

Impacto de la altura del arco del pie en la calidad de vida en adultos.

Gonzalo Barros García.

Tesis doctoral UDC/2018.

Directores:

**Dr. Daniel López López.
Dr. Juan Manuel Vilar Fernández.**



Programa de Doctorado en Ciencias de la salud (RD99/2011).



D. Juan Manuel Vilar Fernández, Catedrático de Universidade, pertencente ao Departamento de Matemáticas da Universidade da Coruña, con docencia na Facultade de Informática e **D. Daniel López López**, Profesor Contratado Doutor, pertencente ao Departamento de Ciencias da Saúde da Universidade da Coruña, con docencia na Facultade de Enfermaría e Podoloxía.

Fan Constar que o presente proxecto de doutoramento, titulado “**Impacto da altura do arco do pé na calidade de vida en adultos**”, que presenta o alumno Gonzalo Barros García para optar ao título de Doutor/a, foi elaborada baixo a nosa dirección no programa de doutoramento Ciencias da Saúde e reúne os requisitos de idoneidade e calidade científica necesarios para obter un informe FAVORABLE.

E para que así conste aos efectos da súa presentación, asinamos en A Coruña a 28 de Novembro de 2018.

O/A/s Director/a/s da tese de doutoramento

Prof. Dr. Juan Manuel Vilar Fernández

Prof. Dr. Daniel López López

Código Seguro De Verificación	HJP3BNyeM6yp95jU2sNQgg==	Estado	Data e hora
Asinado Por	Daniel López López	Asinado	28/11/2018 13:17:15
	Juan Manuel Vilar Fernández	Asinado	28/11/2018 13:09:46
Observacións		Páxina	1/1
Uri De Verificación	https://sede.udc.gal/services/validation/HJP3BNyeM6yp95jU2sNQgg==		



A mi familia.

Agradecimientos

Deseo expresar mi más profunda y sincera gratitud a mis directores de tesis, por apoyarme y guiarme durante la realización de este trabajo. Al Dr. Daniel López López, no solo por la ayuda brindada durante la realización del proyecto, sino también por animarme a emprenderlo y confiar en mi para ello desde antes. Al Dr. Juan Manuel Vilar Fernández por aceptar participar en la tesis y darme todas las facilidades. La capacidad de trabajo de ambos es admirable.

A los participantes en el estudio, por cederme una parte de su tiempo desinteresadamente. Sin ellos este estudio no habría sido posible.

A mis padres, por enseñarme que las cosas se ganan con esfuerzo, por inculcarme el amor por el conocimiento y el pensamiento crítico. Por confiar en mi.

A mi hermana, por su apoyo y por que se que está orgullosa de mi, como yo lo estoy de ella.

A mis abuelos, por todo el esfuerzo que hicieron para que yo tuviese las oportunidades que ellos no podían ni soñar.

A mis amigos, por confiar en mi más que yo, por apoyarme y por la celebración de todo esto.

A mis sobrinos, porque sus caras al descubrir algo nuevo hacen que quiera seguir aprendiendo.

A todos los profesores de podología que tuve, y en particular a los que me mostraron el valor del método científico.

A todos los compañeros de profesión con los que comparto las alegrías y disgustos de la podología, experiencias profesionales y extraprofesionales y de los que además aprendo. En particular a Borja, por ayudarme y enseñarme y a Raúl por acogerme. Sois enormes como profesionales y como personas.

Y en especial a Lucía, por las incontables horas que le robé curso tras curso. Por aguantarme. Por su apoyo y su amor incondicionales. Muchas gracias TQP.

Resúmenes

Resumen.

Objetivo: los distintos tipos de pie según la altura del arco se relacionan con diversas patologías del miembro inferior, lo que podría afectar la calidad de vida de los individuos. El propósito de la tesis doctoral es determinar el impacto que la altura del arco tiene en la calidad de vida relacionada con la salud del pie en personas adultas y en las dimensiones que determinan el estado de la salud del pie (dolor, función, calzado, salud) y de la salud general del individuo (salud general, vitalidad, función social, actividad física).

Material y métodos: se llevó a cabo un estudio observacional descriptivo. El tipo de pie de los participantes (n=138) se clasificó con el Índice del Arco (IA): 66 tenían un IA normal, 51 un IA disminuido y 21 un IA aumentado. La calidad de vida en relación con la salud del pie se valoró con la versión en castellano del Foot Health Status Questionnaire (FHSQ). Los resultados de los grupos de la muestra se compararon mediante el test de la t, el test ANOVA y el test MANOVA.

Resultados: la comparación de los resultados globales del FHSQ entre personas adultas con IA aumentado, normal o disminuido, no mostró diferencias estadísticamente significativas. A nivel específico del pie encontramos una diferencia estadísticamente significativa ($p=0,017$) en la dimensión de calzado entre personas con IA aumentado y personas con IA disminuido.

Conclusiones: el tipo de pie según la altura del arco no influye en la calidad de vida relacionada con la salud del pie en personas adultas.

Resumo.

Obxetivos: os distintos tipos de pé según a estrutura do arco relaciónanse coas diversas patoloxías do membro inferior, o que podería afectar a calidade de vida dos individuos. O propósito da tese doctoral é determinar o impacto que a altura do arco ten na calidade de vida relacionada coa saúde do pé en persoas adultas e nas dimensións que determinan o estado da saúde do pé (dor, función, calzado, saúde) e da saúde xeral do individuo (saúde xeral, vitalidade, función social, actividade física).

Material e métodos: levouse a cabo un estudo observacional descriptivo. O tipo de pé dos participantes (n=138) clasificouse co Índice do Arco (IA): 51 tiñan un IA normal, 66 un IA diminuído e 21 un IA aumentado. A calidade de vida en relación coa saúde do pé valorouse coa versión en castellano do Foot Health Status Questionnaire (FHSQ). Os resultados dos grupos da mostra comparáronse mediante o contraste da t, o contraste ANOVA e o contraste MANOVA.

Resultados: a comparación dos resultados globais do FHSQ entre persoas adultas co IA aumentado, normal ou diminuído non amosou diferenzas estatisticamente significativas. A nivel específico do pé atopamos unha diferenza estatisticamente significativa ($p=0,017$) na dimensión do calzado entre persoas co IA aumentado e persoas co IA diminuído.

Conclusións: o tipo de pé según a altura do arco non inflúe na calidade de vida relacionada coa saúde do pé en persoas adultas.

Abstract.

Aims: the different foot types according to the arch height are related to different lower limb conditions, and it could affect the individuals quality of life. The purpose of the doctoral thesis is to know the impact that the arch height has on the quality of life related to foot health in adults and on the dimensions that determine the health status of the foot (pain, foot function, footwear, foot health) and the general health of the individual (general health, vitality, social function, physical activity).

Methods: a cross-sectional study was carried out. The participants foot type (n=138) was classified according the Arch Index (AI): 51 had a normal AI, 66 had a decreased AI and 21 had a increased AI. The quality of life in relation to foot health was valued with the Spanish version of the Foot Health Status Questionnaire (FHSQ). The results of the sample groups were compared using the t test, the ANOVA test and the MANOVA test.

Results: the comparison of the overall results of the FHSQ among adults with an IA normal, increased or decreased, did not show statistically significant differences. At the specific level of the foot we found a statistically significant difference ($p=0,017$) in the footwear dimension between people with AI augmented and people with AI decreased.

Conclusions: foot type according to arch height does not influence the quality of life related to foot health in adults.

Prólogo

La conceptualización del binomio salud-enfermedad ha variado a lo largo de la historia según el contexto cultural de la población que lo define (1-3).

En el mundo antiguo se le intentó dar varias explicaciones. Se veía como una armonía entre energías del universo (3), o como el premio o castigo de dioses (3), pasando por el equilibrio entre pares de fuerzas, como el frío y el calor (2,3), o entre los elementos que se creían constitutivos del cosmos: agua, tierra, aire y fuego, etc (1,3).

A partir del siglo XIX, en occidente, con el avance de la medicina y de la tecnología que permitió, por ejemplo, la detección de virus y bacterias, comenzó una descripción racional de la salud y de la enfermedad, caracterizándose en un principio por una definición exclusivamente biológica (2) y a medida que avanzaban las Ciencias Sociales y la Psicología, se añadieron a ella conceptos relacionados con la dimensión mental y social de las personas (1,4), tal y como se recoge en la definición clásica de salud de la Organización Mundial de la Salud (OMS) (4).

En la actualidad el análisis de las principales enfermedades y causas de muerte contemporáneas en las sociedades avanzadas pone de manifiesto que cada vez tienen una mayor importancia factores conductuales (1,2,5), con lo que la construcción de los conceptos salud y enfermedad ha continuado avanzando,

adquiriendo especial importancia la capacidad de autocuidado y en definitiva, el estilo de vida (1,5,6).

Pero para ser capaces de autogestionar nuestra salud es necesario saber hacerlo y además poder hacerlo (3), por lo que se revela necesario una actuación profiláctica comunitaria que se desarrolle antes de que las personas enfermen, y que les proporcione las herramientas necesarias para reducir las posibilidades de que esto ocurra (1,3-5,7,8).

Actualmente se reconoce que las patologías podológicas son un problema sanitario común, siendo el impacto que pueden tener en el estado de salud general alto, e incluso pudiendo llegar a tener consecuencias graves que merman la autonomía y la independencia personal de manera importante (6,9,10).

Como comentábamos antes, el aumento de la esperanza de vida ha supuesto un incremento de las enfermedades asociadas al estilo de vida (1,5,6): cardiovasculares, neurológicas, reumáticas y endocrinas (6).

Uno de los mecanismos básicos de prevención de estas enfermedades es practicar ejercicio aeróbico con regularidad (p. ej. caminar), pero para que esto sea posible se debe preservar la integridad del estado de salud del pie (11-14).

Numerosos estudios encontraron relación entre el tipo de pie y la patología podológica o del miembro inferior (15-17,24-26), pero apenas se ha investigado la relación entre el tipo de pie y la calidad de vida (27).

Siendo el tipo de pie un factor modificable, o que se puede compensar mediante plantillas ortopédicas, nos parece conveniente estudiar si este guarda relación con la calidad de vida.

Además es interesante investigar si esto se puede detectar mediante sistemas baratos, rápidos y sencillos, tales como las pedigrafías y un cuestionario validado, para que sea fácilmente aplicable de manera universal, y no solo en las sociedades que puedan permitirse la adquisición de costosos equipos de valoración médica.

Índice

Agradecimientos.....	4
Resúmenes.....	7
Resumen.....	8
Resumo.....	9
Abstract.....	10
Prólogo.....	11
Índice.....	15
Índice de figuras.....	22
Índice de tablas.....	27
Lista de abreviaturas.....	30
1 . Estado del Arte.....	32
1.1 . Salud.....	33
1.2 . Salud podológica.....	44
1.3 . Desarrollo de los arcos del pie.....	53
1.4 . Anatomía y biomecánica de los arcos del pie.....	56
1.5 . Valoración radiográfica del arco.....	78
1.5.1 . Ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea.....	79
1.5.2 . Ángulo lateral entre el astrágalo y el primer metatarsiano o ángulo de Meary.....	80
1.5.3 . Ángulo de inclinación calcánea.....	82
1.5.4 . Ángulo de Moreau-Costa-Bartani.....	84
1.5.5 . Ángulo de Djian-Annonier.....	85

1.5.6 . Ángulo calcáneo-primer metatarsiano.....	85
1.5.7 . Altura del arco.....	86
1.6 . Funciones del arco.....	87
1.7 . Clasificaciones de los tipos de pie según la altura del arco.....	93
1.7.1 . Ángulo de Clarke:.....	94
1.7.2 . Índice Chippaux-Smirak:.....	96
1.7.3 . Índice de Staheli:.....	97
1.7.4 . Índice de longitud del arco:.....	98
1.7.5 . Índice de la huella:.....	99
1.7.6 . Índice del arco truncado:.....	101
1.7.7 . Método Hernández-Corvo:.....	102
1.7.8 . Clasificación morfológica de la huella según Rueda.....	104
1.7.9 . Índice del Arco.....	105
1.8 . Relación entre patología y tipo de pie.....	108
1.9 . Cuestionario de estado de salud del pie (CESP): Spanish FHSQ.....	117
2 . Problema de investigación, objetivos y tests de hipótesis.....	125
2.1 . Problema de investigación.....	126
2.2 . Objetivos.....	126
2.2.1 . Objetivo principal.....	126
2.2.2 . Objetivos secundarios.....	127
2.3 . Tests de hipótesis estadísticas.....	127
3 . Material y métodos.....	130
3.1 . Ámbito de estudio.....	131

3.2 . Tipo de estudio.....	132
3.3 . Período de estudio.....	132
3.4 . Criterios de inclusión.....	132
3.5 . Criterios de exclusión.....	132
3.6 . Selección de la muestra.....	132
3.7 . Cálculo del tamaño de la muestra.....	133
3.8 . Formularios.....	134
3.8.1 . Consentimiento informado.....	134
3.8.2 . Protección de datos.....	135
3.8.3 . Formulario de recogida de datos.....	136
3.8.4 . Cuestionario de salud: CESP.....	136
3.8.5 . Hoja de pedigráfica.....	137
3.9 . Equipamiento.....	137
3.10 . Procedimiento.....	138
3.11 . Estrategia de búsqueda bibliográfica.....	140
3.12 . Aspectos éticos.....	140
3.13 . Análisis estadístico de los datos.....	141
4 . Resultados.....	142
4.1 . Características generales de la muestra.....	146
4.1.1 . Género.....	146
4.1.2 . Edad.....	147
4.1.3 . Número de calzado.....	149
4.1.4 . Longitud del pie.....	151

4.1.5 . Altura.....	152
4.1.6 . Peso.....	154
4.1.7 . Índice de Masa Corporal.....	155
4.1.8 . Índice del Arco.....	159
4.1.9 . Actividad Profesional.....	165
4.1.10 . Nivel de estudios.....	166
4.1.11 . Situación Familiar.....	168
4.1.12 . Enfermedades de base o factores de riesgo.....	170
4.2 . Variables de la sección 1 y 2 del CESP.....	172
4.2.1 . Dolor de pie.....	172
4.2.2 . Función del pie.....	178
4.2.3 . Calzado.....	184
4.2.4 . Salud del pie.....	190
4.2.5 . Salud general.....	196
4.2.6 . Actividad física.....	201
4.2.7 . Función social.....	207
4.2.8 . Vigor.....	213
4.2.9 . Análisis de residuos.....	219
4.3 . Estudio alternativo (MANOVA).....	221
4.3.1 . MANOVA de la Dimensión 1.....	222
4.3.2 . MANOVA de la Dimensión 2.....	225
4.4 . Contraste de la t entre los grupos con mayor diferencia de medias.....	228
4.4.1 . Altura del Arco y dolor del pie.....	228

4.4.2 . Altura del arco y la función del pie.....	228
4.4.3 . Altura del Arco y problemas con el calzado.....	229
4.4.4 . Altura del Arco y salud del pie.....	229
4.4.5 . Altura del Arco y salud general.....	229
4.4.6 . Altura del Arco y actividad física.....	230
4.4.7 . Altura del Arco y función social.....	230
4.4.8 . Altura del Arco y vitalidad (vigor).....	230
5 . Discusión.....	231
5.1 . Objetivo principal: impacto del IA en la calidad de vida en personas adultas....	232
5.2 . Objetivos secundarios I: relación entre las dimensiones de la calidad de vida y el IA.....	234
5.2.1 . Relación entre el IA y el dolor de pie.....	234
5.2.2 . Relación entre la altura del arco y la función del pie.....	240
5.2.3 . Relación entre la altura del arco y los problemas con el calzado.....	246
5.2.4 . Relación entre la altura del arco y la salud del pie.....	253
5.2.5 . Relación entre la altura del arco y la salud general de las personas.....	256
5.2.6 . Relación entre la altura del arco y la actividad física de las personas.....	258
5.2.7 . Relación entre la altura del arco y la función social de las personas.....	261
5.2.8 . Relación entre la altura del arco y la vitalidad (vigor) de las personas.....	263
5.3 . Objetivos secundarios II: análisis del perfil antropométrico, sociodemográfico y clínico de la muestra y sus relaciones con el tipo de pie.....	265
5.3.1 . Perfil antropométrico de la muestra y tipo de pie.....	265
5.3.2 . Características sociodemográficas de la muestra y tipo de pie.....	275

5.3.3 . Características clínicas de la muestra y tipo de pie.....	281
5.4 . Limitaciones del estudio.....	284
5.5 . Posibles líneas de investigación.....	289
6 . Conclusiones.....	292
Bibliografía.....	296
Producción científica.....	316
Anexos.....	319
Anexo A: formulario de recogida de datos.....	320
Anexo B: formulario de consentimiento informado.....	321
Anexo C: formulario de protección de datos.....	322
Anexo D: informe del Comité de Ética.....	323

Índice de figuras.

Figura 1. Arcos del pie. Fuente propia.....	57
Figura 2. Sistemas trabeculares de los huesos del pie. Fuente propia.....	60
Figura 3. Tensión en la fascia plantar. Fuente propia.....	62
Figura 4. Activación del mecanismo de "windlass". Fuente propia.....	64
Figura 5. Algunos elementos activos encargados de mantener la estructura del arco.....	65
Figura 6. Algunos elementos activos encargados de mantener el arco (2).....	68
Figura 7. Elementos pasivos encargados de mantener el arco. Fuente propia.....	70
Figura 8. Ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea. Fuente propia.....	80
Figura 9. Ángulo de Meary. Fuente propia.....	81
Figura 10. Ángulo de inclinación calcánea. Fuente propia.....	83
Figura 11. Ángulo de Moreau-Costa-Bartani. Fuente propia.....	84
Figura 12. Ángulo calcáneo-primer metatarsiano. Fuente propia.....	86
Figura 13. Altura del arco. Fuente propia.....	86
Figura 14. Ángulo de Clarke. Fuente propia.....	95
Figura 15. Índice Chippaux-Smirak. Fuente propia.....	96
Figura 16. Índice de Staheli. Fuente propia.....	98
Figura 17: Índice de longitud del arco. Fuente propia.....	99
Figura 18. Índice de la huella. Fuente propia.....	100
Figura 19. Índice del arco truncado. Fuente propia.....	101
Figura 20. Método Hernández Corvo. Fuente propia.....	103
Figura 21. Clasificación morfológica de la huella según Rueda. Fuente propia.....	104
Figura 22. IA. Fuente propia.....	106

Figura 23. Sectores de la variable género.....	146
Figura 24. Histograma de la variable edad.....	148
Figura 25. Gráfico de cajas de edad según género.....	149
Figura 26. Histograma de la variable número de calzado.....	150
Figura 27. Gráfico de cajas de número de calzado según género.....	150
Figura 28. Histograma de la variable longitud del pie.....	151
Figura 29. Gráfico de cajas de longitud del pie según género.....	152
Figura 30. Histograma de la variable altura.....	153
Figura 31. Gráfico de cajas de altura según género.....	153
Figura 32. Histograma de la variable peso.....	154
Figura 33. Gráfico de cajas de peso según género.....	155
Figura 34. Histograma de la variable IMC.....	156
Figura 35. Gráfico de cajas de IMC según género.....	156
Figura 36. Sectores de la variable IMCfac.....	157
Figura 37. IMCfac según género.....	158
Figura 38. Histograma de la variable IA.....	160
Figura 39. Gráfico de cajas del IA según género.....	160
Figura 40. Sectores de la variable IAfactA.....	162
Figura 41. IAfactA según género.....	162
Figura 42. Sectores de la variable IAfactB.....	164
Figura 43. IAfactB según género.....	164
Figura 44. Actividad profesional según género.....	166
Figura 45. Nivel Educativo según género.....	168

Figura 46. Situación familiar según género.....	169
Figura 47. Enfermedad y Factor de Riesgo según género.....	171
Figura 48. Histograma de la variable dolor del pie.....	173
Figura 49. Gráfico de cajas de dolor del pie según género.....	173
Figura 50. Dispersión de las variables IA y dolor del pie.....	174
Figura 51. Gráfico de cajas de dolor del pie según IFactA.....	176
Figura 52. Medias de dolor del pie según IFactB.....	177
Figura 53. Histograma de la variable función del pie.....	179
Figura 54. Gráfico de cajas de función del pie según el género.....	180
Figura 55. Dispersión de las variables IA y función del pie.....	181
Figura 56. Gráfico de cajas de la función del pie según IFactA.....	182
Figura 57. Medias de función del pie según IFactB.....	184
Figura 58. Histograma de la variable calzado.....	185
Figura 59. Gráfico de cajas de calzado según género.....	186
Figura 60. Dispersión de las variables IA y calzado.....	187
Figura 61. Gráfico de cajas de calzado según IFactA.....	188
Figura 62. Medias de calzado según IFactB.....	189
Figura 63. Histograma de la variable salud del pie.....	191
Figura 64. Gráfico de cajas de salud del pie según género.....	192
Figura 65. Dispersión de las variables IA y salud del pie.....	193
Figura 66. Gráfico de cajas de salud del pie según IFactA.....	194
Figura 67. Medias de salud del pie según IFactB.....	195
Figura 68. Histograma de la variable salud general.....	197

Figura 69. Gráfico de cajas de salud general según género.....	197
Figura 70. Dispersión de las variables IA y salud general.....	198
Figura 71. Gráfico de cajas de salud general según IFactA.....	199
Figura 72. Medias de salud general según IFactB.....	200
Figura 73. Histograma de la variable actividad física.....	202
Figura 74. Gráfico de cajas de la variable actividad física.....	203
Figura 75. Dispersión de las variables IA y actividad física.....	204
Figura 76. Gráfico de cajas de Actividad según IFactA.....	205
Figura 77. Medias de actividad física según IFactB.....	206
Figura 78. Histograma de la variable función social.....	208
Figura 79. Gráfico de cajas de la variable función social.....	208
Figura 80. Dispersión de las variables IA y función social.....	209
Figura 81. Gráfico de cajas de función social según IFactA.....	210
Figura 82. Medias de función social según IFactB.....	212
Figura 83. Histograma de la variable vigor.....	214
Figura 84. Gráfico de cajas de vigor según género.....	214
Figura 85. Dispersión de las variables IA y vigor.....	216
Figura 86. Gráfico de cajas de vigor según IFactA.....	217
Figura 87. Medias de vigor según IFactB.....	218
Figura 88. Medias de las variables de Dim1 en los tres grupos de IFactB.....	224
Figura 89. Medias de las variables de Dim2 en los tres grupos de IFactB.....	227
Figura 90. Medias de edad, peso, altura e IMC por género.....	267
Figura 91. Medias de edad, peso, altura e IMC por IFactB.....	272

Figura 92. Nivel educativo por género.....	276
Figura 93. Actividad profesional por género.....	277
Figura 94. Situación familiar por género.....	277
Figura 95. Gráfico de barras del Nivel Educativo según el IAfactB.....	279
Figura 96. Gráfico de barras de actividad profesional según IAfactB.....	280
Figura 97. Gráfico de barras de Situación familiar según IAfactB.....	280
Figura 98. Gráfico de barras de Enfermedades y factores de riesgo según IAfactB.....	284

Índice de tablas.

