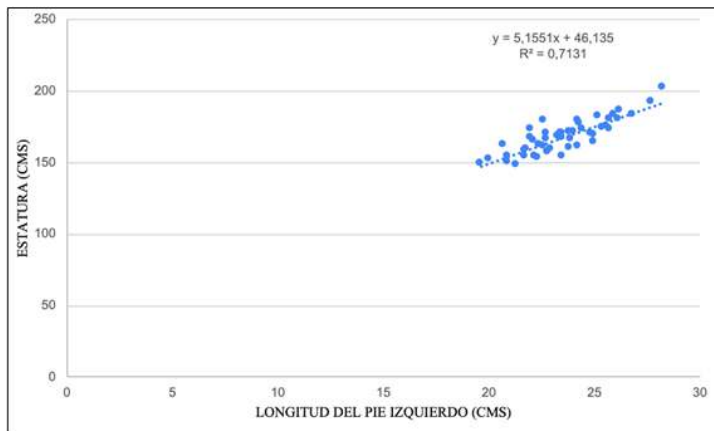


Gráfico 2. Coeficiente de correlación del pie izquierdo en ambos sexos.

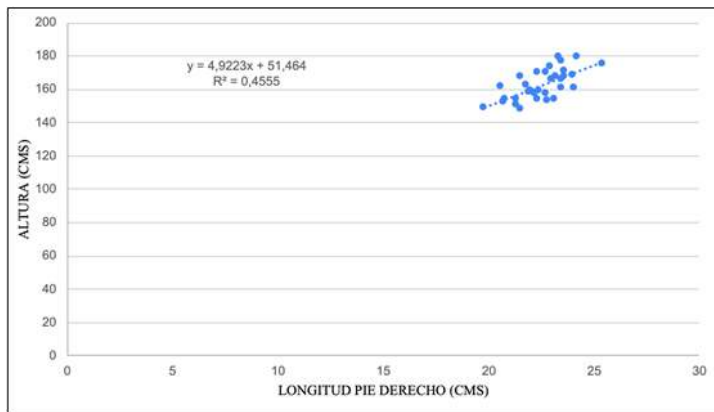


Gráfico 3. Coeficiente de correlación del pie derecho en mujeres

Estimación de la talla a partir de la longitud de la huella del pie.
RODES LLORET, F., LIROLA FORNIELES A.