Tabla 1. Interpretación del resultado en el método Hernandez-Corvo.....	103
Tabla 2. Clasificación de la morfología de la huella según Rueda.....	105
Tabla 3. Tipo de pie según el IA.....	105
Tabla 4. Preguntas que valoran los dominios de la salud del pie.....	118
Tabla 5. Dominios de la salud del pie del CESP.....	119
Tabla 6. Dominios de la sección 2 del CESP.....	120
Tabla 7. Preguntas de la sección 2 del CESP.....	121
Tabla 8. Evolución y distribución de la población de A Coruña.....	131
Tabla 9. Clasificación según el IMC.....	138
Tabla 10. Frecuencias de la variable género.....	146
Tabla 11. Estadísticos de la variable edad (en total y por género).....	148
Tabla 12. Estadísticos de la variable número de calzado (en total y por género).....	149
Tabla 13. Estadísticos de la variable longitud del pie (en total y por género).....	151
Tabla 14. Estadísticos de la variable altura (en total y por género).....	152
Tabla 15. Estadísticos de la variable peso (en total y por género).....	154
Tabla 16. Estadísticos de la variable IMC (en total y por género).....	156
Tabla 17. Frecuencias de IMCfac en total y por género.....	157
Tabla 18. Estadísticos de la variable IA (en total y por género).....	159
Tabla 19. Frecuencias del IAfactA en total y por género.....	161
Tabla 20. Frecuencias de IAfactB en total y por género.....	163
Tabla 21. Frecuencias de actividad profesional en total y por género.....	165
Tabla 22. Nivel de estudios en total y por género.....	167

Tabla 23. Frecuencias de situación familiar en total y por género.....	169
Tabla 24. Frecuencias de enfermedades de base en total y por género.....	171
Tabla 25. Estadísticos de la variable dolor de pie en total y por IFactB.....	173
Tabla 26. ANOVA de dolor del pie según IFactB.....	178
Tabla 27. Estadísticos de la variable función del pie en total y según el IFactB.....	179
Tabla 28. ANOVA de función del pie según el IFactB.....	183
Tabla 29. Estadísticos de la variable calzado (en total y por IFactB).....	185
Tabla 30. ANOVA de calzado según IFactB.....	190
Tabla 31. Estadísticos de la variable salud del pie en total y por IFactB.....	191
Tabla 32. ANOVA de salud del pie según IFactB.....	196
Tabla 33. Estadísticos de la variable salud general en total y por IFactB.....	196
Tabla 34. ANOVA de salud general según IFactB.....	201
Tabla 35. Estadísticos de la variable actividad física en total y por IFactB.....	202
Tabla 36. ANOVA de actividad física según IFactB.....	207
Tabla 37. Estadísticos de la variable función social en total y por IFactB.....	207
Tabla 38. ANOVA de función social según IFactB.....	213
Tabla 39. Estadísticos de la variable vigor (en total y por IFactB).....	213
Tabla 40. ANOVA de vigor según IFactB.....	219
Tabla 41. Estadístico de Levene y p-valor en el contraste de homocedasticidad de dos grupos.....	219
Tabla 42. p-valores de los estadísticos KS y SW en el contraste de normalidad de los residuos.....	220

Tabla 43. Estadístico de Levene y p-valor en el contraste de homocedasticidad de tres grupos.....	221
Tabla 44. p-valores de los estadísticos KS y SW en el contraste de normalidad de los residuos.....	221
Tabla 45. Correlaciones de las variables de Dim1.....	222
Tabla 46. Contrastes multidimensionales para Dim1 con IFactB.....	225
Tabla 47. Correlaciones de las variables de Dim2.....	225
Tabla 48. Contrastes multidimensionales para Dim2 con IFactB.....	227
Tabla 49. Perfil antropométrico de la muestra estudiada.....	266
Tabla 50. Características antropométricas según IFactB.....	271
Tabla 51. Nivel educativo, actividad profesional y situación familiar en total y por género. Total (porcentaje del total).....	276
Tabla 52. Nivel de educación, actividad profesional y situación familiar por IFactB. Total (porcentaje).....	278
Tabla 53. Número total y porcentaje del mismo de personas que marcan cada una de las distintas opciones para enfermedades de base o factores de riesgo.....	282
Tabla 54. Tamaño muestral necesario para detectar una diferencia de 5 entre las dos medias en diferentes supuestos. (En rojo una elección razonable).....	287
Tabla 55. Tamaño muestral necesario para detectar una diferencia de 3 entre las dos medias en diferentes supuestos. (En rojo una elección razonable).....	288

Lista de abreviaturas

ALE:	arco longitudinal externo.
ALI:	arco longitudinal interno.
ANOVA:	análisis de varianza.
CCI:	coeficiente de correlación intraclase.
CESP:	cuestionario de estado de salud del pie.
DT:	desviación típica.
FHSQ:	Foot Health Status Questionnaire.
FFI:	Foot Function Index.
FPI:	Foot Posture Index.
H_0 :	hipótesis nula.
H_1 :	hipótesis alternativa.
HR:	hallux rígido.
HV:	hallux valgus.
IA:	índice del arco.
IAfactA:	índice del arco factorizado en normal/no normal.
IAfactB:	índice del arco factorizado en disminuido/normal/aumentado.
IC:	intervalo de confianza.
IMC:	índice de masa corporal.
IMCfac:	IMC factorizado.
KS:	Kolmogorov-Smirnov.
LOPD:	Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal.
MANOVA:	análisis de varianza múltiple.
MFPDI:	Manchester Foot Pain Disability Index.
n:	tamaño muestral.
OMS:	Organización Mundial de la Salud.
OR:	Odd Ratio.
Per0/25/50/75:	Percentil 0/25/50/75.
RIC:	recorrido intercuartílico.
SF36:	Short Form 36.
SW:	Shapiro-Wilks.

1 . Estado del Arte

1.1 . Salud.

Los conceptos de salud y enfermedad no son universales, si no que son cambiantes y dependen de las personas y los contextos donde se conceptualizan.

A lo largo de la historia de la humanidad, cada época y cada contexto histórico, económico, social y geográfico ha aportado matices y variaciones hasta llegar a los conceptos que tenemos hoy día (1-3).

El sistema curativo más antiguo conocido es probablemente el Ayurveda. En él se tratan el cuerpo, la mente y el espíritu. Se compiló hace más de 5000 años en los antiguos textos sánscritos. Su registro más antiguo es el Rig Veda, donde se encuentra material sobre salud, enfermedad y sus tratamientos (3).

En China, la obra más antigua que alude a la salud es del 3000 a.C. En su contexto cultural, todo en la naturaleza dependía del equilibrio de dos fuerzas bipolares: el ying y el yang, incluyendo la salud-enfermedad (3).

Para los habitantes de Mesopotamia, la enfermedad se debía a una falta que el individuo había cometido en su día a día, estableciéndose esta como un castigo divino en una relación causa-efecto. Para ellos la salud dependía de los dioses (3).

En otra de las culturas milenarias, el Antiguo Egipto, se creía que la vida terrenal era una parte ínfima de la verdadera vida o vida espiritual que sería eterna. El concepto de salud-enfermedad se interpretaba como el equilibrio entre las partes materiales y espirituales que componen al hombre. Así la enfermedad y la muerte se debían a fuerzas extrañas mediadas por objetos inanimados, seres vivos o espíritus demoníacos. La gravedad de la enfermedad dependía del grado en que esta armonía era trastocada (3).

Los habitantes del Antiguo Egipto, realizaban una suerte de profilaxis sanitaria dividida en tres tipos de prácticas: por una parte la espiritual, a través de prácticas mágico-religiosas, por otra parte una prevención basada en el cuidado de la apariencia personal externa, y por último un tratamiento interno llevado a cabo con purgantes y emolientes, en la creencia de que gran parte de los males eran debidos a la alimentación (3). Así, una parte de su metodología se basa en las creencias y el misticismo y otra en el conocimiento empírico-racional (3).

La idea de salud como un estado de equilibrio en contraposición con la enfermedad ha estado presente en la historia de la humanidad desde muy temprano. La creencia en diferentes pares de fuerzas (húmedo-seca, frío-caliente...) y en que el predominio de una sobre las demás es causa de enfermedad era común en la cultura grecolatina y en la cultura helénica, influida por las ideas de Pitágoras acerca del orden y la armonía en el Cosmos (2,3).

Una de las teorías más importantes que se basan en este principio es la de Hipócrates (460-377 a.C.) (1,3), considerado por muchos como el padre de la medicina actual, que intentaba explicar la salud como equilibrio interno entre cuatro humores que constituirían el cuerpo: la sangre, con origen en el corazón, la bilis amarilla en el hígado, la negra en el bazo y la flema en el cerebro. Si alguno de ellos dominaba sobre los otros se producía la enfermedad .

Además de la necesidad de equilibrio interno para el mantenimiento de la salud, también se consideraba imprescindible un equilibrio externo con la naturaleza, ya que los cuatro humores constituyentes del cuerpo estaban relacionados con los cuatro elementos que formaban la naturaleza: aire, agua, fuego y tierra (1,2).

Esta concepción de la salud como equilibrio y de la enfermedad como pérdida de la “normalidad” consustancial al ser humano, se mantuvo durante la Edad Media gracias a que los médicos árabes, persas y judíos, tras desaparecer el Imperio Romano de occidente, resguardaron e impulsaron los conocimientos de la medicina griega (1,3).

Los médicos árabes y judíos continuaron el desarrollo de la medicina occidental hasta la fundación de la escuela médica de Salerno. Por otro lado, la expansión del cristianismo difundió la creencia en su área de influencia de que el bienestar, la felicidad y todo lo relacionado con el hombre y por lo tanto también la salud-enfermedad es designio de Dios (3).

Entrando en la Edad Moderna, el desarrollo de la medicina promovió la diferenciación y clasificación de los diversos tipos de enfermedades, teniendo en cuenta las variadas sintomatologías (1).

Durante el siglo XIX debido a la primera revolución industrial surgieron cambios en las condiciones laborales y sociales y en la demografía, ya que se dio una migración masiva desde las zonas rurales a los núcleos urbanos (2). Las enfermedades que primaban en esta época eran las de tipo infeccioso y los avances en la medicina, con nuevos métodos de diagnóstico e investigación, permitieron abrir una nueva etapa basada en el signo anatomopatológico (1,2).

En este contexto se comienza a considerar a la lesión como el elemento diagnóstico y definitorio de la enfermedad, que estaría producida por la acción de gérmenes patógenos y se describe haciendo referencia a las alteraciones locales que provoca la misma (2).

Durante este período la salud se definía como la ausencia de enfermedades e invalideces y la enfermedad como un proceso con alteraciones locales (lesiones) que siguen una evolución peculiar, constante y medible. Es decir, en este contexto, la salud es lo opuesto a la enfermedad, siendo la primera la condición “normal” de la vida y la causa de que no nos percatemos de ella. Solo cuando algo no funciona bien, será cuando lo percibiremos (1).

La enfermedad se explica como una disfunción y por eso se generan numerosas pruebas para buscar signos de dicha mala función, tales como las pruebas hepáticas, renales, respiratorias, metabólicas y análisis químicos, que al generalizarse poco a poco irán haciendo que se abandone la idea de enfermedad como ente local, pasando a considerarse un proceso general continuo y medible (2).

La idea de salud definida por oposición a la enfermedad va a ir quedando relegada, buscándose una conceptualización que caracterice la salud en si misma y no como un concepto definido por exclusión.

Tampoco la idea reduccionista de la enfermedad como un problema meramente biológico, en el que siempre se puede detectar mediante técnicas de laboratorio al agente causante, abarca el variado origen de las diferentes patologías, por lo que se hace necesario un nuevo enfoque.

A principios del siglo XX, con la obra de Sigmund Freud comienza a reconocerse la importancia que los procesos mentales y psíquicos tienen en la génesis de numerosas enfermedades (1).

Teniendo en cuenta esta nueva dimensión de la génesis de la enfermedad, los 61 estados que forman la OMS, en su carta de constitución de 1946, acuerdan la definición clásica de salud:

“La salud es un estado de completo bienestar físico mental y social, y no solamente la ausencia de afecciones o enfermedades” (4).

Además concluyen que “el goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano, sin distinción de raza, religión, ideología política o condición económica o social” (4).

Y que la “extensión a todos los pueblos de los beneficios de los conocimientos médicos, psicológicos y afines es esencial para alcanzar el más alto grado de salud”(4).

Es, por tanto, una nueva definición que se muestra en positivo, no ya como oposición a la enfermedad y que además considera a la salud como un objetivo social a tener en cuenta, aportando la inclusión clara de las tres dimensiones de la salud: física, psíquica y social (1,3).

Sin embargo, posteriormente muchos autores discrepan de tal definición por considerarla estática, utópica y subjetiva. Estática, por considerar la salud como una situación puntual, un nivel estanco y no como un proceso dinámico. Utópica, por que el “completo estado” es inalcanzable, no existe, ya que la salud y la enfermedad no son procesos absolutos, si no que entre ambos estados hay gradaciones. Subjetiva, por que la idea de encontrarse bien o mal depende del propio individuo, no puede ser cuantificada externamente (1).

Además, se puede considerar que la palabra bienestar se usa en la definición como sinónimo de salud, por lo que en ella misma se contiene la idea que pretende definir (3).

Tras el auge de una concepción biológica de la salud-enfermedad, donde la etiología se considera siempre como orgánica y por tanto identificable con técnicas de laboratorio, se revisita la idea de equilibrio, con los matices debidos, al considerar que los gérmenes no son el único agente causante de las enfermedades (1).

En esta época se produce el desarrollo de la ecología y el incremento de la industrialización fomenta las grandes concentraciones humanas. Se evidencia que existen otros factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad como la alimentación, las condiciones de vida, el trabajo, etc (2).

Es decir, que se le da importancia al medio ambiente y a la capacidad de adaptación de las personas al mismo, ya que está en constante cambio, considerándose la salud como un estado dinámico de salud-enfermedad variable, individual y colectivamente y producto de determinantes ambientales, genéticos, biológicos y ecológicos que se originan en la sociedad. La salud estaría relacionada con la capacidad de adaptación al medio y el correcto funcionamiento en las diferentes dimensiones atribuidas al ser humano (1,2).

La construcción de los conceptos de salud y enfermedad ha continuado evolucionando como resultado del análisis de las principales enfermedades y causas de muerte actuales en las sociedades avanzadas: afecciones cardiovasculares, accidentes de tráfico, arteriosclerosis, diabetes, reumatismos, enfermedades pulmonares, tumores, SIDA... Cada vez tienen una mayor importancia como causa factores que no son estrictamente biológicos sino conductuales (1,2,5).

Con esta nueva dimensión y debido al predominio de las enfermedades crónicas y al desarrollo de las Ciencias de la Educación, adquiere especial importancia la actitud de la persona frente a su propia salud, el modo en el que controla su conducta, la percepción de los valores que están supuestos en la salud y la capacidad de autocuidado y en definitiva el estilo de vida (1,5).

Además se reconoce que elegir un estilo de vida no depende solo de la voluntad, sino del conocimiento ("saber") y de la capacidad de acceso al mismo ("poder") (3).

En definitiva, en la construcción del concepto actual de salud, todas las ideas anteriores han sido importantes: oposición a la enfermedad, bienestar físico, psíquico y social, capacidad de funcionamiento, equilibrio con el entorno y manera de vivir alejada del riesgo o estilo de vida y actualmente.

Además, se tiene en cuenta que podemos aumentar nuestro nivel de salud adecuando nuestra conducta para conseguir mantener el equilibrio interno de nuestro organismo, buscar el equilibrio con el entorno e incluso intervenir en él para que sea más saludable. Es decir, ya no se trata solo de adaptarse al medio si no de intervenir en él (1,2). Tampoco el órgano enfermo puede continuar siendo el centro de la medicina de hoy día, sin establecerse una relación con la persona a quien pertenece, ni se puede centrar en el individuo, sin prestar atención al medio físico y social en el que desarrolla su vida (3).

En la actualidad se revela necesario una actuación profiláctica comunitaria, y no solo cuando la persona enferma, si no poner medios antes para reducir las posibilidades de que esto ocurra (3).

La salud se considera como un recurso para la vida, pero no como el objeto de la misma (7). No se vive para tener salud, sino que procuramos tener salud para vivir con más intensidad y mejor. La salud se entiende como una lucha diaria que nos puede llevar a incrementar nuestra calidad de vida (1).

La salud se considera algo relativo, dependiente de la persona y el momento que esta viva. Por ejemplo el rendimiento físico de una persona mayor será, en general, menor al de una persona joven, sin poder decir que eso constituye un proceso patológico, si no un proceso vital normal (1).

Estar sano individualmente va ligado a la salud del conjunto, y la prevención individual de la enfermedad está estrechamente ligada a los problemas ecológicos, sociales y económicos de toda la comunidad (1,3).

Teniendo en cuenta esta visión de la salud, se entiende que es necesario que las sociedades tengan capacidad de elegir y tomar decisiones respecto a la misma, ya que es el único modo de que las políticas sanitarias sean exitosas y para ello las poblaciones tienen que estar educadas en salud (3).

Valorando todos estos aspectos y basándose en su definición de salud, la OMS en 1978 estableció la estrategia de “Salud para Todos”, con la finalidad de reducir las enfermedades y minimizar la merma en la calidad de vida social y de producción económica de las personas (8).

Esto se concretó en objetivos que se marcaron en la Declaración de Alma-Ata (1979) (8) y en la Carta de Ottawa (1986) (7), donde se declara la salud como un derecho humano fundamental y se plantea que la promoción y protección de la salud comunitaria es fundamental para el desarrollo económico y social sostenido, mejorando la calidad de vida de las personas y contribuyendo a la paz mundial (4,7).

Para lograr estos objetivos se marcan cinco líneas de acción que son (7):

- Construir políticas de salud pública: legislación, medidas fiscales e impositivas y cambios organizativos para contribuir a la creación de bienes y servicios más saludables y seguros y un medio ambiente más limpio.
- Crear un medio ambiente sinérgico: la relación entre salud y medio ambiente realza la necesidad de cuidar de este para mantener la salud de la población. También los patrones de vida, como el trabajo y el ocio tienen un impacto significativo en la salud, por lo que el modo en el que estos se organizan en la sociedad influye en el bienestar general.
- Fortalecer la acción comunitaria: la selección de prioridades y la planificación de las estrategias a seguir a la hora de desarrollar un plan de salud debe estar en la propia comunidad. Para ello es necesario el acceso pleno y continuo a la información relativa a la salud y la oferta de aprendizaje acerca de la misma.
- Reorientar los servicios sanitarios: más allá de proporcionar servicios clínicos para curar las afecciones de los individuos, tienen que desarrollar una tarea de promoción de la salud y la prevención. También es necesario un mayor esfuerzo en investigación en salud que permita no solo desarrollar unos mejores tratamientos sino detectar posibles afecciones de manera

temprana tanto a nivel individual como colectivo y así poder gestionarlas de un modo más eficiente.

- **Desarrollar habilidades personales:** a nivel social y personal, mediante la información, educación para la salud y el desarrollo de habilidades saludables. En definitiva aumentar la posibilidad de la gente mediante el conocimiento de tomar el control sobre su propia salud, de manera que tengan la capacidad de tomar una mejor decisión en base a una mayor educación profiláctica. Esto se ha de facilitar en la escuela, el trabajo, en casa y en los locales de la comunidad.

En este marco, del desarrollo de las habilidades personales y el favorecer un estilo de vida saludable toma importancia el cuidado de los pies, como instrumento básico para desarrollar dichos campos, al estar su salud directamente relacionada con la posibilidad de desplazarse y de tener una mayor autonomía personal y por ende pasa a ser un factor clave en la prevención en gran parte de las enfermedades de mayor incidencia y prevalencia actual que, cada vez más, se asocian al estilo de vida.

1.2 . Salud podológica.

Las patologías de los pies son uno de los problemas sanitarios más habituales. El impacto que tienen en el estado de salud general es ahora aceptado como un componente importante en la evaluación de la salud de las personas (9).

Dichas patologías pueden tener muchos orígenes: muscular, óseo, articular, metabólico, vascular, neurológico o dérmico, contribuyendo a mermar la calidad de vida y la independencia de las personas que las sufren (6).

El grado de afectación puede llegar a tener consecuencias graves que redunden en la autonomía y la independencia personal de modo importante, por lo que la prevención es crucial para reducir estos resultados (6).

El podólogo, al ser el sanitario especializado en el pie, ejerce tres tipos de prevención respecto a la salud podológica. Una prevención primaria que tiene por objetivo evitar la aparición de enfermedades tanto generales como en el pie en particular, mediante la educación al paciente y el diagnóstico precoz de alteraciones secundarias en enfermedades base tales como la artritis reumatoide, la diabetes, la obesidad... Una prevención secundaria o de detección de la enfermedad en su inicio. Y una prevención terciaria destinada a minimizar las complicaciones debidas al desarrollo de una patología (28).

El aumento en la esperanza de vida ha supuesto un incremento de las enfermedades asociadas al estilo de vida (p. ej. cardiovasculares, neurológicas, reumáticas y endocrinas) que contribuyen a mermar el estado de salud del pie y por tanto afectando la calidad de vida y la autonomía (2,6).

Entre el 71-93% de la población general se ve afectada por problemas en los pies relacionados con la obesidad, la diabetes, la práctica de deporte, las alteraciones vasculares y/o un estilo de vida sedentario (9).

López y colaboradores (6), en un estudio cuantitativo con 200 personas que acudían a una clínica podológica, encontraron que la edad más común de personas que acuden al podólogo es de entre 41 y 60 años. La salud de los pies en relación con el deterioro de la calidad de vida era muy importante para el 75% de los pacientes entrevistados. Las principales causas de consulta son los procesos de tipo inflamatorio, dérmico y óseo, coincidiendo con la investigación de Bennett (10).

La mayoría de las personas encuestadas percibían como importante la figura del podólogo y acudirían a él en caso de enfermedad en los pies, pudiéndose afirmar que el podólogo estaría ejerciendo funciones importantes en atención primaria (6,9).

También se destaca la importancia de la investigación de las representaciones mentales que los pacientes tienen acerca de la enfermedad del pie, de los riesgos para la salud general y de la conexión del pie con el resto del organismo (6), y en este contexto, el uso de pruebas complementarias, tales como las pedigráficas, pueden facilitar la comprensión por parte de las personas no especializadas en salud, y más específicamente en salud del pie, del estado de salud-enfermedad de sus pies y auspiciar de ese modo una mejor conducta preventiva.

Otro estudio de López y colaboradores (11) con una muestra de 282 personas revela que las actitudes y las creencias acerca de la salud del pie de la gente se relacionan con la necesidad real de controles podológicos periódicos, ya que así mejoran y mantienen la salud de sus pies, lo que contribuye a la mejora de su estado de salud general y a evitar situaciones de dependencia.

Existen pocos estudios acerca de la prevalencia del dolor de pie en la población general, centrándose la mayoría en grupos poblacionales como gente mayor, ciertas patologías como la diabetes, artritis...

En un estudio de 2012 en A Coruña las patologías de mayor prevalencia en una muestra de 1002 personas, seleccionadas de manera aleatoria entre población de 40 o más años son: dedos en garra (69,7%), hallux valgus (HV) (38%) y hallux extensus, (15,8%). Además la prevalencia de patología podológica se incrementa con la edad, siendo la tasa de un 89,5,% en la muestra estudiada (29).

Hay un mayor porcentaje de mujeres con HV, aumenta con la edad y no se modifica con el índice de masa corporal (IMC) (29).

En la misma localización, y con una muestra de 839 participantes, tenemos un estudio de 2015 que también recoge la presencia de pie plano, encontrando una prevalencia de este del 26,2% y de un 40,4% para el HV (27).

Ya fuera de España, en 1990 se publicó la encuesta nacional de salud de los Estados Unidos, con un total de 119.631 personas entrevistadas, en la que se les preguntaba acerca de varios tópicos como la incidencia de patologías agudas, la prevalencia de patologías crónicas, lesiones durante el año anterior, limitación de la actividad debido a patologías crónicas y el uso de servicios médicos. Además, ese año, al cuerpo central de la encuesta se añadió un apartado especial dedicado a los problemas podológicos, de manera que a las patologías que ya cubría la encuesta (bunions, problemas ungueales, callos y durezas) se le añadieron preguntas relativas a infecciones (fúngicas y verrugas), pies planos, pie zambo, deformidades de los dedos (garra, martillo...), dedos amputados, lesiones del pie (esguinces, distensiones y fracturas) y artritis de los dedos. También se hicieron preguntas relativas a si las personas que sufrieron problemas en los pies buscaron atención especializada, a qué profesional acudieron o en el caso de no hacerlo el motivo. Los datos relativos a los problemas podológicos fueron desarrollados por Greenberg y Davis (30) en su artículo de 1993.

Los tres problemas más comunes fueron las uñas incarnadas, con un 4,6% de la población que las padeció en los últimos 12 meses, las infecciones (4,6%) y los callos y durezas (4,5%). En cuarto lugar aparecen las lesiones del pie (2,3%), después los pies planos (1,9%) y un poco por debajo los juanetes (1,8%), la artritis de los dedos (1,6%) y por último las deformidades de los dedos (1%)(30).

La tasa total de prevalencia de problemas podológicos en este estudio es de un 23,9%. En general las mujeres refirieron más patología podológica que los hombres y además tienen una tendencia a una mayor cronicidad. La incidencia de problemas podológicos decrece en proporción inversa a los ingresos (30).

La mayoría de las personas que tuvieron un problema podológico en el año anterior recibieron atención especializada, y este porcentaje aumenta de manera proporcional a los ingresos. El estudio pone de manifiesto la particular desprotección de la gente con menos recursos en cuanto al control de la salud podológica (y lo que ello conlleva), ya que aunque se encontró que la incidencia de patología podológica aumenta de manera inversamente proporcional a los ingresos, la atención especializada lo hace de manera proporcional a estos. Esto quizá se deba a que no existe atención especializada incluida en el Sistema Sanitario Público en la zona donde se realizó la encuesta, al igual que en la mayoría de países y es algo a tener en cuenta para afrontar los nuevos retos sanitarios en los países desarrollados en cuanto a alcanzar una reducción en la incidencia de patologías crónicas (30).

En un estudio de 2008, este en North West Adelaide, en Australia, examinaron a 3.206 personas seleccionadas de manera aleatoria y les preguntaron si tenían dolor o rigidez en uno o ambos pies de manera habitual, estudiando la relación de estos resultados con su calidad de vida medida con el "MOS 36-Item Short-Form Health Survey" o SF36, que es un formulario validado para ello (31). Encontraron que una

de cada cinco personas refiere dolor en el pie, con una prevalencia mayor en mujeres, mayores de 50 años y obesos. De las personas menores de 45 años, lo refirieron el 10% (12).

Aunque encontraron una fuerte relación lineal entre el dolor de pie y la edad (más probabilidad de dolor con mayor edad), esta relación se complica si se analizan las zonas de dolor por separado y siempre teniendo en cuenta que no se analizaron las causas clínicas de dicho dolor (el diagnóstico), por lo que las posibles razones de que se establezcan estos patrones no están esclarecidas. En su estudio, el dolor en los dedos y en el antepié se incrementa con la edad, mientras que en el arco y en el talón disminuyen. En el retropié la relación entre dolor y edad dibuja una campana inversa, o “U” mientras que en la zona de apoyo anterior (cabezas de los metatarsos) es similar en todos los grupos de edad (12).

Independientemente del origen del dolor, los resultados demostraron que los participantes que refirieron dolor de pie recabaron puntuaciones más bajas en el SF36, lo que supone que su calidad de vida es menor. Además, la diferencia de este estudio con otros anteriores es que el rango de edad es amplio y no se centra solo en personas mayores o patologías concretas. El estudio concluye que, pese a la poca atención que se le da en la literatura epidemiológica, el dolor de pie tiene una alta prevalencia, incluso en personas jóvenes. Y además tiene un impacto significativo en la calidad de vida relacionada con la salud, que se va incrementando con la edad (12).

En 1997-98 se llevó a cabo un amplio estudio en 15 países europeos (Austria, Bélgica, República Checa, Alemania, Grecia, Hungría, Italia, Luxemburgo, Holanda, Polonia, Rusia, Eslovenia, Suecia, Suiza y Reino Unido), en Israel y Sudáfrica. Se denominó Proyecto Aquiles y reclutó una muestra de 76.475 pacientes, a los que se les practicó una exploración podológica. Es el estudio europeo con la muestra más amplia que proporciona información acerca de la calidad de vida relacionada con la salud de los pies. A aquellos pacientes a los que se les encontró patología podológica se les hizo unas preguntas para determinar el efecto de las mismas en su calidad de vida. En concreto se les preguntó si su problema les causaba dolor, disconfort al caminar, complejo y/o limitación en las actividades diarias. Algo más de la mitad de las personas examinadas (57%) presentaban alguna patología podológica. De estos, algo más de la mitad (52,5%) tenían su calidad de vida afectada por su problema podológico, respondiendo que esta estaba reducida por dolor el 30,7%, por disconfort al caminar el 40,3%, por limitaciones en las actividades diarias 19,6% y por acomplejamiento el 27,3%. Además, un 7% tenían los cuatro dominios estudiados de calidad de vida afectados. Se encontró que la asociación entre los tres primeros dominios era alta, mientras que para el último dominio era mucho menor (13).

Como otros estudios, también este refleja una mayor problemática podológica en mujeres que en hombres y en personas mayores. Además concluye que un mayor porcentaje de mujeres que de hombres se acomplejan por su problema podológico (13).

También se ve más afectada la calidad de vida en aquellas personas que tenían los factores predisponentes para la patología podológica estudiados (diabetes, obesidad, uso de antibióticos orales, uso de corticoides sistémicos, inmunosupresión, enfermedad vascular, trauma, patología osteoarticular) (13).

En otra encuesta, la de discapacidad y dolor de pie de Cheshire (2004), en Reino Unido, con respuestas de 3.417 personas, encontraron que el 63% referían algún tipo de alteración podológica y que el 10% tenían dolor discapacitante de pie. Como en otros estudios, la ocurrencia de dicho dolor es mayor en mujeres que en hombres. De entre las personas que refirieron dolor discapacitante de pie, el 80% además referían problemas para caminar y solo un tercio recibían atención podológica (32).

En el Framingham Foot Study (2013) acerca del dolor de pie y las limitaciones en personas mayores (media de 71 años) no institucionalizados, encontraron una alta prevalencia de dolor de pie con una tasa de un 19% para los hombres y de un 25% para las mujeres. Además en ambos se encontraba una fuerte asociación con la limitación de la movilidad. La muestra del estudio es de un tamaño grande, con 1.544 participantes y los resultados mantienen su significación tras ajustar según la edad, la obesidad, el uso de tabaco y los síntomas de depresión, por lo que estos resultados arrojan la necesidad de valorar y manejar el dolor de pie en las personas mayores con riesgo de limitación de movilidad (14).

Muchos otros estudios exploran de forma mas concreta la prevalencia de determinadas patologías o de problemas podológicos en grupos poblacionales restringidos pero, en general, la presencia de enfermedades de los pies es alta y sus consecuencias en la movilidad y lo que ello conlleva para la salud, no solo de los pies, si no ya sistémica, puede ser grave, por lo que este grupo de problemas merece la atención que hoy día se le comienza a prestar para intentar reducir la morbilidad derivada de su aparición y empeoramiento, por falta de un manejo temprano y adecuado.

1.3 . Desarrollo de los arcos del pie.

El proceso de desarrollo en el que el pie adquiere la estructura única de los humanos se sitúa entre los treinta y los sesenta días desde la concepción, entre el período embrionario y el fetal. Esto es la migración del calcáneo bajo el astrágalo, lo que permite la pérdida del equinismo (33).

Los niños con un desarrollo normal nacen con pies planos flexibles, desarrollando el arco longitudinal a medida que crecen, durante aproximadamente la primera década de sus vidas (33,34), aunque no existe consenso acerca de los parámetros de normalidad cronológicos de dicha evolución, ni tampoco de cuando el arco cesa de madurar adquiriendo una estructura adulta (34).

La posición más común en el nacimiento es la de un calcáneo valgo sin presencia del arco del pie (33,35).

Entre los doce y los dieciocho meses se inicia la deambulaci3n, y sigue sin apreciarse una presencia externa del arco, ya que esta zona est1 cubierta por tejido adiposo, que se ir1 redistribuyendo a medida que el ni1o crece. Entre los dos o tres a1os de edad se comienza a dibujar externamente el arco interno, aunque este es naturalmente bajo, en comparaci3n con el de los adultos con un pie normal (35).

Los resultados del estudio de Forriol y Pascual en Espa1a empleando el 1ndice de Chippaux-Smirak para valorar ni1os entre 3 y 17 a1os, sugieren que el arco alcanza la estructura que mantendr1 en la etapa adulta sobre los 8 a1os, siendo a esta edad comparativamente m1s bajos en ni1as que en ni1os (36). Empleando el 1ngulo de Clarke, la progresi3n desde el pie plano infantil al pie adulto normal se da tambi3n sobre la misma edad, coincidiendo con valores aportados por estudios realizados en Polonia, Australia, Alemania y Grecia (34,36).

Tambi3n realizado en Espa1a, el estudio de Gij3n y colaboradores (37) empleando el Foot Posture Index (FPI) para valorar ni1os entre 6 y 11 a1os establece un valor medio de 4 puntos tanto para ni1os como para ni1as de 6 a1os, valor que cae hasta los 3 puntos para ni1os de 11 a1os. Ambos valores se consideran dentro del pie normal (el corte para pie pronado se sit1a en 5), pero esta ca1da, aunque leve, representa una tendencia hacia una posici3n m1s supinada y por tanto un incremento del arco con la edad en ni1os.

Advirtiendo la altura normal del arco en desarrollo en la etapa infantil, la descripción del pie durante dicho proceso como plano carece de sentido y dificulta la diferenciación con un pie plano infantil patológico. Así pues no debería compararse la altura proporcional del arco de un pie maduro con la de un pie en desarrollo ya que esta es más baja de manera normal. El pie plano fisiológico infantil debería categorizarse pues como pie normal en desarrollo (34).

La finalización del desarrollo del arco, es decir, cuando este termina de incrementar en altura, se evalúa en la literatura de tres formas principales: finalización del crecimiento, cierre de las epífisis de crecimiento y estabilización de la postura . La finalización del crecimiento longitudinal se da sobre los 15 años en niños y sobre los 14 en niñas. El cierre de epífisis se supone completo alrededor de los 16 años. La estabilización de la postura es esperable en torno a los 10 años, con cambios más lentos desde los 6 (34).

El mantenimiento del arco del pie depende del correcto desarrollo de los ligamentos y de los huesos y articulaciones del tarso más que de la acción muscular (35), ya que se ha demostrado mediante estudios electromiográficos que la actividad muscular en bipedestación es prácticamente nula (35,38).

1.4 . Anatomía y biomecánica de los arcos del pie.

Con fines didácticos, el pie se divide en tres unidades anotomo-funcionales:

El retropié, formado por astrágalo y calcáneo y su articulación subastragalina, el mediopié, que lo conforman escafoides, cuboides y las tres cuñas, con sus respectivas articulaciones y el antepié, formado por los cinco metatarsianos y las falanges de los dedos.

La disposición de los huesos forma una bóveda en la parte media del pie, que le confiere al mismo gran resistencia frente a las fuerzas a las que se ve sometido.

Esta bóveda decrece hacia proximal (calcáneo) y distal (cabeza de los metatarsianos) y de la zona medial hacia la lateral, ya que el ángulo de inclinación de los metatarsianos es cada vez menor en ese sentido. Este ángulo se conoce como ángulo de Fick en una radiografía lateral del pie y tiene los siguientes valores normales para cada uno de los metatarsianos: primer metatarsiano 18-25°, segundo 15°, tercero 10°, cuarto 8°, quinto 5° (35,36).

Clásicamente se establecen tres puntos de apoyo del arco, como se observa en la Figura 1, que forman entre si un triángulo: el calcáneo, la cabeza del primer metatarsiano y la cabeza del quinto metatarsiano, cuyo contacto con el suelo da lugar a la huella plantar.

Entre los tres puntos se forman tres arcos: el arco longitudinal interno (ALI), el arco longitudinal externo (ALE) y el arco transverso (41).

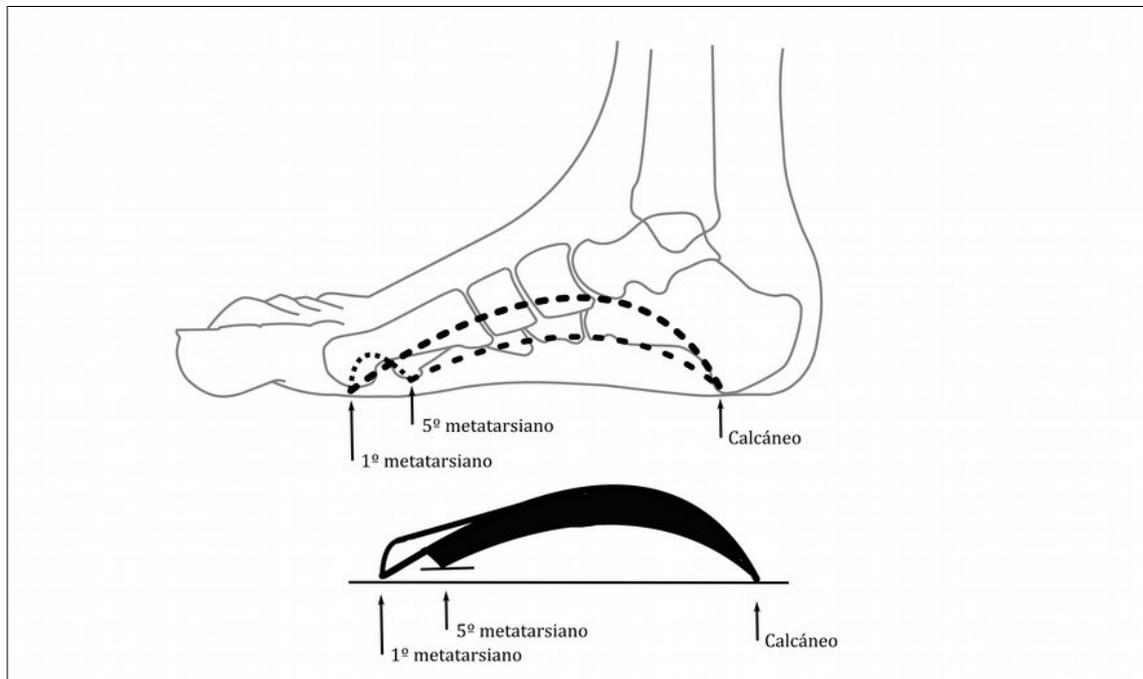


Figura 1. Arcos del pie. Fuente propia.

Actualmente se considera que el arco transverso en carga solo está presente en el mediopié, formando la bóveda que existe entre ambos arcos longitudinales, ya que en su extremo distal desaparece al contactar contra el suelo y soportar carga todas las cabezas metatarsales (33).

El ALI está conformado por varios huesos, siendo estos de proximal a distal el calcáneo, el astrágalo, el escafoide, la primera cuña y los metatarsianos primero, segundo y tercero, pudiéndose añadir a dicho conjunto los huesos sesamoideos de la cabeza del primer metatarsiano, cuya función es estabilizar dicho hueso y mejorar el momento articular para los tendones que en ellos se insertan (33,41).

Un arco arquitectónico, es capaz de sostenerse por si mismo debido a que las piezas que lo conforman, denominadas dovelas, están acuñadas cambiando la orientación de las fuerzas verticales de modo que generen una mayor estabilidad en la estructura en vez de derrumbarla. Para que esto sea posible, es necesario la existencia de una pieza central que se sitúa en la parte más alta del arco y que se encarga de distribuir el peso que recibe hacia ambas columnas laterales (42). El astrágalo es el hueso encargado de dirigir y distribuir las fuerzas provenientes de antepié y talón hacia la pierna y viceversa (41,43).

El ALE está conformado por los siguientes huesos de proximal a distal: calcáneo, cuboides y los metatarsianos cuarto y quinto. Dependiendo de la altura del arco, el quinto metatarsiano, puede contactar solo en la cabeza o también por su base (33). El ALE, es más bajo que el ALI y mucho más rígido debido en parte a su propia conformación y a la gran potencia del ligamento calcaneo-cuboideo plantar, que impide la distensión hacia plantar de las articulaciones calcaneo-cuboidea y cuboideo-metatarsiana bajo las fuerzas generadas por la masa y el movimiento del cuerpo (41,43).

Cuando se aplica una carga vertical a un arco este sufre una fuerza compresiva en la zona superior o convexa de la estructura y una fuerza distensiva en la parte inferior o cóncava de la misma. Si el arco está formado por varios segmentos, como es el caso del pie, esto redundará en una tendencia a la compresión en la parte dorsal de las articulaciones que conforman los arcos y una tendencia a la distensión en la

parte plantar, por lo que las articulaciones en esta zona están reforzadas con potentes ligamentos que impiden dicha distensión. Además, las estructuras plantares, principalmente la fascia plantar también impiden su colapso (33).

La estructura del hueso lo hace un material excelente para resistir las fuerzas de carga compresivas y además para resistir las fuerzas de doblado y torsión (44). Las trabéculas óseas se orientan de modo que el esqueleto del pie distribuye la tensión mecánica, ya que estas implican un refuerzo para resistir mejor las fuerzas resultantes del ortostatismo y la deambulación. Desde la zona distal de la tibia se originan dos sistemas trabeculares, como se aprecia en la Figura 2. Uno parte de la parte posterior de la tibia, es cóncavo en su parte anterior y se dirige hacia proximal, en sentido descendente anterior, cruzando astrágalo, escafoides, cuñas, base y los tres metatarsianos mediales. Desde la zona anterior de la tibia, las trabéculas son cóncavas hacia posterior y se dirigen hacia plantar y posterior, atravesando astrágalo y calcáneo hacia las respectivas tuberosidades del mismo para cada uno de los arcos terminando en una disposición parecida a un abanico (41,43).

En el calcáneo se pueden distinguir cuatro sistemas trabeculares más. Una zona posterior muy densa que se corresponde con la inserción del tendón de Aquiles. El sistema calcáneo anterior, que se extiende muy vertical en su parte proximal desde el seno del tarso hacia plantar y en su parte más distal por el aspecto superior del cuboides. El sistema calcáneo posterior que discurre desde la zona dorsal posterior

del calcáneo, con concavidad anterior, hasta el aspecto plantar del mismo. Por último el sistema calcáneo plantar, que se origina en la zona plantar del calcáneo y discurre, con concavidad plantar, cruzando el cuboides y los metatarsianos cuarto y quinto (33).

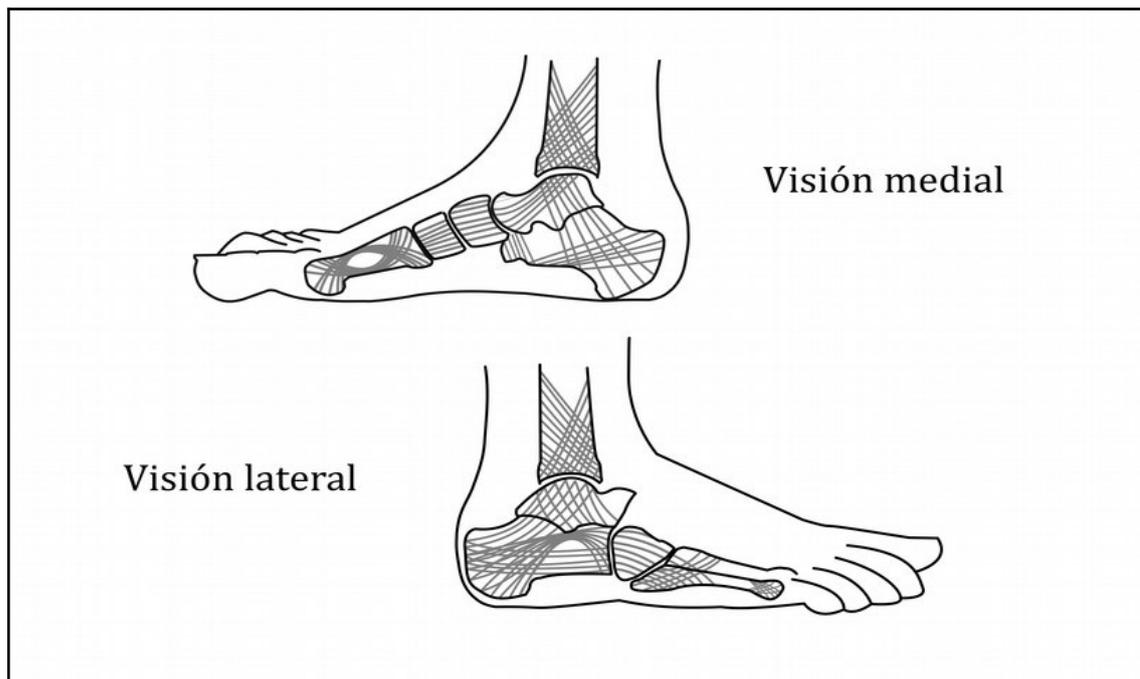


Figura 2. Sistemas trabeculares de los huesos del pie. Fuente propia.

Los cuatro sistemas trabeculares mayores excluyen una zona con cierta forma triangular, justo bajo el ángulo lateral del seno del tarso. Debido a esta ausencia de trabéculas y a que forma una pseudo-cavidad medular constituye el punto más débil del hueso (33).

La deformación que sufre el pie en bipedestación, bajo cargas fisiológicas esta muy estudiada. Se traduce en un aumento de la longitud y un descenso de la altura del arco proporcional a la carga aplicada (38,41,45-49).

Para que el arco no ceda ante las fuerzas deformantes y termine aplanándose en exceso o colapsando existen en el cuerpo varios mecanismos, tanto activos como pasivos que se encargan de evitar que esto ocurra.

El elemento más superficial encargado de mantener la estructura del arco longitudinal es la fascia plantar (38,44–47), que se extiende desde el tubérculo medial del calcáneo hasta la base de las falanges proximales. En la zona distal, la fascia se divide en cinco procesos, uno para cada dedo, que se insertan conjuntamente con los tendones y la cápsula articular, mediante septos verticales, en una zona reforzada y engrosada que discurre bajo la cabeza de los metatarsianos y se inserta en el aspecto plantar de la base de las falanges proximales. Esta estructura se denomina placa flexora y tiene una gran resistencia mecánica (33,45).

La fascia actúa como un elemento pasivo, independiente por tanto del sistema nervioso central, capaz de incrementar o disminuir su tensión y por ende la rigidez del arco dependiendo de las fuerzas reactivas del suelo aplicadas al pie tal y como aparece en la Figura 3 (44,45). El incremento de las fuerzas reactivas en el antepié implica un incremento de la tensión de la fascia, la rigidez del arco, la tensión en el tendón de Aquiles y las fuerzas compresivas de la tibia sobre el astrágalo (44,45).

En estudios con piezas cadavéricas Hicks (45), en su trabajo clásico de 1954, estimó que la fascia tiene la capacidad de soportar entre 1,7 y 3,4 veces el peso del cuerpo antes de romperse.

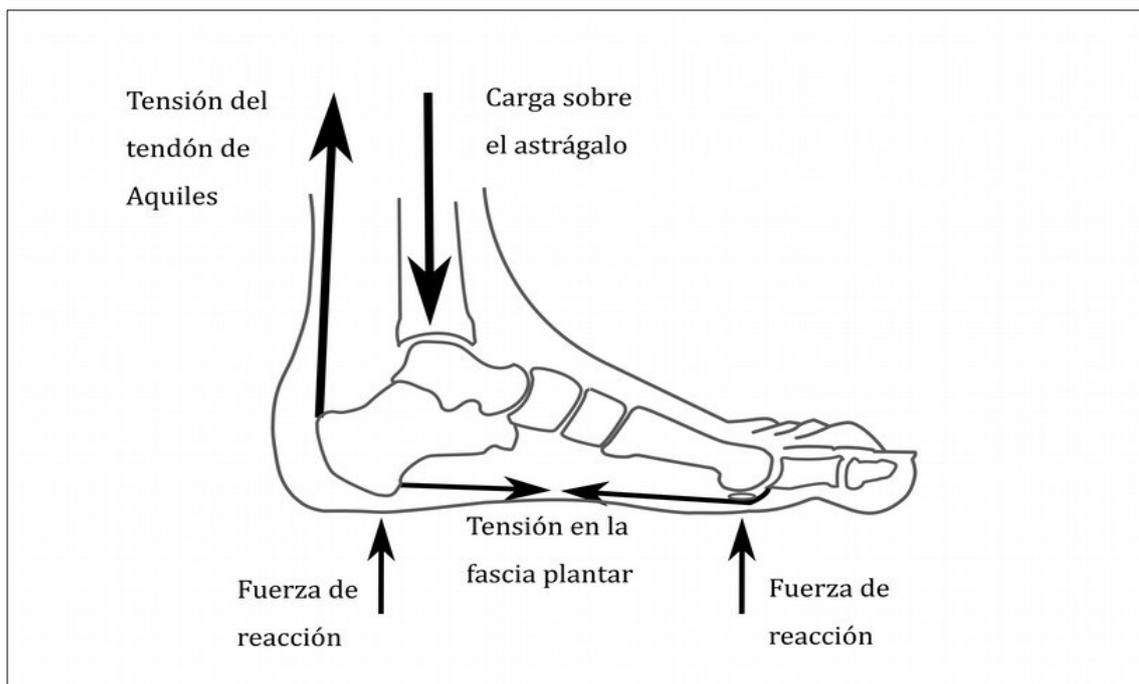


Figura 3. Tensión en la fascia plantar. Fuente propia.