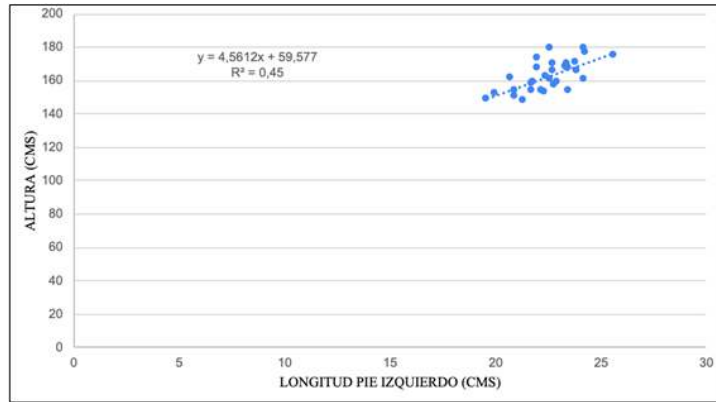


Gráfico 4. Coeficiente de correlación del pie izquierdo en mujeres

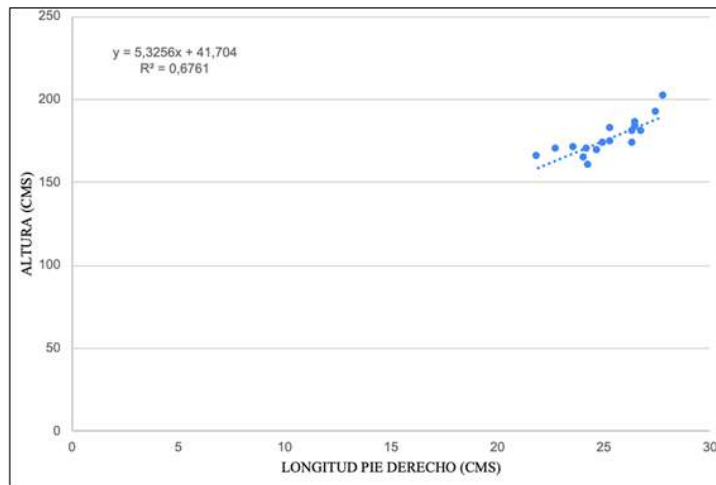


Gráfico 5. Coeficiente de correlación del pie derecho en hombres

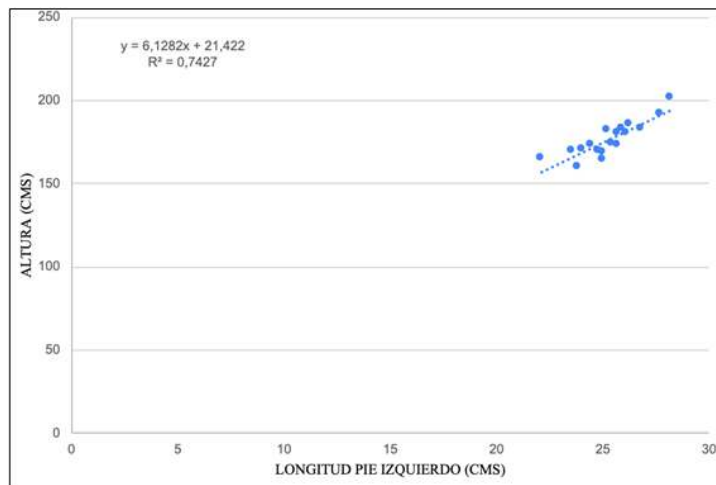


Gráfico 6. Coeficiente de correlación del pie izquierdo en hombres

Estimación de la talla a partir de la longitud de la huella del pie.
RODES LLORET, F., LIROLA FORNIELES A.

4.6. ECUACIONES DE REGRESIÓN.

La fórmula de la ecuación de regresión obtenida es la siguiente:

Talla= Coeficiente de Regresión x Longitud de la huella plantar + Valor de la Constante.

A continuación, se recogen las ecuaciones de regresión obtenidas para pies derechos e izquierdos de hombres, mujeres y ambos sexos con sus respectivas desviaciones estándares siendo “y” la talla en cm y “x” la longitud de la huella plantar en cm.

- Pie derecho ambos sexos
 $y = 5,1x + 47,46$, desviación estándar: 6,4
- Pie izquierdo ambos sexos
 $y = 5,15x + 46,13$, desviación estándar: 6,3
- Pie derecho hombres
 $y = 5,32x + 41,70$, desviación estándar: 3,17
- Pie izquierdo hombres
 $y = 6,12x + 21,42$, desviación estándar: 3,64
- Pie derecho mujeres
 $y = 4,92x + 51,46$, desviación estándar: 5,32
- Pie izquierdo mujeres
 $y = 4,56x + 59,57$, desviación estándar: 5,33

Los detalles figuran en las gráficas 1 a 6 donde “y” es la talla que se pretende averiguar y “x” es la longitud de la huella plantar medida.

5. DISCUSIÓN

La estimación de la talla es uno de los parámetros importantes al abordar la identificación individual, existiendo una fuerte correlación entre esta y algunas partes del cuerpo.

Los pies, al apoyarse desnudos en una superficie pueden dejar huellas plantares que habitualmente serán latentes. Se han estudiado con frecuencia estas huellas con objetivo de identificación personal a través de las impresiones que dejan las crestas de la planta del pie, pero pocos autores han intentado estimar la talla a partir de la longitud de la huella plantar.

Nath y col (19) desarrollaron fórmulas de regresión para estimar la estatura a partir de la longitud del pie y la mano en población india. Por otro lado, Agnihotri y col (20) establecieron una correlación entre la longitud del pie y la estatura en una muestra de 250 mauricianos, 125 hombres y 125 mujeres, en la cual también establecieron ecuaciones de regresión para calcular la estatura.

En el presente trabajo de investigación, se ha conseguido desarrollar modelos de regresión lineal para estimar la talla a partir de la longitud de la huella plantar en hombres y mujeres, proporcionando de esta manera una herramienta para determinar la estatura a partir de las huellas de los pies de manera fácil, rápida y precisa.