En ese mismo trabajo se describió por primera vez lo que él llamó el “mecanismo de windlass”, que consiste en el aumento de la tensión en la fascia plantar en condiciones de carga mediante la dorsiflexión del hallux, como se representa en la Figura 4. Es un mecanismo independiente de la acción muscular que al activarse provoca un aumento en la altura del arco longitudinal, supinación del calcáneo y rotación externa de la pierna. Tras analizar el mecanismo en especímenes de cadáver, describió como al dorsiflexionar los dedos, al estar la inserción de la aponeurosis plantar en la base de la falange de los mismos, la placa flexora se desplaza anterior y dorsalmente sobre la cabeza del metatarsiano correspondiente, como un cable siendo enrollado en un torno (“windlass”), aumentando la tensión en la fascia y tirando de su zona de inserción proximal, el calcáneo, produciendo que este se acerque hacia la cabeza de los metatarsianos y, mediante mecanismos compensatorios pasivos, incrementando la altura del arco (45).

Este efecto se da en cada uno de los dedos del pie, pero es mucho más evidente en el primer radio debido a que el diámetro del “torno” se ve incrementado por la presencia de los sesamoideos (33).

Además, debido a la existencia de expansiones verticales de la fascia que se insertan en la dermis, la flexión de los dedos también provoca un incremento en la tensión en la piel por lo que en la fase de propulsión de la marcha, la firmeza imprimida a la piel mejora su capacidad para resistir las fuerzas de cizalla que producen la aceleración, deceleración y los cambios de dirección de la marcha. Esa conexión de la fascia desde los tejidos superficiales a los profundos consigue que en esos momentos las fuerzas que actúan sobre la piel se transmitan en parte al tejido conectivo y al propio esqueleto (33).

El mecanismo se produce cada vez que se da un paso. En el período de propulsión, tras el despegue de talón, los dedos comienzan a dorsiflexionarse, lo que progresivamente va dando lugar al mecanismo de windlass (44,45).

Se ha estimado que de media el “acortamiento” o desplazamiento de la fascia plantar es de 15mm para el primer dedo y de 8mm para el tercero (33).

El mecanismo de windlass también trabaja en el sentido inverso, ya que al aplicar una carga progresiva sobre el pie, la fascia plantar se tensiona resistiendo el colapso del arco y provocando una plantaflexión en los dedos (45).

Esto indica que no todo el movimiento en flexión plantar de los dedos se debe a una acción muscular, si no que este puede darse de manera pasiva por la acción de la aponeurosis plantar y que esta es responsable, al menos en parte, de la acción de agarre y estabilización de los dedos contra el suelo en carga (45).

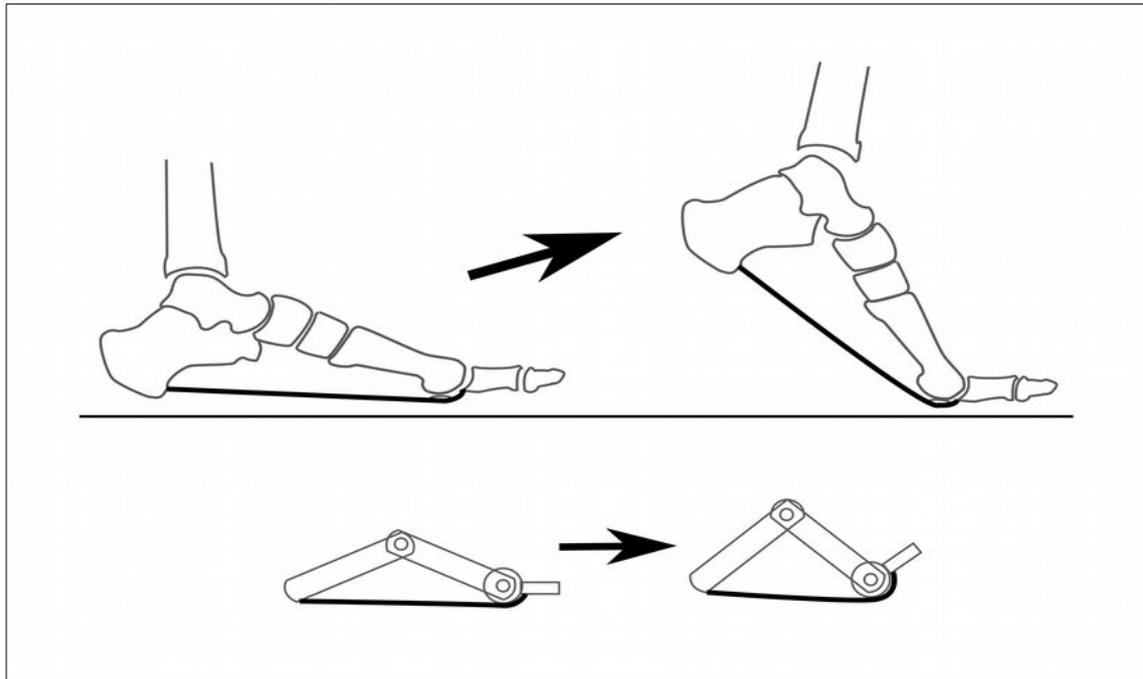


Figura 4. Activación del mecanismo de "windlass". Fuente propia.

Justamente dorsal a la fascia plantar se encuentra la siguiente estructura que participa en el mantenimiento del arco longitudinal: los músculos plantares intrínsecos, que se pueden observar en la Figura 5. Estos son elementos activos, controlados por el sistema nervioso central. Los más importantes en el control del aplanamiento del arco son, según un estudio reciente, el abductor del primer dedo, el flexor corto de los dedos, el abductor del quinto dedo y el cuadrado plantar (44,48,49).

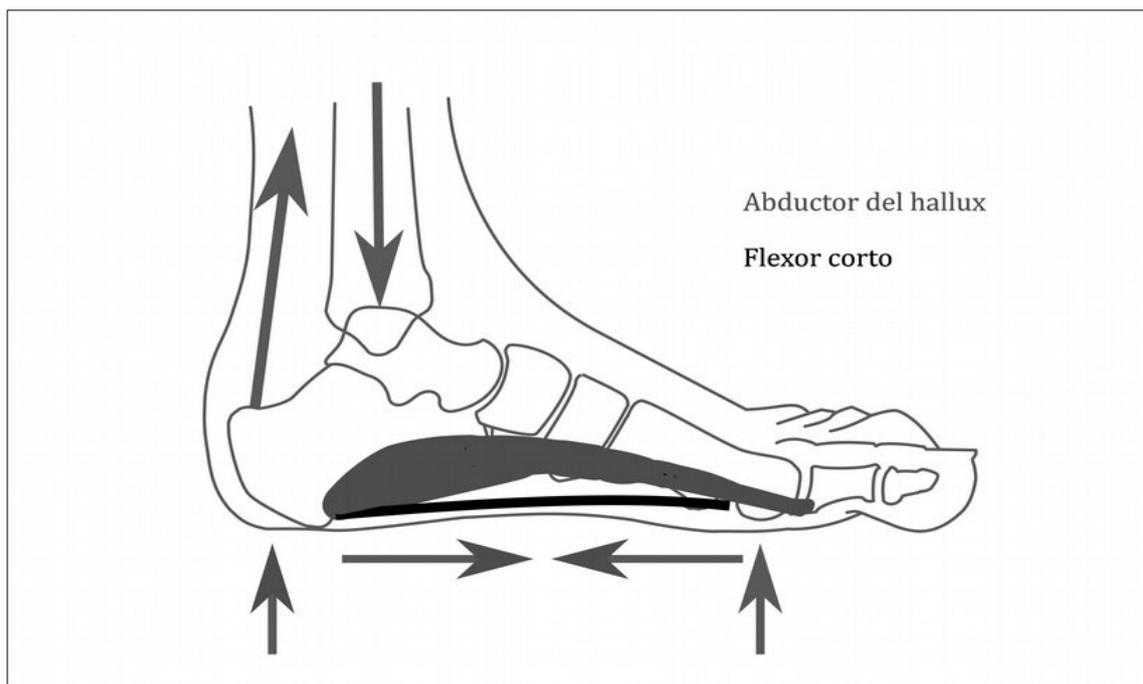


Figura 5. Algunos elementos activos encargados de mantener la estructura del arco.
Fuente propia.

El abductor del primer dedo se origina en el tuberosidad medial del calcáneo y tiene un vientre muscular que conforma la zona medial del arco del pie y se inserta en el sesamoideo medial y en la base de la falange proximal del hallux (33).

El flexor corto de los dedos se origina en las tuberosidades calcáneas encontrándose embutido entre el origen de la fascia, el abductor del hallux y el aductor del quinto dedo. En su tercio proximal está firmemente adherido por su cara plantar a la fascia. Hacia la mitad del pie se divide en cuatro partes tendinosas que pasan junto con los tendones del flexor largo y plantares a ellos por el túnel osteofibroso que forman los septos perpendiculares de la fascia plantar a la altura de las metatarsfalángicas. Después se dividen en dos secciones cada uno, que se insertan en los laterales de la base de las falanges medias, permitiendo que el tendón del flexor largo las atraviese para continuar hasta la falange distal (33).

El abductor del quinto dedo se origina en la tuberosidad postero-lateral del calcáneo y se inserta en la placa flexora de la articulación metatarsofalángica y en la base de la falange proximal del dedo. Es el músculo del lateral del pie (33).

El cuadrado plantar de Silvio o accesorio del flexor, es un músculo trapezoidal con dos cabezas. La lateral tiene un origen tendinoso en la tuberosidad postero-lateral del calcáneo y en el ligamento calcaneo-cuboideo. La medial se origina en la parte baja del canal calcáneo. Las fibras más mediales de esta cabeza forman un tendón que se inserta en el tendón común del flexor largo de los dedos, mientras que las fibras laterales se unen a la cabeza lateral del cuadrado plantar y se insertan en los tendones segmentados del flexor largo (33).

Kelly y colaboradores (48,49) demostraron, mediante la aplicación de estímulos eléctricos para provocar contracciones musculares selectivas en especímenes in vivo a los que sometieron a cargas progresivas, que el adductor del hallux, el flexor corto de los dedos y el cuadrado plantar tienen la capacidad individual de atenuar, e incluso revertir, el aplanamiento del arco, siendo el adductor del hallux el que consigue un mayor grado de desplazamiento de los distintos segmentos.

También comprobaron mediante electromiografía que mientras la carga fuese baja no había actividad electromiográfica en estos músculos, pero que se activaba a medida que la tensión en los tendones se iba incrementando. Sin embargo, con las cargas mas altas tanto la deformación del pie como el estiramiento muscular se

estancaban, mientras que la actividad muscular todavía se incrementaba. De este comportamiento se desprende que los músculos intrínsecos posiblemente actúen como refuerzo del trabajo que la fascia plantar realiza para contrarrestar el aplanamiento del arco longitudinal cuando la carga que recibe el pie pasa de cierto umbral y que posiblemente contribuyan a la rigidez del pie necesaria para establecer un punto de apoyo y un brazo de palanca eficiente para el desplazamiento humano y, a la vez, controlen una relajación activa del arco que permita el ajuste de la rigidez necesaria para adaptarse al terreno (48,49).

En este mismo sentido, se ha encontrado, también mediante electromiografía, que en general los músculos intrínsecos muestran mayor actividad al correr que al caminar, posiblemente por el incremento de carga que supone un desplazamiento a mayor velocidad y por que la necesidad de control de la estabilidad es mayor en apoyo unipodal. Esta última observación se ve apoyada por el hecho de que los animales cuadrúpedos presentan músculos intrínsecos rudimentarios en sus pies (50).

Otros elementos activos, encargados de mantener la estructura del arco longitudinal son los músculos extrínsecos, siendo el tibial posterior el que mayor influencia tiene en el mantenimiento postural tanto en dinámica como en estática (44), siendo bien conocidos los efectos que su disfunción provoca en la estructura del pie: aplanamiento y valgismo de talón que no se recupera en dinámica. La inserción de su tendón en la tuberosidad del escafoides y cara plantar de cuñas,

cuboides y bases metatarsales provoca con su contracción la elevación del arco interno (ver Figura 6) (44).

Su origen esta en la membrana interósea entre tibia y peroné, en la cara posterior de la pierna. Discurre por un plano profundo y forma un tendón que cambia su orientación al pasar por detrás del maléolo tibial y cruzar por el túnel tarsiano hacia el escafoides y la planta del pie (33).

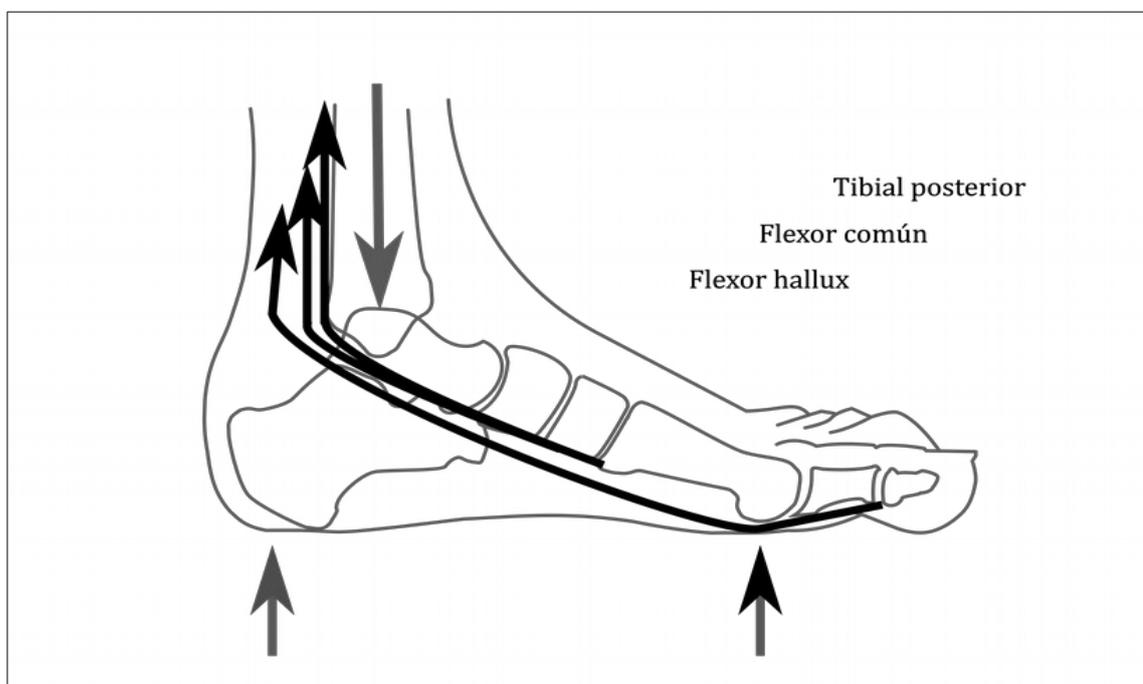


Figura 6. Algunos elementos activos encargados de mantener el arco (2).
Fuente propia.

Por último, la capa más profunda dedicada al mantenimiento de los arcos del pie son los ligamentos plantares, que vuelven a ser estructuras pasivas, que se tensionan para resistir el aplanamiento del arco más allá de un límite dado por la propia longitud de dichas estructuras y que lo hacen de modo sinérgico con la fascia plantar (ver Figura 7) (44).

En 1986 Ker y colaboradores (46) demostraron la importancia para mantener la conformación del arco del ligamento plantar largo, el ligamento plantar corto y el ligamento de spring además de la de la fascia plantar. Para ello realizaron secciones sucesivas (de superficial a profundo) en piezas anatómicas frescas.

El ligamento plantar largo y el ligamento plantar corto forman parte del ligamento calcaneo-cuboideo inferior que es un ligamento grueso y potente orientado longitudinalmente. El ligamento plantar largo o calcaneo-cuboideo superficial se origina entre las tuberosidades posteriores del calcáneo y la anterior. Sus fibras profundas se insertan en la cresta oblicua del cuboides y sus fibras superficiales, que son mucho más finas, se dividen en cuatro insertándose cada una en la base de los metatarsianos de segundo a quinto. El ligamento plantar corto o calcaneo-cuboideo profundo se origina en la tuberosidad anterior del calcáneo y se abre en abanico hacia adelante insertándose en la superficie triangular posterior a la cresta del cuboides (33).

El ligamento calcaneo-navicular, también conocido como ligamento de spring. Tiene una forma trapezoidal y da soporte a la cabeza del astrágalo en su parte inferior medial, donde no existe una superficie articular que lo contenga. Se origina en el borde anterior del sustentáculum tali del calcáneo y se extiende hacia adelante, abriéndose en abanico para insertarse en la parte inferior del escafoides. Es uno de los estabilizadores pasivos más importantes del arco interno(33).

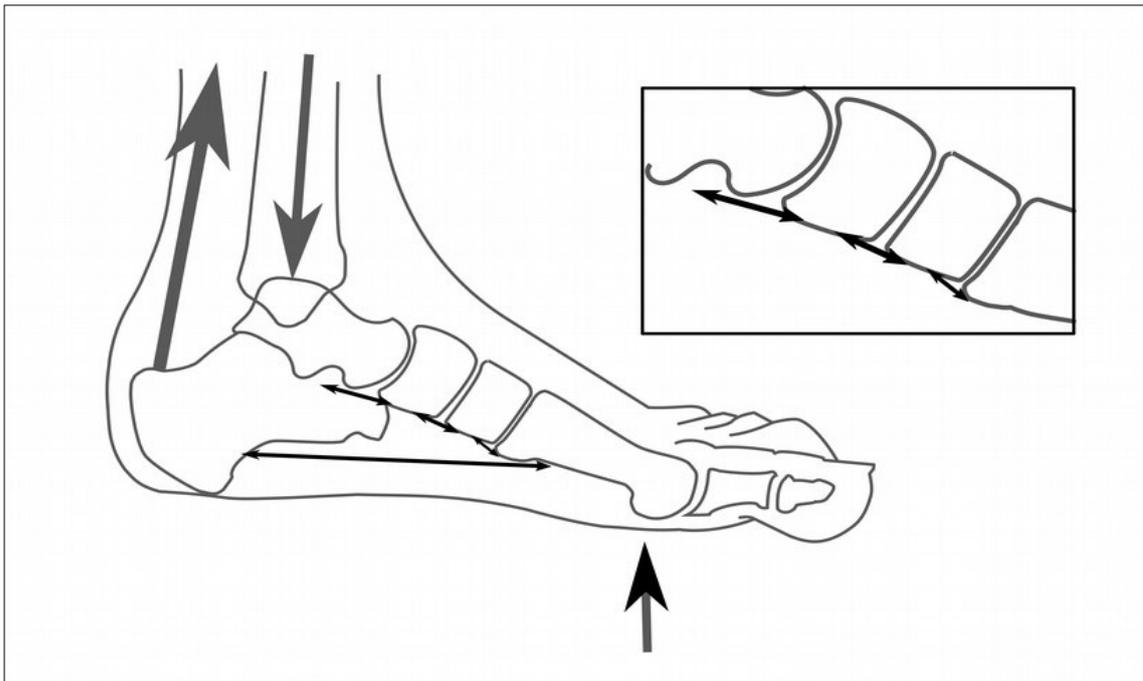


Figura 7. Elementos pasivos encargados de mantener el arco. Fuente propia.

Se considera que en posición de bipedestación, inmóvil y erguida, la carga se reparte al 50% entre antepié y retropié .

El efecto de la carga sobre los arcos resulta en la deformación de los mismos, siendo esta más acusada en el arco interno. El calcáneo se proná debajo del astrágalo, abduciendo su extremo proximal y desplazándolo hacia dorsal, mientras que el astrágalo se adduce y plantaflexiona. En la articulación astrágalo-escafoidea se produce una abducción del escafoides respecto al astrágalo, que arrastra al antepié situando el centro de gravedad en una localización medializada, que puede llegar a estar por dentro del primer metatarsiano. este desplazamiento de la carga hacia dentro, más que el aplanamiento del arco en si mismo, es lo que produce un pie mecánicamente ineficiente (35).

Los encargados de mantener la conformación del arco son los ligamentos y los músculos. La estabilidad estática, o el límite de movimiento de los arcos está marcado por los ligamentos, mientras que la estabilidad dinámica la generan los músculos proporcionando resistencia y movimiento. Para mantener la altura fisiológica de los arcos es necesario que exista un equilibrio entre las fuerzas eversoras y las inversoras.

En 1993 Huang y colaboradores (51) valoraron cuales son los elementos que proporcionan mayor estabilidad al arco longitudinal en 12 piezas de cadáver frescas, a las que aplicaron diferentes fuerzas compresivas tras la sección en seis diferentes secuencias de la fascia plantar, los ligamentos plantares y el ligamento de spring. Midieron y compararon la altura y la longitud del arco interno, así como la relación del desplazamiento vertical con tres diferentes fuerzas compresivas a nivel de la tibia: 230N, 460N y 690N. Encontraron que la importancia del desplazamiento vertical no dependía de la secuencia en la que se fueron cortando los elementos, si no de la estructura cortada, siendo la que provocaba una mayor caída del arco la fascia plantar seguida por los ligamentos plantares y por el ligamento de Spring de último. Tampoco la edad del espécimen ni la fuerza aplicada variaban el orden de importancia de las estructuras para proporcionar estabilidad al arco. Así calcularon que la rigidez del pie intacto disminuía un 25% tras cortar la fascia plantar, un 10% al cortar los ligamentos plantares y un 2% tras cortar el ligamento de spring. Respecto a la altura del arco, encontraron que caía una media de $5,8 \pm 2,0\%$, $1,7 \pm 0,4\%$ y un $1,1 \pm 0,4\%$ tras cortar la fascia plantar, los ligamentos plantares y el

ligamento de spring respectivamente. De todos modos, aún cortando estas tres estructuras totalmente, los autores del estudio apreciaron una rigidez residual del arco del 63% y que la altura del mismo no cae totalmente, concluyendo que otras estructuras deben contribuir a su mantenimiento.

También Murphy y colaboradores (47) en 1998 comprobaron en cadáver mediante radiografías que al cortar un tercio de la fascia el ALI caía un 18% ($2,78 \pm 1,94$ mm medidos en el escafoides) y el ALE un 8% ($1,19 \pm 0,56$ mm, medido en el cuboides) y si la cortaban totalmente, el ALI caía un 29% ($4,5 \pm 1,73$ mm) y el ALE un 18% ($2,57 \pm 0,58$ mm). Además, con marcadores situados en la cabeza del primer metatarsiano y en la tuberosidad calcánea encontraron que al cortar totalmente la fascia el ALI se alargaba $2,2 \pm 0,94$ mm y el ALE $1,47 \pm 0,75$ mm.

Los músculos que clásicamente se consideran como mantenedores dinámicos del ALI son el tibial posterior, el peroneo lateral largo y el flexor del primer dedo. Sin embargo en 1998 Sharkey, Ferris y Donahue (38) no encontraron evidencia de dicha acción, excepto para el tibial posterior. Investigaron la capacidad para mantener la altura del arco del pie en dinámica de la fascia plantar, el tibial posterior, los músculos peroneos y el flexor común de los dedos en siete especímenes frescos de cadáver. Para ello emplearon un dispositivo especial, que les permitía simular las cargas y tensiones musculares desarrolladas durante la fase de apoyo de la marcha. Cada espécimen se evaluó biomecánicamente bajo diferentes tensiones musculares y tras ir incrementando la fasciotomía plantar.

Encontraron que la tensión requerida en el tendón de Aquiles para alcanzar la fuerza de reacción normal en el momento previo al despegue de los dedos, se reducía significativamente tras la fasciotomía completa, mientras que las diferentes tensiones en otros músculos, no fueron significativamente diferentes. La altura del arco, solo se vio influida significativamente por la fasciotomía completa, manteniéndose en el resto de casos igual que bajo la carga en condiciones normales, tanto para el despegue de talón, como para el momento previo al despegue de dedos. La longitud del ALI se incrementó significativamente para los dos momentos estudiados al eliminar la acción del tibial posterior y con la fasciotomía completa, mientras que se incrementó exclusivamente en el momento previo al despegue de los dedos al accionar el gastrocnemio en exclusiva y al seccionar la mitad de la fascia. La longitud del ALE, sin embargo, solo se vio significativamente incrementada con la fasciotomía total y en exclusiva para el momento previo del despegue de dedos. La pérdida de altura del arco y el incremento de longitud del mismo tras la fasciotomía completa es mucho más marcada en el momento previo del despegue de los dedos, lo que posiblemente este relacionado con el mecanismo de Windlass y el incremento de tensión en la fascia cuando el periodo propulsivo progresa hacia el despegue de los dedos. El mismo incremento de actividad para mantener la altura del arco a medida que el periodo propulsivo progresa se observa también para el tibial posterior pero, sin embargo, tras la fasciotomía completa no es capaz de mantener la estructura del arco. El resto de músculos no demostraron ninguna capacidad para mantener el arco.

En 1992 Nachbauer y Nigg (52) estudiaron el comportamiento biomecánico de pies con diferentes alturas de los arcos al correr. Para ello utilizaron un sistema de video análisis en 3D, y una plataforma de fuerzas. Encontraron que la altura del arco no influye ni en la máxima eversión, ni en la rotación interna máxima de la pierna al correr. Sin embargo, si encontraron una asociación significativa en que la cantidad de rotación interna que transfieren a la pierna los pies con arcos altos es mayor que la que transmiten los pies planos, por lo que este mecanismo podría influir en la mayor incidencia de dolor anterior de rodilla que tienen los individuos con pies cavos. Aún así, esta asociación solo explicaba el 27% de la variación, por lo que existen otros factores sin identificar que también influyen en ese incremento de transferencia del movimiento.

En 2001 Williams, McClay, Hamill y Buchanan (53) investigaron las diferencias funcionales del miembro inferior entre corredores con arcos bajos y corredores con arcos altos extremos. Para ello analizaron a veinte individuos con arcos altos y a otros veinte con arcos bajos. Encontraron que los corredores con arcos bajos tenían un mayor rango y velocidad de eversión de retropié, así como una ratio eversión/rotación interna tibial también mayor, lo que puede influir en los mecanismos lesivos en cada tipo de pie.

En 2006 Zifchock y colaboradores (54) estudiaron la deformación que sufre el arco al pasar de sedestación a bipedestación. Para ello emplearon el índice de la altura del arco para medir la la variación de altura entre el pie sentado y el pie soportando

el peso del cuerpo en bipedestación. Con el fin de que el suelo no limitase la capacidad de deformación del pie, apoyaron la cabeza de los metatarsianos y el talón en una plataforma elevada 19mm, de modo que la parte media del pie no contactase con el suelo. Comprobaron que el descenso del arco sometido a carga es menor en pies con arcos altos que en pies con arcos bajos con una asociación estadísticamente significativa, aunque leve.

También estudiaron otros aspectos relacionados con la rigidez y la altura del arco llegando a las siguientes conclusiones: aunque no hay diferencia significativa entre la altura de los arcos entre hombres y mujeres, estas presentan arcos más rígidos. La edad no se asoció a una diferencia significativa ni en la altura ni en la rigidez. De los dos pies, los dominantes presentan una altura mayor del arco, pero la rigidez es la misma en ambos (54).

Powell y colaboradores (55) en 2012 analizaron las diferencias en la deformación del arco entre atletas con arcos bajos y atletas con arcos altos. Para ello midieron en 3D, con los sujetos descalzos, la variación en la altura del arco y otros movimientos del pie y la fuerza de reacción del suelo generada en dos grupos distintos de personas (arcos altos y arcos bajos) reproduciendo el ejercicio “de sentado-a-de pie” . Encontraron que aunque el pico valor del movimiento sitúa a los pies con arco bajo en una posición mucho más evertida, el recorrido del movimiento en el retropié, y por ende la rigidez en esta zona, es muy similar en ambos tipos de pies, no existiendo una diferencia significativa en la cantidad de movimiento. Por otro

lado, aunque la tendencia al decrecimiento de la altura del arco por el efecto de la carga en bipedestación fue menor en los pies con arcos altos, la diferencia no fue significativa contradiciendo el estudio de Zifchock de 2006. Posiblemente la diferencia se debe al reducido tamaño muestral de este estudio o quizá a la diferente metodología. Donde si encontraron diferencias significativas es en las articulaciones del mediopié, donde los sujetos con un arco alto experimentaron una cantidad de movimiento menor con la carga, apuntando a que esta zona es posiblemente la principal responsable de las diferencias mecánicas entre pies con un arco alto y pies con un arco bajo en atletas.

En 2013 Buldt y colaboradores (56) realizaron una revisión sistemática para analizar la relación entre la posición y la cinemática del pie durante la marcha. Incluyeron 12 artículos en el estudio pero no realizaron un meta-análisis debido a la diferencia metodológica entre los mismos. Como criterio de inclusión establecieron que los estudios a analizar debían emplear mediciones en tres dimensiones y más concretamente la técnica de estereofotogrametría. solo uno de ellos incluía pies con un arco alto (pies cavos). En general, los estudios encontraron evidencia, aunque limitada por el tamaño del efecto, de una asociación entre el pie plano, un incremento del movimiento del retropié en el plano frontal y un incremento del movimiento del miembro inferior durante la marcha.

En su artículo de 2014 McKean, y colaboradores (50) proponen un sistema de regulación de los arcos del pie basado en el funcionamiento del “core” o núcleo del

tronco y que consta de tres subsistemas. El subistema pasivo está formado por la capa más superficial y la más profunda (más dorsal) como ya vimos más arriba y está constituido por la fascia y los ligamentos profundos: el ligamento metatarsiano transverso profundo, los ligamentos metatarsianos plantares, el ligamento plantar largo, el ligamento plantar corto, el ligamento de Spring, el ligamento cuboideo-navicular y el ligamento cuneo-navicular. El subsistema activo está constituido por los músculos extrínsecos del pie, cuya función sería la de movilizadores principales, y los músculos intrínsecos, cuya función sería, principalmente, la estabilización y regulación de la rigidez de la bóveda del pie. El último subsistema es el neural, que está constituido por los receptores músculo-tendinosos, los receptores ligamentosos (fascia plantar incluida) y los receptores cutáneos plantares.

En 2015 Buld y colaboradores (57) investigaron si existían variaciones en la cinemática de los pies durante la marcha si estos tenían un arco alto, bajo o normal. Esta clasificación la hicieron mediante el FPI, el IA y la altura truncada del navicular normalizada y la cinemática la analizaron mediante un sistema de análisis de vídeo. Encontraron tres diferencias destacadas entre los tres grupos: los ángulos en los planos frontal y transversal del retropié de los pies cavos está alterado, también en los pies cavos el movimiento en el mediopié es menor en el plano sagital y transversal durante el contacto inicial y el apoyo medio. En los pies planos encontraron reducido el rango de movimiento del mediopié en el plano frontal durante la fase propulsiva.

1.5 . Valoración radiográfica del arco.

En 1932 Wisbrun midió las variaciones radiológicas interpersonales calculando el ángulo astrágalo-calcáneo en varias radiografías. Costa-Bartani y Moreau , en 1937, definieron cuatro ángulos radiológicos en el plano sagital con el pie en carga con el fin de estudiar la altura de los arcos del pie (58).

Desde entonces se han desarrollado y se aplican multitud de mediciones para valorar el tipo de pie según la altura del arco longitudinal que presenta un individuo (39,59-67).

Es imprescindible emplear una técnica estandarizada para que las imágenes obtenidas mediante radiografías y las mediciones que se hagan sobre estas sean comparables con los criterios de normalidad establecidos.

Tampoco se debe olvidar nunca que las proyecciones radiológicas son imágenes en dos dimensiones de estructuras tridimensionales y por tanto la interpretación de mediciones aisladas debe tomarse con cautela.

En radiografías en carga son generalmente usadas las siguientes medidas para confirmar el diagnóstico de pies planos: ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea medido en proyección antero-posterior, y en proyección lateral el ángulo lateral

entre el astrágalo y el primer metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo (65,66).

En la proyección antero-posterior el paciente debe permanecer en bipedestación y el haz central de rayos se debe orientar a 15° del plano antero-posterior y dirigirse al centro del escafoides (60,66).

La proyección lateral en bipedestación se debe tomar con la zona medial del pie contra la plataforma digital, con el haz orientado a 90° con ella y dirigido a la primera cuña (60,66).

1.5.1 . Ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea.

El ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea (Figura 8) es el ángulo que hay entre las perpendiculares a una línea que une el punto más medial y el más lateral de la zona proximal del escafoides y la línea que une el punto más medial y el más lateral de la cabeza del astrágalo (65). Younger y colaboradores (62) realizaron un estudio en 2005 sobre una muestra de 26 individuos y 24 pies en el que analizaron varias medidas radiológicas en adultos con pie plano sintomático y compararon los valores con una muestra de control. Encontraron que, pese a presentar una baja fiabilidad intra e interexaminador este valor era el único estadísticamente significativo de entre los analizados en la proyección antero-posterior del pie. Los valores para el grupo de control fueron de $19,3 \pm 23,8^\circ$ (media \pm DT).

En el estudio de Murley y colaboradores (59), con una muestra de 91 pies los valores normales fueron de $1,8-19,3^\circ$ para hombres y $6,7-21,7^\circ$ para mujeres. Además demostraron que poseía una fiabilidad buena, con un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de $r=0,79$. Cuanto mayor es el valor, el arco es más bajo.



Figura 8. Ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea. Fuente propia.

1.5.2 . Ángulo lateral entre el astrágalo y el primer metatarsiano o ángulo de Meary.

El ángulo lateral entre el astrágalo y el primer metatarsiano es el que existe entre el eje mayor del astrágalo y el eje del primer metatarsiano y en condiciones de normalidad, deben ser coincidentes, formando una única línea (0°). También se conoce como ángulo de Meary o de Meary-Tomeno (ver Figura 9) (40,61).

El eje mayor del astrágalo es la línea formada por los puntos medios del segmento que conecta el borde superior y el inferior del cuerpo del astrágalo y del que conecta los bordes superior e inferior del cuello (65,66). El valor normal oscila entre -4° y 4° (65). Es positivo si las líneas divergen distalmente y negativo si convergen.



Figura 9. Ángulo de Meary. Fuente propia.

En el estudio de Thomas y colaboradores (66) realizado con una muestra de 200 pies (100 de hombres y 100 de mujeres), encontraron un valor medio de 4° con una DT de $5,5^\circ$. Analizando por separado los pies de los hombres y las mujeres la media fue de $4,6^\circ$ y $3,3^\circ$ y la DT de $6,2^\circ$ y $4,7^\circ$ respectivamente.

En el estudio de Younger y colaboradores (62) la media y la DT que midieron para este valor fue de $7,1 \pm 10,7^\circ$ para la población asintomática de su muestra,

resultando estadísticamente significativa la diferencia con los valores de la población sintomática. También mostró una correlación intra e interexaminador alta, por lo que los autores del estudio exponen que estos datos apoyan su uso como el parámetro radiológico para valorar la presencia de pie plano más preciso y consistente.

En el estudio de Lamm y colaboradores (67) sobre 24 pies sanos, midieron unos valores para este ángulo de $5,5 \pm 3,9^\circ$ (media \pm DT).

1.5.3 . Ángulo de inclinación calcánea.

El ángulo de inclinación calcánea (Figura 10) es el que se forma entre la línea que une los dos puntos inferiores en la superficie plantar proximal y distal del calcáneo y la que va desde el primer punto (el proximal) hasta el punto inferior de la cabeza del quinto metatarsiano(65). No existe uniformidad de criterio en los valores normales, encontrándose varias referencias en la literatura: 18° - 21° , 17° - 32° , 10° - 30° , 20° - 30° , 10° , -20° . A medida que el valor aumenta, el calcáneo está más vertical y por tanto el arco aumenta de altura y viceversa (40,65). En el estudio de Thomas y colaboradores (66) encontraron un valor medio para el ángulo de inclinación calcánea de $19,6^\circ$ con una DT de $6,2^\circ$. Analizando los pies de los hombres y las mujeres por separado la media es $19,7^\circ$ y $19,7^\circ$ y la DT $5,9^\circ$ y $6,5^\circ$ respectivamente. Maxwell y colaboradores (60) en un estudio sobre 41 pares de pies de mujeres encontraron que el rango variaba entre 11° y 38° . En el estudio de Saltzman y colaboradores (68) analizaron a 100 pacientes con afectación podológica y

comprobaron la validez y fiabilidad de las mediciones estudiadas, con un resultado para este ángulo de 21° como media, con una $DT=6^\circ$.



Figura 10. Ángulo de inclinación calcánea. Fuente propia.

En el estudio de Younger y colaboradores (62) la media fue de $20,8^\circ$ y la DT de $4,1^\circ$ para este valor en los sujetos asintomáticos de su muestra, siendo no estadísticamente significativa la diferencia con los sujetos sintomáticos.

En el estudio de Lamm (67) el valor para el ángulo de inclinación calcánea en su muestra fue de $19,6 \pm 6,2^\circ$. Murley y colaboradores (59) encontraron unos valores de $17,9^\circ$ - $25,4^\circ$ para hombres y de $17,2^\circ$ - $23,3^\circ$ para mujeres.

1.5.4 . Ángulo de Moreau-Costa-Bartani.

Otro de los ángulos más utilizados es el de Moreau-Costa-Bartani que se puede medir tanto por la parte interna como por la externa.

Para calcular el ángulo interno se sitúa el ápex en el punto más bajo de la cabeza del astrágalo y de ahí parten dos líneas, una que pase por la parte más inferior del calcáneo y otra por la más inferior del primer metatarsiano, como se puede observar en la Figura 11. Tiene unos valores normales de 120° - 130° , si aumentan significa que el ALI es más bajo de lo normal y si disminuyen más alto (39,40).

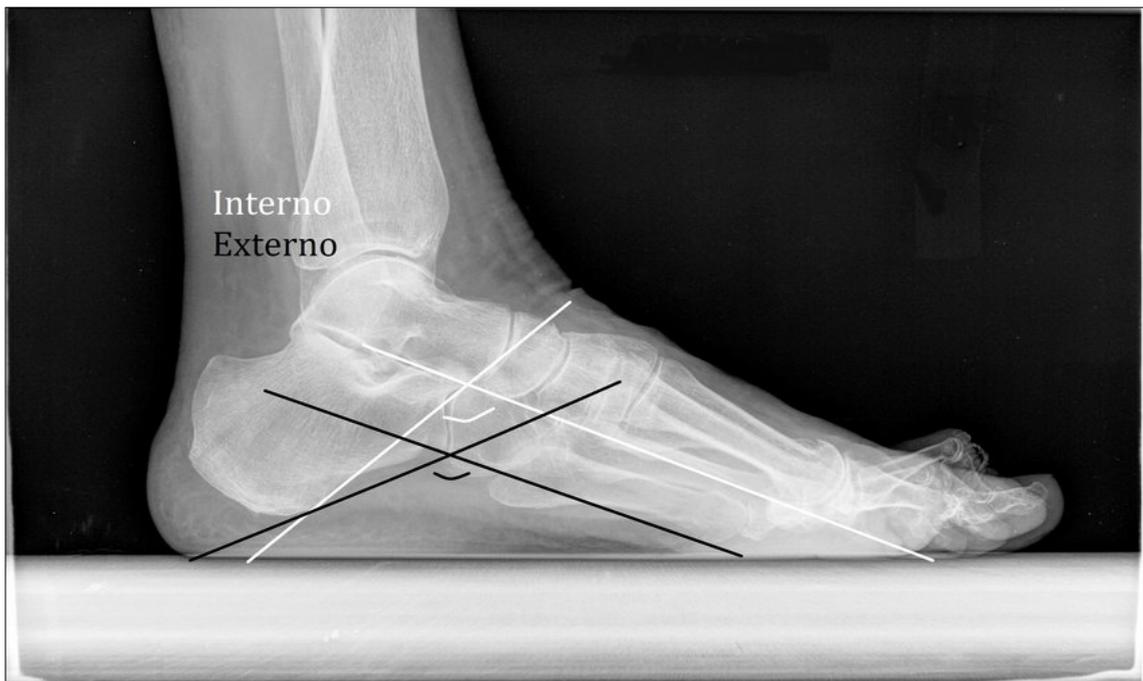


Figura 11. Ángulo de Moreau-Costa-Bartani. Fuente propia.

Para calcular el ángulo externo se sitúa el ápex en el punto más bajo de la articulación calcáneo-cuboidea y desde ahí se trazan dos líneas, una hasta el punto más bajo del calcáneo, siendo el mismo punto utilizado para el ángulo interno y la

otra hasta la parte más baja del quinto metatarsiano, siendo el valor normal de 145° . Si aumenta el ángulo longitudinal externo es más bajo de lo normal y si disminuye es más alto (40).

1.5.5 . Ángulo de Djian-Annonier.

Para calcular este ángulo se utilizan los mismos puntos distales que para el ángulo de Moreau-Costa-Bartani interno: puntos más plantares del calcáneo y el primer metatarsiano, pero el ápex se sitúa en la parte más baja de la articulación astrágalo-escafoidea. Sus valores normales oscilan entre 120° - 125° , si aumentan significa que el ALI es más bajo de lo normal y si disminuyen más alto. (40).

1.5.6 . Ángulo calcáneo-primer metatarsiano.

También se puede emplear para valorar la estructura del pie según el arco el ángulo formado entre la tangente al borde dorsal del primer metatarsiano y la tangente al aspecto plantar anterior del calcáneo (ver Figura 12), utilizando la misma línea que para calcular la inclinación del calcáneo (58,68). En el estudio de Saltzman (68) encontraron un valor medio de 132° , con una DT de 10° . Murley y colaboradores (59) encontraron unos valores normales de $128,1^\circ$ - $136,1^\circ$ para hombres y $129,3^\circ$ - $137,4^\circ$ para mujeres. Dancloff y colaboradores (58) analizando las radiografías de ambos pies de 34 personas, encontraron una fuerte interdependencia con los ángulos de Moreau-Costa-Bartani interno y externo. Cuanto mayor es el ángulo más plano es el pie (59).



Figura 12. Ángulo calcáneo-primer metatarsiano. Fuente propia.

1.5.7 . Altura del arco.

Se define como la distancia vertical entre la tuberosidad del escafoides y la superficie de apoyo, tal y como se observa en la Figura 13 (67).



Figura 13. Altura del arco. Fuente propia.

1.6 . **Funciones del arco.**

La estructura del pie humano evolucionó desde una estructura similar a la de los simios debido a una adaptación a unos nuevos hábitos en los que predominaba el desplazamiento terrestre sobre el arbóreo (50).

Las características de especialización en el pie humano para la marcha bípeda está ausente en los simios cuando caminan en posición bípeda. Aparte de las diferencias en los dedos y en la compactación y realineación del tarso durante la marcha, los simios no presentan un arco longitudinal claramente definido cuando caminan sobre sus miembros posteriores. Su pie presenta, además, una aponeurosis poco desarrollada que no actúa como mecanismo pasivo de tensión y formación del arco, dependiendo mucho más que el pie humano de la estabilización muscular y por tanto del gasto energético para el desplazamiento bípedo (50).

El arco del pie humano es una estructura compleja que tiene que ser capaz tanto de mantener una rigidez suficiente para proporcionar una propulsión lo más eficiente posible, como de tener la capacidad de deformarse para adaptarse al terreno y conseguir amortiguar los impactos del miembro inferior sobre este que se producen con cada contacto con el suelo.

Las fuerzas reactivas del suelo sobre el pie varían de 1,1 a 1,5 veces el peso corporal durante la marcha, mientras que durante la carrera pueden doblar esos valores y en los saltos pueden superar cuatro veces el peso corporal (44).

Una de las principales funciones del arco es la de almacenar energía.

En 1986 Ker y colaboradores (46,50) mediante un mecanismo que simulaba la acción de las fuerzas que actúan en el apoyo medio de la marcha sobre pies amputados, demostraron que las propiedades elásticas del arco del pie son importantes para ahorrar en gasto energético durante el desplazamiento del cuerpo humano, ya sea durante la marcha o la carrera. Así, en la primera mitad del apoyo medio, se acumula parte de la energía potencial y cinética que se emplea para mover el cuerpo en las estructuras pasivas que mantienen el arco y en la segunda mitad, esta se devuelve mejorando la eficiencia del gasto energético para el desplazamiento humano, en un proceso análogo al que realiza un muelle cuando es comprimido.

Estimaron que aproximadamente el 17% del trabajo mecánico realizado al correr se almacena en el miembro inferior gracias a la compresión-recuperación del arco durante la fase de apoyo y que a mayor velocidad de desplazamiento, mayor es el consumo energético ahorrado (46).

En 2016 Stearne y colaboradores (69) publicaron un artículo en el que investigaron si el gasto metabólico y por tanto la energía necesaria para el desplazamiento variaba si se restringía la capacidad del arco de deformarse. Para ello colocaron unas plantillas que bloqueaban el 100% y el 50% de la compresión del arco y midieron el coste metabólico (consumo de oxígeno), la compresión del arco con un sistema de captura 3D y las fuerzas de reacción del suelo y la cinética articular en una cinta de correr. En general, el análisis de los resultados apoya la hipótesis de que el sistema de muelle del arco ahorra energía metabólica reduciendo la cantidad de trabajo mecánico que, de no ser así, tendría que ser generado activamente por los músculos.

Encontraron que bloquear la compresión del arco, aumenta el coste energético al caminar, aunque lo hace de manera no significativa. Lo mismo ocurre corriendo en un plano inclinado. Sin embargo, al correr sobre una superficie plana, si que se producía un incremento significativo del gasto energético cuando los participantes llevaban las plantillas de bloqueo, por lo que esto debería tenerse en cuenta al prescribir plantillas con apoyo del arco a corredores. También propusieron que la mayor parte de la energía almacenada se concentra en el último 25% de la compresión del arco, ya que las diferencias entre los resultados de las plantillas que bloqueaban el 50% y las que bloqueaban el 100% de la compresión del arco fueron similares (69).

Es importante tener en cuenta que este sistema de muelle, al contrario que los tendinosos (como por ejemplo la unidad musculotendinosa gastrocnemios-Aquiles) es altamente eficiente en el ahorro de energía, y de hecho es posiblemente la estructura que lo hace más eficientemente en el miembro inferior, debido a la capacidad de reciclar un gran porcentaje de la energía utilizada para el movimiento en ausencia de actividad muscular, es decir solamente con elementos pasivos (69).

Otra función importante del arco del pie es la de amortiguación. Un modelo de comportamiento bajo carga del pie sería el de los vehículos con amortiguadores y ballestas, que se reparten las aceleraciones verticales producidas durante el movimiento para atenuar y amortiguar sus efectos de un modo análogo a como lo hacen los diferentes elementos del arco del pie. Así, cuando el pie está sometido a carga, durante la fase de apoyo medio de la marcha, las fuerzas reactivas del suelo tienden a aplanar y alargar el arco del pie, que recupera su forma cuando estas se reducen, del mismo modo que las ballestas y amortiguadores se deforman cuando reciben carga y recuperan su forma al dejar de soportarla (33,38,41,44-47).

El ciclo de carga-descarga/compresión-recuperación del arco durante la marcha se produce cientos de veces durante las actividades diarias de los individuos, de ahí la importancia de un correcto funcionamiento. Tal y como se vio en el capítulo "1.4 Anatomía y biomecánica de los arcos del pie.", el arco es capaz de asumir este trabajo gracias a las características del hueso, que es excelente resistiendo fuerzas compresivas, de doblado y de tensión, al movimiento articular y a la coordinación

de los elementos pasivos (ligamentos, fascias) y activos (músculos) y a sus características mecánicas (33,41,43-50).

También cuando corremos o saltamos, el aplanamiento del arco funciona como un amortiguador, que ayuda a disminuir el impacto contra el suelo, a la vez que permite almacenar parte de la energía cinética y devolverla para continuar la marcha (44,46,52,53).

Durante la propulsión, para conseguir el desplazamiento del cuerpo humano y disminuir el coste energético del mismo, el pie, sin embargo, tiene que adquirir un cierto grado de rigidez. El pie es el único contacto con el suelo durante el desplazamiento bípedo, por lo que funciona como un brazo de palanca, cuyo punto de apoyo tras el despegue de talón es el extremo distal del arco plantar, es decir, el antepié. Una vez más, un correcto funcionamiento y coordinación de las estructuras pasivas y activas del arco, es fundamental para producir una marcha eficiente en humanos (33,43,44,56).

En el desarrollo de las funciones anteriormente descritas, el pie tiene que manejar las fuerzas que sobre él actúan y ser capaz de redistribuir las presiones generadas en la superficie plantar durante el contacto con el suelo. Esta es otra de las funciones del arco del pie, existiendo diferencias en como se ejecuta dependiendo del tipo de pie según la altura del arco, de la tarea desempeñada y de las características antropométricas de los sujetos (70-76).

En comparación con los pies rectos, el pie plano presenta un área de contacto y una carga incrementadas en la zona medial del pie (75).