CONFLICTO DE INTERESES.

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

6. BIBLIOGRAFÍA.

1. RODES F. Cuaderno de prácticas de identificación forense. Alicante: Publicaciones de la Universidad de Alicante. 2016.
2. NATH BS. Use of Lower Limb Measurements in Reconstructing Stature among Shia Muslims. The Internet Journal of Biological Anthropology. 2009; 2(2):86-97. Publisher Full Text
3. GILES E, VALLANDIGHAM P H. Height Estimation from Foot and Shoe- print Length. Journal of Forensic Science. 1991; 36(4): 1134- 1151.
4. NATARAJA T, FATIMAH S. (2015). Individualizing characteristics of footprints in Malaysian Malays for person identification from a forensic perspective,

- Egyptian Journal of Forensic Sciences. 2015; 5(1):13-22.
5. CUMMINS H, MIDLO C. Fingerprint Palm and Soles. An introduction of Dermatoglyphics. Dover Publications, Inc, New York. 1961.
 6. PAREKH U, PATEL R, PATEL P. A study of the relation of stature with foot length in natives of Gujarat state. *NHL Journal of Medical Sciences*. 2014; 3(1):22-25.
 7. MOHANTY BB, AGARWAL D, MISHRA K, SAMANTSINGHAR P, CHINARA PK. Estimation of the height of an individual from foot length; A study on the population of Odisha. *Int J Rev Life Sci*. 2012; 2(2): 69-74.
 8. CHENG JC, LEUNG SS, CHIU BS, TSE PW, LEE CW, CHAN AK, et al. Can we predict body height from segmental bone length measurement? A study of 3,647 children. *Journal of Pediatric Orthopedics*. 1998; 18:387-93. DOI: 10.1097/01241398-199805000-00022.
 9. ROBBINS LM. Estimating Height and Weight from Size of Footprints, *Journal of Forensic Sciences*, 1986; 31(1): 143-152.
 10. Rutishauser IHE. Prediction of Height from Foot Length: Use of Measurement in Field Surveys, *Archives of Disease in Childhood*, 1968; 43(229): 310-312.
 11. DAS R, DAS BM. A Study of the Hira Foot. *Man in India*. 1966;47(2):139-48.
 12. KRISHAN K. Individualizing characteristics of footprints in Gujjars of North India. *Forensic Sci Int*, 2007; 169(2-3): 137-44.
 13. NEVES FB, ARNOLD GP, NASIR S, WANG W, MACDONALD C, CHRISTIE I, ABOUD RJ. Establishing state of motion through a two-dimensional foot and shoe print analysis: A pilot study. *Forensic Sci Int*, 2018; 284:176-183.
 14. HOWSAM N, BRIDGEN A. A comparative study of standing fleshed foot and walking and jumping bare footprint measurements. *Science & Justice*, 2018; 58(5), 346-354.
 15. STEWART T D. Hrdlika's Practical Anthropometry, 4th ed., Wistar Institute of Anatomy and Biology, Philadelphia. 1952
 16. KLEMENTA J, KOMENDA S, KR/TTOGKA J. Use of a Biometrical Method for Prediction of Body Height from the Known Value of Foot Length, *Anthropologie (Brno)*, 1973; 11(1/2): 31-43.
 17. ROSSI, DPM. WILLIAM A. Podometrics: A New Methodology for Foot Typing. *Contemporary Podiatric Physician*, 28-39. 1992
 18. WALIA S, MODI BS, PURI N. Sexual dimorphism from foot dimensions and footprints in Haryanvi Jat population. *Int J Anat Res*, 2016; 4:2142–2147.
 19. NATH S, CHUG D. Determination of stature using hand and foot lengths among male and female Brahmins of Sundernagar, Himachal Pradesh. In: Bhasin MK, Nath S. Preceding volume of the seminar on the role of forensic science in the new millennium. India: KRE publishers; 2002. p. 174-81.
 20. AGNIHOTRI AK, PURWAR B, GOOGOLYE K, AGNIHOTRI S, JEEBUN N. Estimation of stature by foot length. *Journal of Forensic and legal medicine*, 2007;14:279-83.