Buldt y colaboradores (70,71), encontraron que las presiones pico bajo el cuarto y quinto metatarsianos son menores en los pies planos comparados con los pies normales y cavos, siendo la mayor diferencia entre planos y cavos. Además, los pies planos, en comparación con los otros grupos, durante la fase terminal de la marcha presentan menores presiones laterales al centro de presiones en relación a las mediales. También, los pies cavos, en comparación con los normales y los planos, presentan una velocidad media y mínima del centro de presiones menor durante la propulsión, patrón que se invierte durante el pre-balanceo, momento en el que el centro de presiones de los pies cavos pasa a ser el que se desplaza más rápidamente.

Al desempeñar diferentes tareas la gestión de las fuerzas y presiones se desarrolla de distinto modo según el tipo de arco. La fuerza máxima alcanzada por los pies planos severos se incrementa mucho más que la de los pies normales al caminar por una superficie inclinada y al subir o bajar escaleras y el arco plantar se deforma más (72,74). La presión en los adultos con pie plano es mayor bajo las segunda y tercera cabezas metatarsales y se incrementa con la velocidad de la marcha (72). La carga bajo la zona medial del mediopié es mayor en los sujetos con pie plano que en los sujetos con pie normal durante el desarrollo de diferentes gestos deportivos tales como el recorte lateral, carreras de ida y vuelta o el salto monopodal (75).

1.7 . Clasificaciones de los tipos de pie según la altura del arco.

Según la altura del arco los pies se pueden clasificar como: plano, recto o normal y cavo. El pie plano presenta un arco bajo y un retropié valgo y/o un antepié varo, en el pie recto el antepié y el retropié están bien alineados y el cavo presenta un arco alto con un retropié varo o un antepié valgo (77).

La inclusión de un sujeto en una de estas tres categorías se basa en valores de corte determinados al analizar los datos tomados de las medidas realizadas sobre una muestra de sujetos grande (16).

El interés en dicha clasificación se debe a la creencia de que una persona con un pie que se desvíe de la media, es decir con un arco interno muy alto o muy bajo, tendrá mayor probabilidades de sufrir patología del miembro inferior.

En la literatura se han descrito variadas técnicas para la clasificación del tipo de pie, que miden la posición o la morfología del mismo, tanto en bipedestación estática como durante la marcha. Dentro de las clasificaciones estáticas encontramos la inspección visual, la medición de valores antropométricos, las mediciones radiográficas, las mediciones fotográficas, las mediciones mediante ecografía, las mediciones con escáner 3D y las mediciones de huellas (63,78,79).

Estos métodos se pueden clasificar como directos (mediciones somatométricas, valoración clínica, evaluación radiográfica y cuantificación ecográfica) o indirectos (huellas, técnicas fotográficas y 3D) (63,78).

Cada una de las técnicas para clasificar los tipos de pies tienen sus ventajas y sus inconvenientes, como por ejemplo la necesidad de experiencia del examinador en las técnicas de valoración visual, por palpación o ecográfica o el elevado coste y la necesidad de justificación ética de las técnicas radiográficas.

La técnica de toma de huellas puede ser estática o dinámica, pero tanto una como la otra tienen una fiabilidad alta para clasificar el tipo y la función del pie (80–82).

Existen ocho métodos principales de análisis de distintas mediciones obtenidas de la huella para clasificar el tipo de pie: el ángulo de Clarke, el índice Chippaux-Smirak, el índice de Staheli, el índice de longitud del arco, el IA, el índice de la huella, el índice del arco truncado y el método de Hernández-Corvo.

1.7.1 . Ángulo de Clarke:

El vértice de este ángulo se sitúa en el punto más medial de la zona de las cabezas metatarsales y sus brazos pasan, uno por el punto más medial del talón y el otro por el punto más lateral del contorno interno de la huella en el antepié (Figura 14) (83–85).

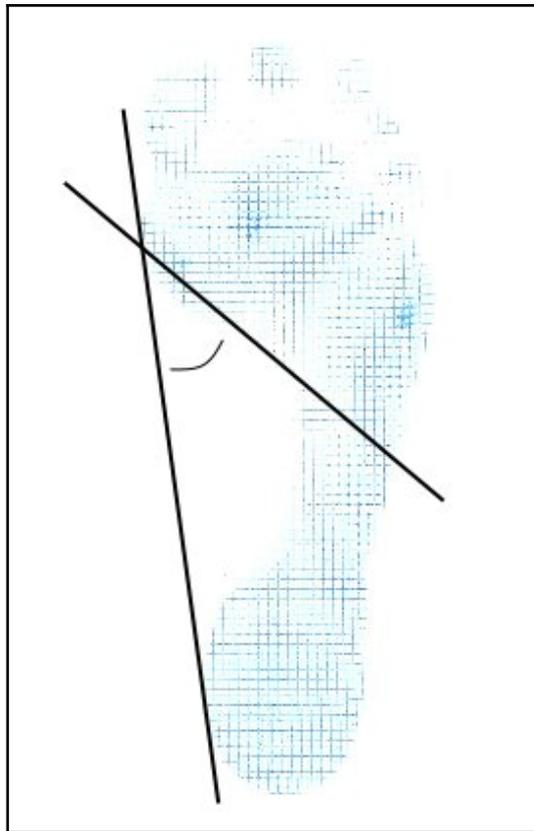


Figura 14. Ángulo de Clarke. Fuente propia.

Dancloff, Forriol y Gómez (58) estudiaron en 1989 la correspondencia entre diversas mediciones radiológicas y diferentes índices del arco en la huella. Para el ángulo de Clarke encontraron una correlación estadísticamente significativa con el ángulo radiológico de Moreau-Costa-Bartani externo. Para el ángulo interno, el ángulo de inclinación calcánea y para todos en el pie izquierdo el valor de correlación fue muy bajo. Para interpretar estos resultados hay que tener en cuenta que la muestra fue de tan solo 34 personas.

1.7.2 . Índice Chippaux-Smirak:

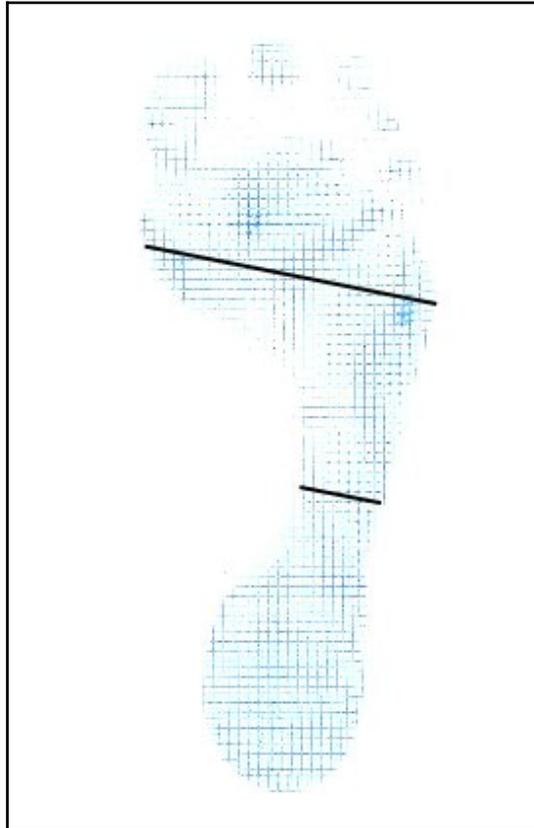


Figura 15. Índice Chippaux-Smirak. Fuente propia.

Es la proporción entre la menor anchura en el mediopié y la mayor anchura en el antepié (84). Aparece dibujado en la Figura 15.

En su tesis doctoral González encontró una concordancia muy débil entre el ángulo de Clarke, anteriormente descrito y el índice de Chippaux (29).

En el estudio de Dancloff y colaboradores (58) encontraron una relación estadísticamente significativa con el ángulo de Moreau-Costa-Bartani externo y con el ángulo entre el calcáneo y el primer metatarsiano para el pie izquierdo.

1.7.3 . Índice de Staheli:

En el índice de Staheli, (Figura 16) la proporción se calcula entre la menor anchura en el mediopié y la mayor anchura en el retropié (84,86,87).

En el estudio de Dancloff y colaboradores (58) encontraron una relación estadísticamente significativa entre este índice y el ángulo de Moreau-Costa-Bartani externo para ambos pies.

Kanatli, Yetkin y Cila (63) estudiaron la correlación entre varias medidas radiológicas empleadas para valorar la altura del arco y los resultados del índice de Staheli en los pies de 38 niños diagnosticados de pie plano flexible. Los ángulos calculados fueron el astrágalo-horizontal, astrágalo-primer metatarsiano, el astrágalo-calcáneo y el ángulo de inclinación del calcáneo. Encontraron una correlación estadísticamente significativa para los ángulos astrágalo-horizontal y astrágalo-primer metatarsiano, concluyendo que al incrementarse la inclinación del astrágalo, se produce un movimiento de pronación en la articulación subastragalina que hace que el pie contacte más hacia medial.

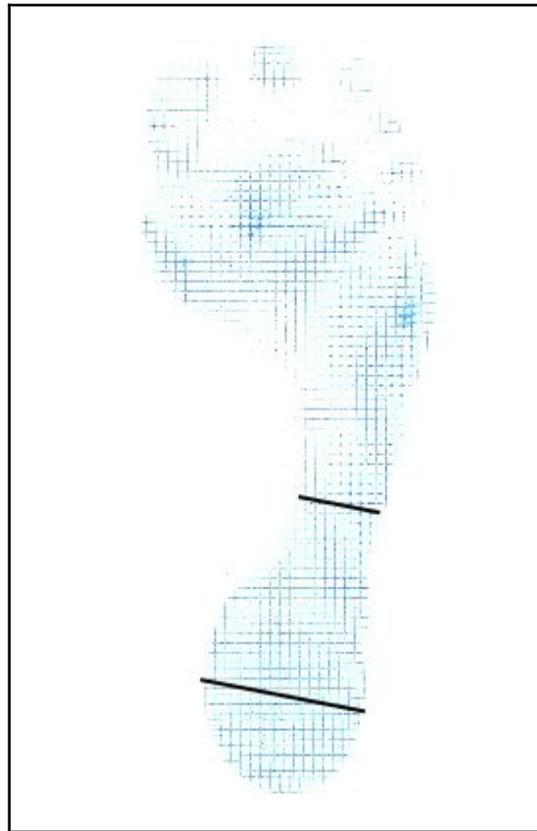


Figura 16. Índice de Staheli. Fuente propia.

1.7.4 . Índice de longitud del arco:

Es la proporción entre la distancia entre el punto más medial del talón (A) y el punto más medial de la zona metatarsal (B) y el área de no contacto (C), que es la situada entre la línea que une estos puntos y el contorno medial de la huella (ver Figura 17) (84,86).

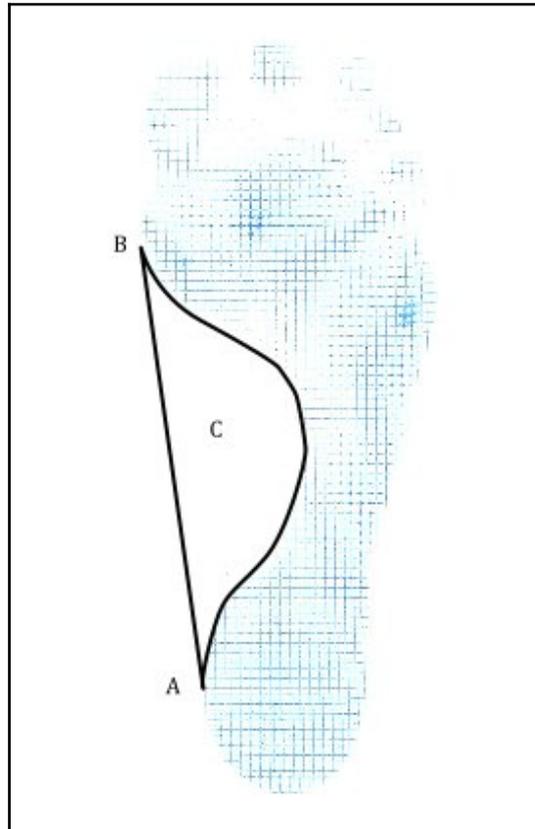


Figura 17.: Índice de longitud del arco. Fuente propia.

1.7.5 . Índice de la huella:

Es la proporción entre el área de no contacto (A) (definida en el índice de longitud del arco) y el área de la propia huella (B) (excluidos los dedos) (84). Se puede observar en la Figura 18.

En su estudio de 2017 Inui y colaboradores (65) valoraron la relación del índice de la huella con tres medidas radiológicas: ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea

medido en proyección antero-posterior, ángulo lateral entre el astrágalo y el primer metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo en proyecciones laterales. Encontraron una asociación estadísticamente significativa entre los resultados del índice de la huella y los valores angulares medidos, existiendo correlación en el caso de las proyecciones laterales y no correlación para el caso del ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea. A la vista de los resultados de su estudio propusieron un valor del índice de la huella menor de 0,208 como referencia para realizar un cribaje primario del pie plano, lo que le da a la prueba una sensibilidad del 0,462 y una especificidad de 0,934, lo que supone una precisión alta. En el caso de los pies cavos la especificidad fue muy baja, por lo que los autores concluyen que esta prueba no debería utilizarse para el cribaje de pies cavos.

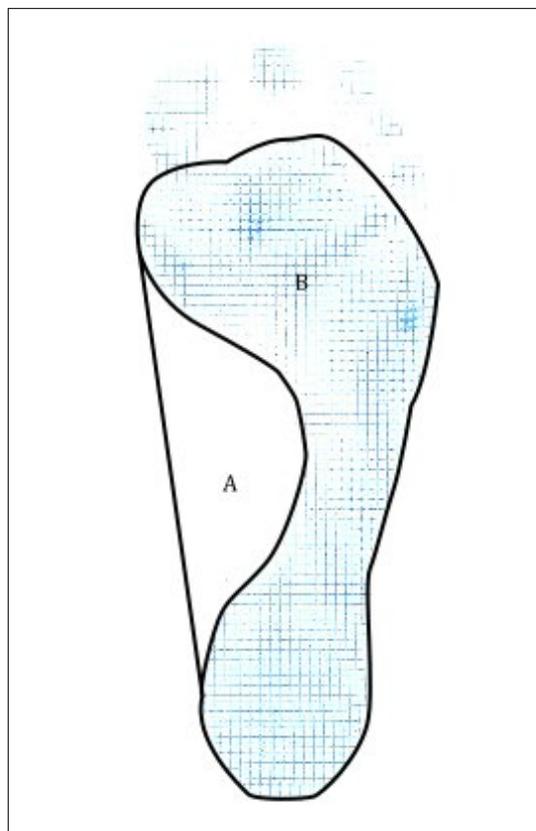


Figura 18. Índice de la huella. Fuente propia.

1.7.6 . Índice del arco truncado:

Es la proporción entre el área de no contacto y el área de la huella truncada. Se puede observar en la Figura 19. El área de la huella truncada se limita por las perpendiculares a la línea que une la zona más medial del talón y del antepié en esos mismos puntos (84).

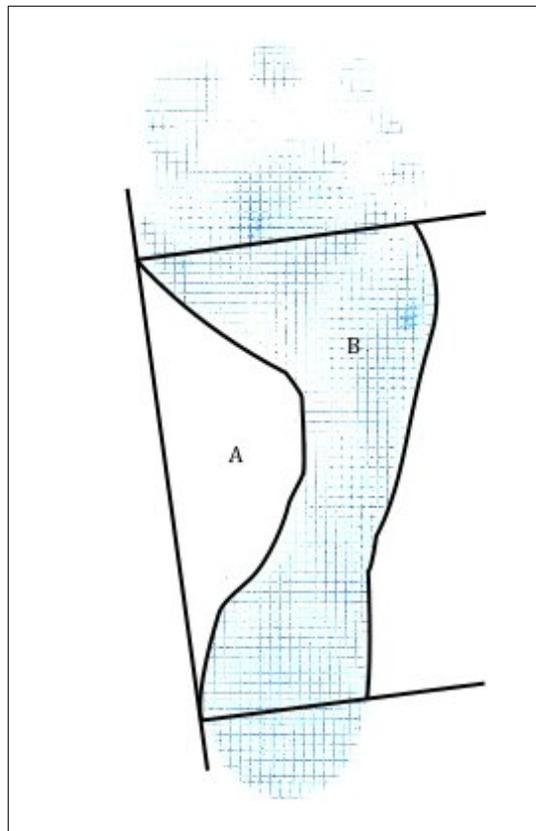


Figura 19. Índice del arco truncado. Fuente propia.

1.7.7 . Método Hernández-Corvo:

Se tipifica el pie con unas medidas que se hacen en base a la huella catalogando al mismo dentro de 6 clasificaciones posibles que van desde el pie plano hasta el cavo extremo (88). El procedimiento consiste en marcar un punto en la zona más medial del antepié (1) y otro en la del retropié (1') y la línea que va de uno al otro que se denomina "trazo inicial". Después se marca otro punto (2) en la zona más distal de la huella (incluyendo los dedos) y otro en la más proximal (2'). Se trazan las perpendiculares al trazo inicial que pasan por 2 y 2', cuya distancia es la longitud de la huella. La distancia desde el punto del trazo inicial por el que pasa la perpendicular a 2 se denomina "medida fundamental" (MF). Se traslada a lo largo del trazo inicial tantas veces como quepa en la huella, dando los puntos 3,4 y 5. Se traza una línea entre 3 y 4 paralela al trazo inicial, que pase por el punto más externo del pie. Se llama línea 6. Se calcula el "valor X", que es la anchura del metatarso, dado por la distancia entre el trazo inicial y la línea 6. Se trazan las líneas 7, 8 y 9 que son paralelas al trazo inicial. La 7 pasa por el punto más externo del pie entre las líneas 4 y 5. La 8 pasa por el punto más externo del pie, por debajo de la línea 5. La 9 pasa por el punto más externo de la zona interna entre 4 y 5. La distancia Y es la que hay entre 9 y 7. La AY es la que hay entre la línea 9 y el trazo inicial. Se puede observar en la Figura 20. Entonces se calcula el X% según la ecuación:

$$X \% = \frac{(X-Y)}{X} \times 100$$

La valoración del resultado es la siguiente (Tabla 1):

%X	Interpretación
0-34%	Pie plano
35-39%	Pie plano/normal
40-54%	Pie normal
55-59%	Pie normal/cavo
60-74%	Pie cavo
75-84%	Pie cavo fuerte
85-100%	Pie cavo extremo

Tabla 1. Interpretación del resultado en el método Hernández-Corvo.

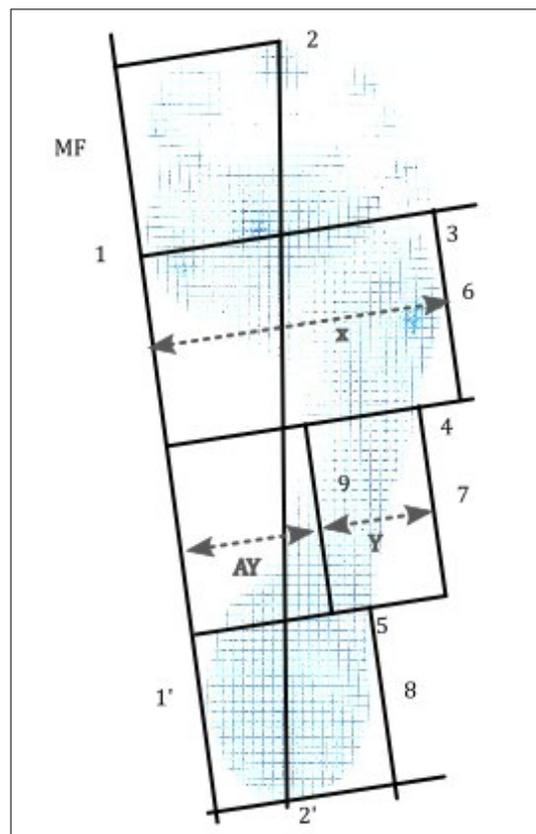


Figura 20. Método Hernández Corvo. Fuente propia.

1.7.8 . Clasificación morfológica de la huella según Rueda.

Rueda clasifica la huella según su morfología entre siete categorías posibles (ver Figura 21) que van de la A a la G (89). Establece los siguientes criterios en función de la superficie de apoyo (89):

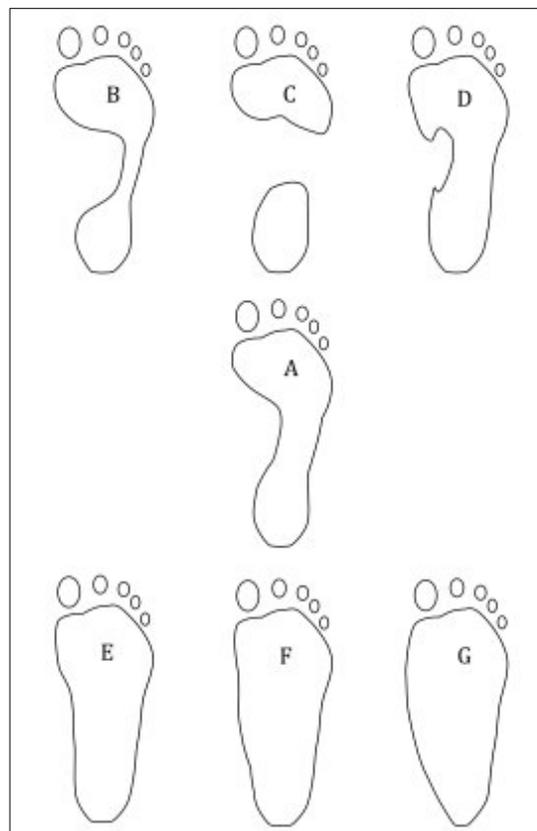


Figura 21. Clasificación morfológica de la huella según Rueda. Fuente propia.

Cat.	Tipo de pie	Criterio
A	Normal.	Perímetro normal.
B	Pie valgo o discreto cavo.	Arco externo reducido o estrechado.
C	Cavo.	Huella perforada sin contacto sobre el borde externo, solo en talón y antepié.
D	Plano leve.	Pérdida de la concavidad plantar en la zona medial.
E	Plano.	La presión se marca en toda la planta.
F	Plano acusado.	El borde interno de la huella aparece convexo y a veces existe concavidad en el borde externo.
G	En balancín.	Insuficiencia de apoyo en el talón.

Tabla 2. Clasificación de la morfología de la huella según Rueda.

1.7.9 . Índice del Arco.

Es la proporción entre el área del tercio medio de la huella y el área total de la misma (excluidos los dedos) (80). Se puede observar en la Figura 22.

Cavanagh y Rodgers (80,90), sus desarrolladores, clasificaron los pies del siguiente modo:

IA	Tipo de pie
$\geq 0,26$	Arco bajo/pie plano
0,22-0,25	Normal
$\leq 0,21$	Arco alto/pie cavo

Tabla 3. Tipo de pie según el IA.

Murley y colaboradores (59) con una muestra de 91 pies y validando los resultados mediante su correlación con los hallazgos radiológicos proponen un valor normal de 0,20-0,28.

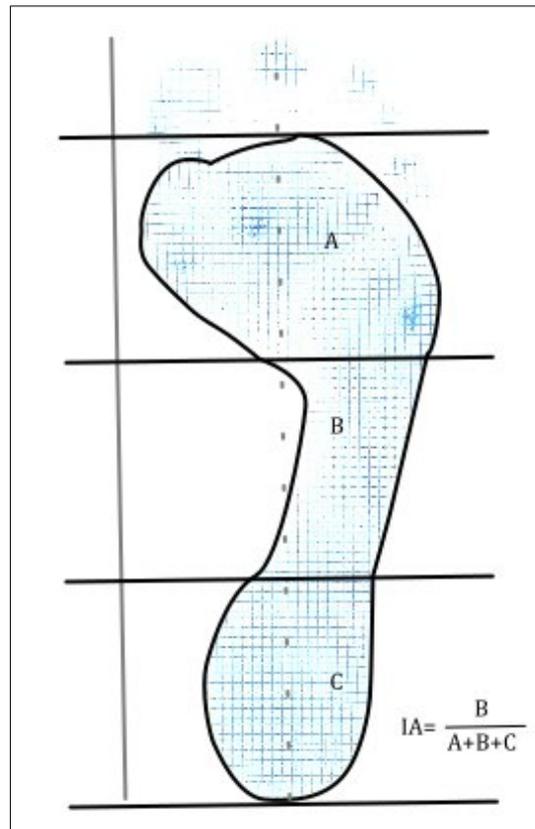


Figura 22. IA. Fuente propia.

Estudios científicos han demostrado su fiabilidad y validez para calcular el tipo de pie de los individuos de una muestra (91).

El estudio de Menz y Munteanu (92) demostró una excelente fiabilidad con un CCI de 0,99 (95%IC: 0,97-0,99).

Se ha encontrado una asociación significativa entre el tipo de pie clasificado con el IA y la máxima fuerza y pico de presión en algunas regiones del pie por lo que el tipo de arco podría influir en la distribución de la presión plantar y tener implicaciones en la biomecánica de la marcha de los individuos(93).

Murley y colaboradores (59) crearon un protocolo de cribaje para clasificar un pie como plano pensado para reducir el número de radiografías necesarias para elegir una muestra correcta. Con una muestra de 91 sujetos, investigaron en uno de los pies de cada participante encontrando una asociación estadísticamente significativa entre sus IA y el ángulo de cobertura astrágalo-escafoidea, el ángulo calcáneo-primer metatarsiano y el ángulo de inclinación del calcáneo. Esta asociación era más fuerte con los ángulos de la proyección lateral.

McCrorry y colaboradores (71) también analizaron la asociación entre los resultados del IA y la altura del arco. Para ello calcularon la altura del escafoides y la altura del escafoides normalizada (altura entre longitud del pie) y el IA en una muestra de 45 persona y obtuvieron unos coeficientes de correlación de $r=0,71$ y $r=0,67$ respectivamente.

Menz y Munteanu (92) también estudiaron la validez del IA para determinar la altura del arco mediante radiografías en 95 sujetos y obtuvieron una correlación muy alta con el ángulo calcáneo-primer metatarsiano ($r=0,71$), y el ángulo de inclinación calcánea ($r=0,68$). Por el contrario la correlación fue moderada con la altura del Navicular y con el FPI.

Kanatli y colaboradores (63), encontraron los valores del IA significativamente asociados con el ángulo astrágalo-horizontal ($r=0,40$) y el ángulo astrágalo-primer metatarsiano ($r=0,45$) en 38 niños.

Aunque permanece habiendo controversia para el uso de las huellas para caracterizar la estructura del pie y realizar diagnósticos de patologías podológicas, la relación entre la huella y la calidad de vida según la salud podológica no ha sido suficientemente estudiada.

1.8 . Relación entre patología y tipo de pie.

Aunque ciertas patologías parecen asociarse a cada tipo de pie, esto no se ve claramente reflejado en los estudios científicos, ni tampoco se sabe por que algunas personas tanto con pie cavo, como con pie plano no presentan sintomatología (77).

Algunos estudios parecen indicar que tanto los pies planos como los cavos no transmiten las fuerzas de una manera eficiente y pueden causar problemas en los pies (19,94). Los pies cavos se han asociado con un menor rango de movimiento articular y con un mayor riesgo de padecer un esguince lateral de tobillo, fracturas de estrés y dolor anterior de rodilla, mientras que los pies planos han mostrado estar más asociados al síndrome de estrés tibial medial, dolor de rodilla y lesiones por sobre uso en los tejidos blandos de la zona medial del miembro inferior (19).

Investigadores reportaron una relación entre gente con inestabilidad de tobillo y la presencia de un pie cavo varo(20).

El ALI, en particular, es una estructura relevante para soportar el peso del cuerpo y para absorber los impactos del mismo durante la marcha, lo que implica que es un

factor importante para caminar y correr de un modo seguro ya que un cambio en su estructura influye en la biomecánica de la marcha del individuo (95).

Las lesiones por sobre uso tienen un origen multifactorial, pero existe evidencia moderada de que una altura extrema del arco interno, tanto para arcos muy bajos como muy altos, es un factor de riesgo intrínseco en las lesiones por sobre uso del miembro inferior (21,22).

Pese a la alta prevalencia de dolor articular en el miembro inferior, y la sospecha de una posible relación entre esta y la postura del pie, la evidencia es escasa y conflictiva (96).

Un análisis de la Encuesta de Salud Nacional de los Estados Unidos de 1990 constató la asociación del pie plano con la presencia de callos, dedos en martillo y juanetes, aunque hay que tener en cuenta que no participó un clínico en el diagnóstico, si no que la encuesta fue autoadministrada y que, por otra parte, no se recogieron datos de la presencia de sintomatología (24,30).

En 1990, Larsen y Angermann (20), compararon estudios radiológicos estandarizados en descarga de 95 pacientes operados de inestabilidad lateral de tobillo crónica con 34 personas sin antecedentes podológicos relevantes y encontraron que las personas con inestabilidad de tobillo tienen de media los arcos más altos y que habían más pies cavo-varos que en los controles.

Sin embargo en un estudio de 1993 con una muestra de 246 reclutas de la infantería de los Estados Unidos, con una media de edad de 20,3 años, no encontraron asociación estadística entre la presencia de pie plano y las lesiones en el mismo tras doce semanas de entrenamiento. La altura del arco se valoró mediante fotografías con los sujetos de pie, cargando todo su peso en el mismo y con puntos de referencia marcados en los mismos (centro de la articulación metatarsfalángica primera y quinta, aspecto medial inferior del escafoides y punto central y medial de los maléolos) (97).

La encuesta de dolor de pie de Cheshire, en 2004, puso de manifiesto una asociación entre el dolor de pie y la presencia de pie cavo o plano con los datos recogidos en un formulario autoadministrado, sin embargo estos datos no se corroboraron con las mediciones clínicas posteriores (32).

Zifchok y colaboradores (54) en su estudio de 2006 no encontraron diferencias en el índice de altura del arco entre géneros y corroboraron que las mujeres tienen arcos menos rígidos. También encontraron una relación débil, aunque estadísticamente significativa, entre la altura del arco medida con el índice de altura del arco y la rigidez del mismo: a mayor altura mayor rigidez.

Un estudio de 2006 encontró una asociación estadísticamente significativa entre los pies con arcos altos (según la altura del escafoides) y la artritis de la cadera, y entre los pies con arcos bajos y la artritis del compartimento medial de la rodilla (48).

En 2007 Barnes y colaboradores (98) llevaron a cabo una revisión sistemática de la asociación entre las características estructurales del pie y el estrés tibial (fractura de estrés o la reacción perióstica previa). Incluyeron nueve artículos en el estudio y los resultados no fueron significativos para apoyar dicha asociación, pero hay que tener en cuenta que los resultados de dichos estudios eran difícilmente comparables debido a los distintos métodos de estudio y que además existía conflicto entre ellos. Los autores achacan esto, principalmente, al uso de medidas cualitativas en muchos de los estudios, para valorar la altura del arco.

Menz y colaboradores (26), en 2009 investigaron si existía alguna relación entre la estructura del pie y la artrosis en la articulación astrágalo-escafoidea y/o entre el escafoides y la primera cuña en personas entre 61 y 94 años. Realizaron radiografías laterales y antero-posteriores del pie a 205 personas para valorar la presencia de artrosis y la estructura del pie, mediante el ángulo de inclinación del calcáneo y el ángulo entre el calcáneo y el primer metatarsiano. Para valorar la estructura de los pies, además, emplearon el IA. También valoraron la distribución dinámica de las presiones. Encontraron una asociación estadísticamente significativa entre la artrosis en la articulación astrágalo-escafoidea y entre el escafoides y la primera cuña y la presencia de pie plano, ya sea este valorado con el IA o con cualquiera de las otras dos mediciones radiográficas empleadas. Además encontraron una asociación entre el pie plano y un incremento de las presiones en el mediopié en las personas que tenían artrosis en cualquiera de las dos articulaciones evaluadas con respecto a las personas que no la tenían.

Sin embargo Hegedus y colaboradores (99) en su estudio de 2010 no encontraron asociación entre la altura del arco y el dolor o la disfunción en el miembro inferior. El dolor y la disfunción se valoró mediante distintos cuestionarios auto administrados validados y la altura mediante el coeficiente del arco (Arch Ratio) y el ángulo longitudinal del arco, y aunque encontraron una relación significativa entre el dolor y la disfunción, no la hubo con la altura del arco.

En 2011 Gross y colaboradores (17) investigaron la relación de la altura del arco y el dolor o la osteoartritis de rodilla en 3.782 adultos. Para medir la altura del arco emplearon el índice de Staheli, para cuantificar el dolor en la rodilla emplearon un cuestionario validado y el daño articular lo valoraron mediante resonancia magnética. Los resultados indicaron que en adultos mayores (más de 50 años), existe una asociación entre la presencia de pie plano y un incremento moderado de la prevalencia de dolor de rodilla frecuente y daño en el cartílago medial de la articulación tibio femoral.

Posteriormente, en su meta-análisis de 2013, Tong y Kong (16) analizaron 29 estudios llegando a la conclusión de que, aunque la fuerza de de la relación es baja, el arco alto y el pie plano están asociados con daños en el miembro inferior en personas de 18 años o más.

También en 2013, en el marco del Framingham Foot Study se analizó el dolor articular en el miembro inferior y su relación con la postura y la función del pie,

encontrándose que los participantes con pie plano sufrían con mayor frecuencia dolor de rodilla o de tobillo que los que tenían un pie recto, mientras que los que tenían pie cavo sufrían con más frecuencia dolor de tobillo. En lo relativo a la función, no encontraron ninguna diferencia estadísticamente significativa. (96).

En otro estudio del mismo año, también con datos del Framingham Foot Study se valoró la relación entre la postura y la función del pie y varias patologías podológicas: HV, hallux rígidus (HR), dedos en martillo, dedos en garra, dedos superpuestos, juanete de sastre, neuroma de Morton y fascitis plantar. Para valorar la postura utilizaron el IA modificado y para la función el desplazamiento del centro de presiones en una plataforma podo-barométrica. Según la función encontraron asociaciones entre el pie pronado y el HV y los dedos superpuestos y para el pie supinado encontraron una asociación inversa (menos probabilidad de sufrir) HR y HV. En cuanto a la posición, el pie plano se asoció con un incremento de la posibilidad de padecer dedos superpuestos o en martillo, mientras que para el pie cavo no encontraron ninguna asociación con las patologías estudiadas (18).

Otro estudio con datos del Framingham Foot Study, encontró relación entre el pie plano y el pie pronado y el dolor de pie. El estudio se llevó a cabo con una muestra de 1.477 hombres y 1.901 mujeres de entre 36 y 100 años. La postura del pie se midió con el IA en una plataforma de presiones, la función se valoró mediante el índice de excursión del centro de presiones y el dolor con una serie de preguntas basada en la Encuesta de Salud y Nutrición Nacional. Encontraron una asociación

entre el dolor en el arco y el pie plano y el pie pronado y el dolor generalizado en hombres. Sin embargo, al contrario de lo esperado teniendo en cuenta los resultados de estudios anteriores, el pie cavo en mujeres se asoció a una reducción de la probabilidad de tener dolor en la zona de apoyo anterior y el pie supinado a una reducción de la probabilidad de tener dolor de retropié (24).

En el estudio de la Tesis Doctoral de Pérez (27) de 2015, realizado en España, se concluye que la calidad de vida medida con el Foot Health Status Questionnaire (FHSQ) es menor en las personas que tienen pie plano y esto se mantiene tras ajustar por edad, sexo y comorbilidad. En este estudio se incluyeron 839 personas mayores de 40 años y se valoró el pie plano con el cálculo del ángulo de Clarke, el índice de Chippaux, y el índice de Staheli.

En cuanto a la funcionalidad también se ve disminuida con significación estadística, aunque en el límite de la misma, medida con el Foot Function Index (FFI), tanto para hombres como para mujeres (27).

En el 2016 Shultz y colaboradores (100), investigaron en los pies de 61 adultos sanos mediante un análisis de regresión canónica los parámetros que más eficientemente definían un pie categorizándolo en las tres dimensiones que hoy día se consideran, en general, más relevantes: estructura (cavo, normal, plano), función (sobrepunador, normal, sobresupinador) y flexibilidad (reducida, normal, excesiva). De entre 72 parámetros, encontraron que la combinación más eficiente

era la de los siguientes 5 parámetros: índice del valgo maleolar, índice de la altura del arco sentado, laxitud de la primera articulación metatarsofalángica, integral presión-tiempo en apoyo y el área de máximo contacto del arco interno. Es de destacar, que una de las pruebas que permaneció para establecer la estructura del pie fue el índice de la altura del arco sentado (porcentaje entre la altura del arco y la longitud de la huella truncada con el paciente sentado) y que el IA no fue incluido en el estudio.

En 2004 Yates y White (101) en un estudio prospectivo con una muestra de 124 personas (hombres y mujeres) encontraron que las variaciones en la postura del pie en carga están asociadas con un incremento de riesgo de padecer el síndrome de estrés tibial medial en reclutas militares. Los reclutas en su período de entrenamiento llevaban calzado estandarizado (del ejército australiano). Cuarenta de ellos sufrieron el síndrome de estrés medial, el 52,9% de las mujeres y el 28,2% de los hombres, lo que supone el doble de riesgo para las mujeres de padecerlo. Esta incidencia, comparada con la obtenida en otros estudios para este mismo síndrome, es muy alta, pero la carga de ejercicio a la que se sometieron los reclutas también lo era, con unas dieciséis horas de entrenamiento diario. Aunque encontraron que una leve limitación en la flexión dorsal de tobillo, tanto con la rodilla extendida como flexionada, era más frecuente en el grupo que padeció el síndrome que en el de control, esta asociación no fue significativa. Lo que si fue estadísticamente significativo es el resultado del FPI, que revelaba que los reclutas

con un pie pronado tenían casi el doble de posibilidades (1,72) de padecer el síndrome de estrés tibial medial que los que no lo tenían.

En 2005 Burns, Keenan y Redmon (102) con otro estudio prospectivo valoraron en una muestra grande de atletas de triatlón, 131 en total, si la posición del pie medida con el FPI y el índice de valgo, estaba relacionada con la incidencia de lesiones, encontrando que los atletas con un pie supinado tenían un incremento significativo en el riesgo de lesión durante la competición. En estos resultados hay que tener en cuenta, de todos modos, que la muestra de participantes con un pie supinado era ostensiblemente menor que la del resto de morfologías y que se excluyeron de la muestra los atletas que usaban plantillas ortopédicas, con lo que la fuerza de la asociación se puede ver disminuida.

Si somos capaces de entender las diferencias en la estructura del arco del pie podríamos avanzar en la comprensión de factores de riesgo de lesión entre géneros, en el envejecimiento y en la lateralidad de un sujeto dado (54).

El conocimiento de los problemas que se derivan del arco del pie es importante para prevenir o aliviar el dolor y los problemas en el pie o el miembro inferior relacionados con él mediante, por ejemplo, el diseño de calzado apropiado (103) o el establecimiento de métodos de prevención temprana.

1.9 . Cuestionario de estado de salud del pie (CESP): Spanish FHSQ.

El FHSQ fue diseñado por Bennett y Patterson (104,105) para medir la calidad de vida de las personas en relación con la salud de sus pies. Aunque inicialmente se desarrolló para valorar resultados quirúrgicos en patología podológica, la herramienta no se limita solo a este campo.

Es un formulario autoadministrado, validado para valorar la calidad de vida relacionada específicamente con la salud podológica. Demostró un alto grado de validez de contenido, criterio, constructo (α de Cronbach=0,89-0,95), fiabilidad test-retest (CCI 0,74-0,92) y consistencia interna (0,85-0,88) (105).

Está constituido por tres secciones. La primera tiene 13 preguntas relativas a cuatro dominios. Dichas preguntas se pueden observar en la Tabla 4. Cada pregunta viene con sus respuestas dispuestas en una escala ordinal tipo Likert, de las que solo se puede escoger una, marcándola con un círculo. Los dominios se pueden observar en la Tabla 5 y son: dolor en el pie (4 preguntas), función del pie (4 preguntas), calzado (3 preguntas) y salud general del pie (2 preguntas). Cada uno de estos dominios representa una dimensión de la salud del pie, aunque todos están relacionados entre si. (104–106). Mientras que el dominio calzado captura tanto estados negativos como positivos (con el valor 50 como punto medio o 0), el resto representan una gradación continua, desde la ausencia (0) hasta la presencia (100), del estado manifestado (107).

CESP: preguntas que valoran los dominios de la salud del pie
1. ¿Qué grado de dolor de pies ha tenido usted durante la semana pasada?
2. ¿Con qué frecuencia ha tenido dolor de pies?
3. ¿Con qué frecuencia ha tenido dolor continuo en los pies?
4. ¿Con qué frecuencia ha tenido dolor punzante en los pies?
5. ¿Ha tenido dificultades en su trabajo o en sus actividades debido a sus pies? Si es así, ¿Cuánto?
6. ¿Se ha sentido limitado en el tipo de trabajo que podía hacer debido a sus pies? Si es así, ¿Cuánto?
7. La salud de sus pies, ¿cuánto le ha limitado su capacidad para caminar?
8. La salud de sus pies, ¿cuánto le ha limitado su capacidad para subir escaleras?
9. ¿Cómo calificaría la salud de sus pies en general?
10. Es difícil encontrar zapatos que no me hagan daño.
11. Tengo dificultades para encontrar zapatos que se adapten a mis pies.
12. No puedo usar muchos tipos de zapatos.
13. En general, ¿en qué condición diría usted que se encuentran sus pies?

Tabla 4. Preguntas que valoran los dominios de la salud del pie.

Dominio	Preguntas	Constructo teórico	Significado de la menor puntuación (0)	Significado de la mayor puntuación (100)
Dolor en el pie	4	Valoración del tipo, severidad y duración del dolor de pie	Dolor agudo en los pies	Libre de dolor
Función del pie	4	Valoración del impacto del pie en las funciones físicas	Severamente limitado para realizar numerosas actividades físicas	Puede realizar todas las actividades físicas deseadas
Salud general del pie	2	Auto-percepción del estado de los pies	Mal estado del pie	Estado del pie excelente
Calzado	3	Estilo de vida relacionado con el calzado y los pies	No puede usar cualquier tipo de calzado	Puede usar cualquier tipo de calzado

Tabla 5. Dominios de la salud del pie del CESP.

La segunda sección consta de veinte preguntas en cuatro dominios que son salud general, función física, función social y vitalidad. También vienen con las respuestas posibles del mismo modo que en la sección primera (104–106). Estas preguntas son análogas a las presentes en el Short Form 36 (SF36) (31,107).

Los dominios de esta sección se pueden consultar en la Tabla 6 y las preguntas que pertenecen a ella en la Tabla 7.

Dominio	Constructo teórico	Significado de la menor puntuación (0)	Significado de la mayor puntuación (100)
Salud general	Valoración del estado de salud	Baja percepción del estado de salud	Alta percepción del estado de salud
Actividad física	Valoración de la capacidad física	Severamente limitada	Ninguna limitación
Capacidad social	Valoración de las habilidades de interacción social	Baja capacidad de interacción	Alta capacidad de interacción
Vigor	Valoración de la energía percibida para la realización de actividades	Baja energía	Sin problema con los niveles de energía

Tabla 6. Dominios de la sección 2 del CESP.

La tercera sección recoge datos socioeconómicos, historial médico, hábitos y estilo de vida mediante escalas cualitativas (104,105).

Para obtener los resultados del cuestionario, se introducen las respuestas en el programa informático “The FHSQ 1.03”(108), que genera un índice para cada dominio (no un resultado global) que puede ir de 0 a 100, siendo 0 el peor estado de salud del pie y 100 la mejor salud posible. Además el software también proporciona imágenes gráficas de los resultados (104,105).

Es de gran utilidad clínica para valorar la salud de los pies y medir la presencia y magnitud de discapacidad o minusvalía física y/o la percepción psicológica de las mismas.

CESP: preguntas que valoran los dominios de la sección 2.
14. En general, usted diría que su salud es:
15. Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual ¿lo limita para hacer estas actividades? Si es así ¿cuanto? a. Esfuerzos intensos, tales como correr, levantar objetos pesados o participar en deportes agotadores. b. Esfuerzos moderados como limpiar la casa, levantar una silla, jugar a los bolos o nadar. c. Coger o llevar la bolsa de la compra. d. Subir una cuesta empinada. e. Subir un solo piso por la escalera. f. Levantarse después de estar sentado. g. Caminar un kilómetro o más. h. Caminar unos 100 m. i. Bañarse o vestirse por si mismo.
16. ¿Hasta qué punto su salud física o los problemas emocionales han dificultado sus actividades sociales habituales con la familia, los amigos u otras personas?
17. Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante el último mes. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted. Durante las últimas 4 semanas con qué frecuencia: a. ¿Se sintió cansado/a? b. ¿Tuvo mucha energía? c. ¿Se sintió agotado/a? d. ¿Se sintió lleno/a de vitalidad?
18. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?
19. Por favor, diga si le parece cierta o falsa cada una de las siguientes frases. a. Creo que me pongo enfermo/a más fácilmente que otras personas. b. Estoy tan sano/a como cualquiera. c. Creo que mi salud va a empeorar. d. Mi salud es excelente.

Tabla 7. Preguntas de la sección 2 del CESP.

Su versión en castellano está validada y se denomina “Cuestionario de estado de salud del pie ” o “Spanish FHSQ” (106,109). También existen traducciones adaptadas al portugués brasileño (110) y al valenciano (111).

Ha sido usada para valorar la salud podológica en diversas poblaciones, como en niños entre 6 y 12 años (112), mujeres menopáusicas (113) o en trabajadores del mar (114).

Para valorar el impacto en la calidad de vida de adultos con pie plano (115), en la salud podológica y en la calidad de vida de adultos con un IMC alto (116).

También para evaluar la eficacia del calzado como tratamiento, ya sea comparando las plantillas ortopédicas frente al calzado de balancín en el tratamiento de la osteoartritis de la primera articulación metatarsal (117,118) o para determinar la efectividad del calzado estándar en el tratamiento del dolor de pie (119).

Se utilizó en varios estudios relacionados con el dolor de talón, como por ejemplo para determinar las dificultades para calzarse de gente con dolor plantar de talón (120), para comparar la eficacia de la radiofrecuencia guiada con ecografía en el manejo del dolor de talón (121) y la efectividad de la punción seca en puntos gatillo (122).

Se empleó en fascitis plantar para estudiar la eficacia de varios tratamientos como las infiltraciones de membrana amniótica humana crio-preservada (123), o de corticoides con infiltración eco-guiada (124), o la aplicación tópica de pasta de trigo (125).

También se usó en estudios relacionados con la osteoartritis de la primera metatarsofalángica, ya sea para valorar su impacto en la calidad de vida del paciente (126) como para valorar su tratamiento mediante infiltraciones de ácido hialurónico (127). También en patología de la primera metatarsofalángica se empleó en estudios sobre el HR en los que se valoraban parámetros clínicos (128) o el impacto de esta patología en la calidad de vida de los que la padecen (129) y en HV, también para valorar su impacto en la calidad de vida de la gente mayor que lo sufre (130).

En cuanto a su propósito inicial, la valoración quirúrgica en patología podológica, se ha empleado para valorar la cirugía ambulatoria (131), los resultados del procedimiento de Lápidus para el tratamiento del HV degenerativo(132), los resultados de la artrodesis de la primera articulación en hallux limitus (133) y la calidad de vida tras algún tipo de cirugía podológica (134).

En cuanto a la comparación con otros cuestionarios de valoración demostró mejor capacidad para detectar cambios temporales frente al “Manchester Foot Pain And Disability Index” (MFPDI) (135) o que el FFI para valorar el tratamiento con plantillas (136). Según los resultados de un estudio de 2014 el FHSQ es de uso preferente en estudios clínicos frente al MFPDI para valorar la efectividad de las intervenciones en gente mayor destinadas a mejorar la función de sus pies o a reducir el dolor (137).

También demostró mayor capacidad para detectar cambios frente al SF36 en un estudio en el que se valoraba la calidad de vida relacionada con la presencia de diversa patología podológica. El FHSQ encontraba que las personas con alteraciones en los pies tienen menor calidad de vida, mientras que el SF36 no mostraba diferencias significativas (14). En dicho estudio el FFI también encontraba diferencias.

Es probable que los cuestionarios específicos, como el FHSQ y el FFI sean más sensibles a cambios relacionados con los pies por lo que su uso debería ser preferente en patología podológica.

En general, es considerado como una de las mediciones específicas de la salud del pie de mayor calidad (135).

2 . Problema de investigación, objetivos y tests de hipótesis

En este capítulo se procederá a resumir el contexto que nos lleva a hacernos la pregunta de la que parte la investigación desarrollada en la tesis, así como a definir la misma y los objetivos que nos marcamos. También se recogen los tests de hipótesis estadísticos utilizados para el estudio de dichas cuestiones.

2.1 . Problema de investigación.

Tras leer y revisar los estudios acerca de los distintos tipos de pies según la estructura de sus arcos, y como estos parecen relacionarse con distintas patologías, lesiones y afecciones tanto del miembro inferior como del pie en particular y observando que sin embargo no existe suficiente información acerca de como la estructura del pie según la altura del arco afecta a la calidad de vida nos hacemos la siguiente pregunta de investigación:

¿Influye la altura del arco del pie en la calidad de vida relacionada con la salud podológica en la etapa adulta?

2.2 . Objetivos.

2.2.1 . Objetivo principal.

El objetivo principal del estudio desarrollado en el marco de esta tesis es conocer si la altura del arco del pie tiene impacto en la calidad de vida relacionada con la salud podológica en la etapa adulta.

2.2.2 . Objetivos secundarios.

Como objetivos secundarios nos marcamos los siguientes:

Explorar las dimensiones específicas vinculadas con la calidad de vida relacionada con la salud del pie en personas adultas (dolor, función del pie, calzado y salud del pie en general) y con la salud a nivel general (salud general, vitalidad, función social y actividad física).

Analizar el perfil sociodemográfico de las personas adultas vinculadas a la salud del pie.

Describir las características antropométricas y clínicas de las personas adultas.

2.3 . Tests de hipótesis estadísticas.

Para estudiar los objetivos expuestos se desarrollan los tests de hipótesis que aparecen en esta sección. Siguiendo la metodología habitual la hipótesis nula se denota por H_0 , hipótesis que se supone que se verifica de partida, y por H_1 se denota la hipótesis alternativa.

- Test 1:

H_0 : la altura del arco no va a afectar a la calidad de vida en personas adultas.

H_1 : la altura del arco va a afectar a la calidad de vida en personas adultas.

- Test 2:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y el dolor de pie.
H₁: existe relación entre la altura del arco y el dolor de pie.

- Test 3:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y la función del pie.
H₁: existe relación entre la altura del arco y la función del pie.

- Test 4:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y los problemas con el calzado.
H₁: existe relación entre la altura del arco y los problemas con el calzado.

- Test 5:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y la salud general del pie.
H₁: existe relación entre la altura del arco y la salud general del pie.

- Test 6:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y la salud general de las personas.
H₁: existe relación entre la altura del arco y la salud general de las personas.

- Test 7:
H₀: no existe relación entre la altura del arco y la vitalidad de las personas.
H₁: existe relación entre la altura del arco y la vitalidad de las personas.

- Test 8:

H_0 : no existe relación entre la altura del arco y la función social de las personas.

H_1 : existe relación entre la altura del arco y la función social de las personas.

- Test 9:

H_0 : no existe relación entre la altura del arco y la actividad física de las personas.

H_1 : existe relación entre la altura del arco y la actividad física de las personas.

3 . Material y métodos

El presente capítulo describe los elementos empleados para llevar a cabo el estudio, así como la tipología del mismo y el marco contextual en el que este se desarrolló.

3.1 . **Ámbito de estudio.**

El ámbito del estudio fue el municipio de A Coruña, en la provincia de A Coruña, noroeste de España, que consta de una población total de 243.978 habitantes, distribuidos en 113.248 hombres y 130.730 mujeres, según el Instituto Galego de Estatística (2016). En la Tabla 8 se puede observar la evolución de la población en los últimos años. Su extensión total es de 37,82km², por lo que tiene una densidad de población de 6.449,33 habitantes/km² (138).

Total	Hombres	Mujeres	Año
243.978	113.248	130.730	2016
243.870	113.191	130.679	2015
244.810	113.616	131.194	2014
245.923	114.279	131.644	2013
246.146	114.421	131.725	2012
246.028	114.312	131.716	2011
246.047	114.407	131.640	2010
246.056	114.498	131.558	2009
245.164	114.134	131.030	2008
244.388	113.830	130.558	2007
243.320	113.431	129.889	2006

Tabla 8. Evolución y distribución de la población de A Coruña.

3.2 . Tipo de estudio.

El estudio es de tipo observacional descriptivo.

3.3 . Período de estudio.

El período de recogida de muestras para este estudio comprendió desde Febrero de 2016 a Marzo de 2017.

3.4 . Criterios de inclusión.

Los criterios de inclusión son: tener entre 18 y 66 años y aceptar el consentimiento informado y el documento de protección de datos.

3.5 . Criterios de exclusión.

No cumplir los criterios de inclusión, historial de trauma severo previo en el pie que modifique su morfología, historial de cirugía osteoarticular previa en el pie, deformaciones o alteraciones del pie que no sean la altura del arco y/o incapacidad para comprender las instrucciones del estudio y llevarlo a cabo.

3.6 . Selección de la muestra.

La selección de la muestra se llevó a cabo en la clínica podológica en la que tuvieron lugar las mediciones. A las personas asistentes a la misma se les invitó a formar

parte del estudio, una vez proporcionada la información pertinente acerca del mismo.

La selección de sujetos de la muestra fue de tipo consecutiva no aleatoria y se realizó en base a los criterios de inclusión y exclusión previamente establecidos y que figuran más arriba.

3.7 . Cálculo del tamaño de la muestra.

El tamaño muestral mínimo necesario para realizar el estudio es de 138 sujetos. Es un tamaño muestral acorde al de estudios previos de similares características y abordable en parámetros de tiempo de ejecución del proyecto y coste, dada la característica privada del proyecto. En la sección “5.4 Limitaciones del estudio.” se discute sobre el tamaño muestral.

El tamaño muestral se analizó usando el software de Investigación Epidemiológica Clínica de la Universidad de A Coruña (<https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>)(139). El tratamiento estadístico se basó en el número de adultos que viven en la ciudad de A Coruña (sobre 150.000). Planteando una prueba bilateral, un nivel de confianza $(1-\alpha)$ del 95%, un valor β del 20%, una precisión del 4% para una proporción del 50% ($p=0,50$) y con una pérdida estimada del 15% de los datos muestrales, se necesita un tamaño muestral de 114 sujetos.

3.8 . Formularios.

Se describen los formularios empleados en el estudio y para la formalización del mismo.

3.8.1 . Consentimiento informado.

La lectura, aprobación y firma del consentimiento informado es un requisito imprescindible para formar parte del estudio. De este modo se da cumplimiento a la ley 41/2002 de 14 de noviembre (140).

En el formulario de consentimiento informado se le enumeraron al paciente los datos que se le iban a solicitar, tanto en el Formulario de Recogida de Datos como en el CESP. Para su aprobación y firma se le aclararon todas las dudas que surgieron en lenguaje claro y sencillo, mostrando el CESP para su lectura y explicación a los que así lo pidieron. También se les aclaró que en cualquier momento del estudio podían revocar su consentimiento. Todo lo anterior estaba ya previamente reflejado en los puntos del formulario.

este formulario se puede consultar en la sección “Anexo B: formulario de consentimiento informado.”

3.8.2 . Protección de datos.

La lectura, aprobación y firma del formulario de protección de datos es un requisito imprescindible para formar parte del estudio.

Los datos facilitados durante el estudio se integraron en un fichero responsabilidad del director de la clínica en la que se recogieron. La confidencialidad de los mismos se mantuvo según la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD) y su Reglamento de desarrollo 11720/2007.

El fichero en el que se integraron los datos cedidos se encuentra debidamente inscrito en el Registro de Protección de Datos de la Agencia Española de Protección de Datos.

El paciente podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en los términos establecidos en la LOPD.

Además los resultados se analizan de manera conjunta y por tanto anónima.

El formulario empleado se puede ver en la sección “Anexo C: formulario de protección de datos.”

3.8.3 . Formulario de recogida de datos.

En el formulario de recogida de datos se recogió el número de cuestionario, el género, la edad, el número de calzado, la longitud del pie, la altura, el peso, el IMC y los antecedentes médicos y quirúrgicos.

El número de cuestionario se empleó para relacionar el formulario de recogida de datos con el CESP y las huellas y con los datos que se introdujeron en los programas empleados en el estudio (“The FHSQ 1.03”) y la hoja de cálculo.

La altura y el peso, aunque se piden en el CESP también fueron tomadas por el clínico en el momento de la recogida de datos, para minimizar errores. Lo mismo con los datos de antecedentes médicos y quirúrgicos.

El formulario utilizado aparece en la sección “Anexo A: formulario de recogida de datos.”

3.8.4 . Cuestionario de salud: CESP.

El CESP es un cuestionario autoadministrado que relaciona la calidad de vida con el estado de salud de los pies. Consta de tres secciones con un total de 27 preguntas y se tarda en torno a unos 10 minutos en completarlo.

Las preguntas de la primera sección se refieren a la salud de los pies, las de la segunda sección a la salud general y la tercera sección recoge datos socio-económicos, historial médico, hábitos y estilo de vida.

La valoración se realizó empleando la versión 1.3 del software específico del FHSQ.

Se explica más detalladamente en la sección 1.9 “Cuestionario de estado de salud del pie (CESP): Spanish FHSQ”.

3.8.5 . Hoja de pedigrafía.

Adjunto al formulario de recogida de datos y al cuestionario de salud va la hoja de pedigrafía, de medidas específicas para el pedígrafo (34,5x15cm), en la que se recogen las huellas de los participantes.

Previa a la captura de la huella se añade el número de referencia del formulario correspondiente en la esquina superior derecha de la hoja.

3.9 . Equipamiento.

Para el estudio se emplearon los siguientes elementos físicos: báscula, tallímetro, pedígrafo, escáner, ordenador y los formularios correspondientes que aparecen en los anexos.

Y los siguientes programas informáticos: “The FHSQ 1.03” para la valoración de los resultados del CESP, “ÁreaCalc”(141) en el cálculo del IA, “IBM SPSS Statistics 22.0”(142), “The R Project for Statistical Computing”(143), su paquete “Rcommander”(144) y “EPIDAT 4.2”(145) en los análisis y gráficos estadísticos y “LibreOffice 5.3.5.2” en la edición del documento.

Las mediciones se realizaron en una clínica podológica privada.

3.10 . Procedimiento.

Un único investigador entregó y explicó los formularios y realizó las mediciones.

Primero se midió la altura y el peso, con el sujeto descalzo y llevando ropa ligera. Se calculó el IMC utilizando la ecuación de Quetelet’s: $IMC = \text{peso} / \text{altura}^2$, expresándose el peso en kilos y la altura en metros (146).

Las categorías estándar de peso utilizadas para interpretar el IMC se pueden observar en la Tabla 9.

IMC	Clasificación
<18,5	Por debajo del peso
18,5-24,9	Normal
25,0-29,9	Sobrepeso
≥30,0	Obeso

Tabla 9. Clasificación según el IMC.

El IA se midió usando una huella plantar obtenida en un pedígrafo, según el mismo procedimiento descrito por Cavanagh y Rodgers. Se les pide a los sujetos que permanezcan con ambos pies en posición anatómica a la altura de los hombros, los brazos colgando a los lados y mirando al frente (fijando la vista en un punto imaginario). Después se les pide que levanten levemente el pie cuya huella va a ser capturada, se coloca el pedígrafo debajo y se le pide al sujeto que apoye el pie distribuyendo el peso normalmente entre ambos miembros inferiores, es decir, sin sobrecargar el pie al que se le está tomando la huella. Antes de realizar la captación, se explica el método y se realiza una práctica (80).

El IA se define como la proporción entre el área del tercio medio de la huella (mediopié) y el área de la huella completa, descartando los dedos.

Se captaron las dos huellas de cada participante. El área de contacto del pie, excluyendo los dedos, se divide en tres partes iguales (antepié, mediopié y retropié). Tras calcular el área de contacto de cada parte se divide el área del mediopié entre el área total: $IA = M / (A + M + R)$ donde M es el mediopié, A el antepié y R el retropié. Un IA mayor o igual a 0,260 se considera bajo, entre 0,210 y 0,260 se considera normal y menor o igual a 0,210 se considera alto (80).

En 2009 Murley y colaboradores (59) con una muestra de 91 pies y validando los resultados mediante su correlación con los hallazgos radiológicos proponen un valor normal de 0,20-0,28.

Para el cálculo del IA se utilizó solo la huella del pie derecho, ya que estudios anteriores no encontraron diferencias en el promedio de huellas (147).

Utilizando el programa ÁreaCalc se obtuvo el valor del IA para cada huella y los datos se introdujeron en una hoja de cálculo para su posterior procesado y comparación.

3.11 . Estrategia de búsqueda bibliográfica.

Para la búsqueda de literatura científica relacionada con el objeto de esta Tesis se emplearon las siguientes bases de datos: Medline, PubMed, Cochrane Library, ISI Web of knowledge, TESEO y Google Académico.

Los términos de búsqueda introducidos fueron: health, podiatric health, foot health, foot problems, Arch Index, foot type, foot types, foot clasification, foot posture, foot position, foot function, foot health status questionnaire, foot questionnaire, fhsq, quality of life foot.

3.12 . Aspectos éticos.

El estudio fue aprobado por el Comité de Investigación y Ética de la Universidad de A Coruña con el número de registro CE 27/2016 (se puede consultar en la sección “Anexo D: informe del Comité de Ética.”).

Además no existen en él factores físicos que pudiesen perjudicar a los sujetos y se preservaron los estándares éticos de experimentación en seres humanos de la Declaración de Helsinki (Asamblea Médica Mundial), del Convenio del Consejo de Europa relativo a los derechos humanos y a la biomedicina, en la Declaración Universal de la Unesco sobre el genoma humano y los derechos humanos y de los organismos nacionales o institucionales apropiados, por lo que se trata de un estudio seguro y fiable.

3.13 . Análisis estadístico de los datos.

Para estudiar los diferentes contrastes de hipótesis se utilizaron los siguientes métodos estadísticos:

- Test de la t: para estudiar la igualdad de medias de dos poblaciones.
- Test ANOVA: para comparar la igualdad de medias de varias poblaciones.
- Test MANOVA: para comparar la igualdad de un vector (varias variables) en varias poblaciones.

Los programas empleados para el análisis de los datos son SPSS (142), R (143) y EPIDAT (145), realizándose un análisis descriptivo de las variables incluidas en el estudio(148,149).

4 . Resultados

Las variables que vamos a estudiar son las siguientes:

Género: variable cualitativa que toma los valores hombre y mujer.

Edad: variable cuantitativa. La muestra es de adultos de edades comprendidas entre 18 y 66 años.

Número de calzado: variable cuantitativa discreta. Recoge el número de zapato más comúnmente empleado por el sujeto, proporcionado por el mismo.

Longitud del pie: variable cuantitativa continua. Longitud desde la punta del dedo más largo hasta el talón, medida en centímetros.

Altura: variable cuantitativa continua. Altura del individuo poblacional, se calcula con un tallímetro montado en la pared y se proporciona en metros.

Peso: variable cuantitativa continua. Peso del individuo poblacional, se calcula con una báscula analógica y se mide en kilogramos.

IMC (IMC): variable cuantitativa continua. Se obtiene como el cociente del peso por el cuadrado de la altura, expresándose el peso en kilos y la altura en metros.

IA (IA): variable cuantitativa continua. Proporcionado por el programa ÁreaCalc en base a las huellas recogidas. Se describe con detalle en la sección “1.7.9 Índice del Arco”.

Actividad profesional: variable cualitativa. Los sujetos seleccionan su actividad actual de entre cinco posibilidades: estudiante, autónomo, trabajador por cuenta ajena, en paro o jubilado.

Nivel de estudios: variable cualitativa. Los sujetos seleccionan su nivel de estudios entre cinco posibilidades: primarios incompletos, primarios, secundarios, tercer grado-medios o superiores.

Situación familiar: variable cualitativa. Los sujetos seleccionan su situación entre cinco posibilidades: soltero/a, separado/a-divorciado/a, viudo/a, viviendo en pareja o casado/a.

Enfermedades de base o factores de riesgo: variable cualitativa. Los sujetos marcan si procede uno o varias de las siguientes posibilidades: menopausia, diabetes, obesidad, uso de antibióticos, uso de corticoides o inmunodepresores, alteraciones vasculares, traumatismos, patología osteoarticular u otros.

Dolor del pie: evalúa el dolor en términos de severidad y duración. Los valores los proporciona el programa FHSQ según las puntuaciones marcadas en el formulario

para este dominio. Esto también es así para el resto de dominios que aparecen descritos a continuación. Las preguntas específicas y las puntuaciones posibles de todos ellos se pueden consultar en la sección “1.9. Cuestionario de estado de salud del pie (CESP): Spanish FHSQ”.

Función del pie: valora la limitación del sujeto para la realización de actividades físicas tales como caminar, trabajar y moverse.

Calzado: refleja las limitaciones para encontrar un calzado adecuado.

salud del pie: valora la auto-percepción del estado de los pies.

Salud general: valora la auto-percepción del estado de salud general del sujeto.

Actividad física: evalúa las limitaciones para la actividad física.

Función social: valora las limitaciones para la interacción social en relación al estado de los pies.

Vigor: valora la auto-percepción de energía del sujeto a la hora de realizar tareas.

4.1 . Características generales de la muestra.

En este apartado se exponen las características generales de la muestra estudiada.

4.1.1 . Género.

La muestra final consiste en 138 sujetos de los cuales 32 son hombres y 106 mujeres, siendo el porcentaje de estas casi el triple de los primeros (Tabla 10 y Figura 23).

Género	Frecuencia absoluta	Porcentaje
Hombre	32	23,19
Mujer	106	76,81

Tabla 10. Frecuencias de la variable género.

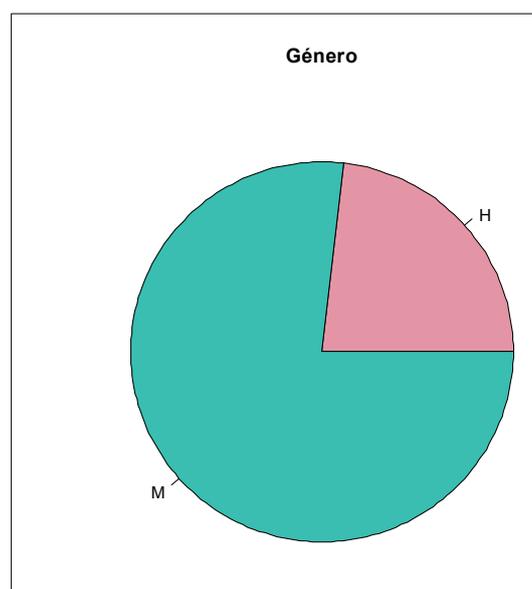


Figura 23. Sectores de la variable género.

4.1.2 . Edad.

La edad de los participantes va de los 23 a los 66 años. El hombre más joven tenía 26 años, 3 más que la mujer más joven y los de más edad 66, tanto para hombres como para mujeres. La media de los participantes se sitúa en 46,20 años para toda la muestra y en 42,62 años para los hombres y 47,28 años para las mujeres, siendo similar en los tres casos. Estos datos se pueden observar en la Tabla 11 y en los gráficos de las Figuras 24 y 25.

En la Tabla 11 se presentan los siguientes estadísticos de la variable edad:

Tamaño muestral (n): número de observaciones muestrales.

Media aritmética (Media): suma de todos los valores dividido entre el tamaño muestral (medida de centralización).

Desviación típica (DT): medida de dispersión de los datos de la muestra respecto a la media.

Recorrido intercuartílico (RIC): es la diferencia entre el tercer (Per75) y el primer (Per25) cuartil. Es una medida de dispersión, longitud del intervalo en el que se encuentran el 50% de los valores muestrales que no son ni los más grandes ni los más pequeños.

Percentiles 0, 25, 50, 75 y 100 (Per0, Per25, Per50, Per75 y Per100): el percentil PerQ es el valor de la variable (edad) por debajo del cual se encuentran el porcentaje indicado (Q) de los datos de la muestra. Es una medida de localización. En particular, el Per0 es el valor más pequeño de la muestra, el Per100 el más grande y el Per50 es la mediana de la muestra.

En el estudio de las variables de la muestra se proporcionarán tablas análogas a la Tabla 11 que muestran los principales estadísticos de la variable en estudio.

Edad (años)	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Total	138	46,20	11,37	18,00	23	38,00	46,50	56,00	66
Hombre	32	42,62	11,01	26,00	26	36,75	39,50	50,25	66
Mujer	106	47,28	11,30	17,75	23	39,00	48,00	56,75	66

Tabla 11. Estadísticos de la variable edad (en total y por género).

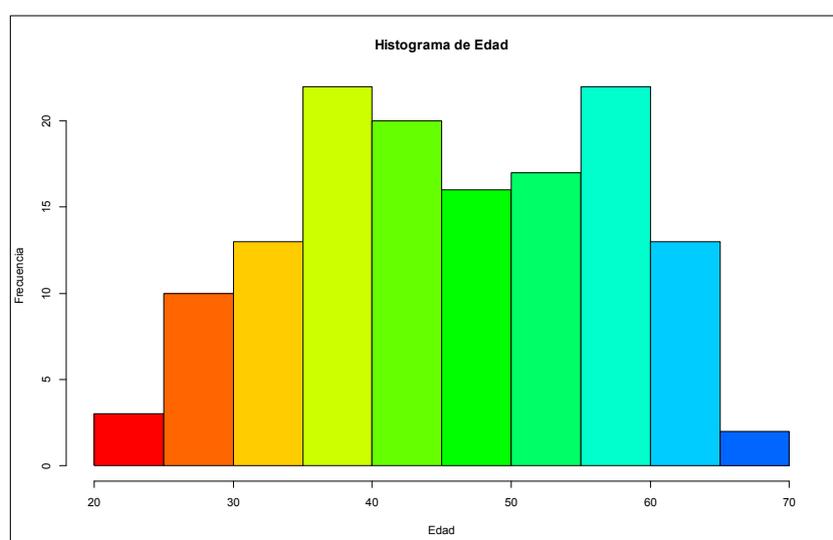


Figura 24. Histograma de la variable edad.

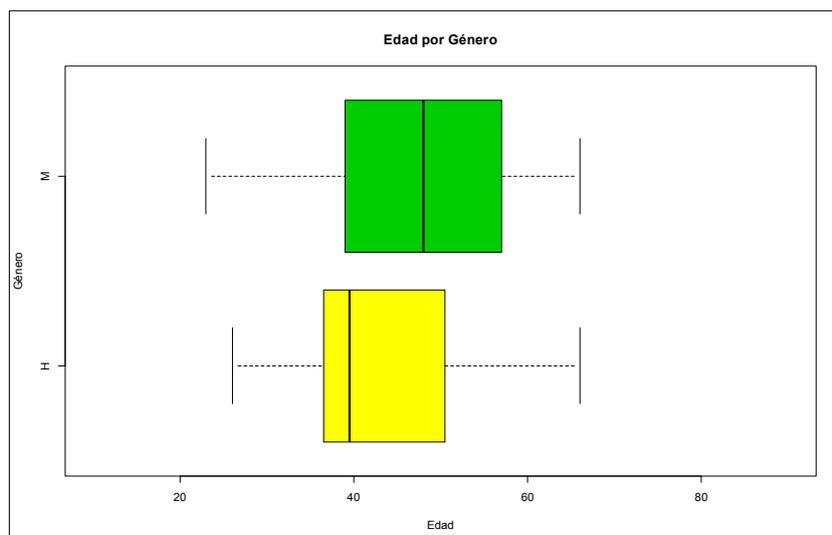


Figura 25. Gráfico de cajas de edad según género.

4.1.3 . Número de calzado.

En cuanto al calzado, la media de la muestra se sitúa en el número 39,31 siendo de 42,21 para los hombres y de 38,44 para las mujeres. El menor número proporcionado es un 35, que le corresponde al sexo femenino y para los hombres es el 39. Los mayores números proporcionados son el 44 para mujer y el 46,50 para hombre, que también corresponde al mayor valor absoluto. Estos resultados se pueden observar en la Tabla 12 y en los gráficos de las Figuras 26 y 27.

Número calzado	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	39,31	2,41	3,75	35	37,25	39	41	46,5
Hombre	32	42,21	1,78	2,00	39	41,00	42	43	46,5
Mujer	106	38,44	1,82	2,00	35	37,00	38	39	44

Tabla 12. Estadísticos de la variable número de calzado (en total y por género).

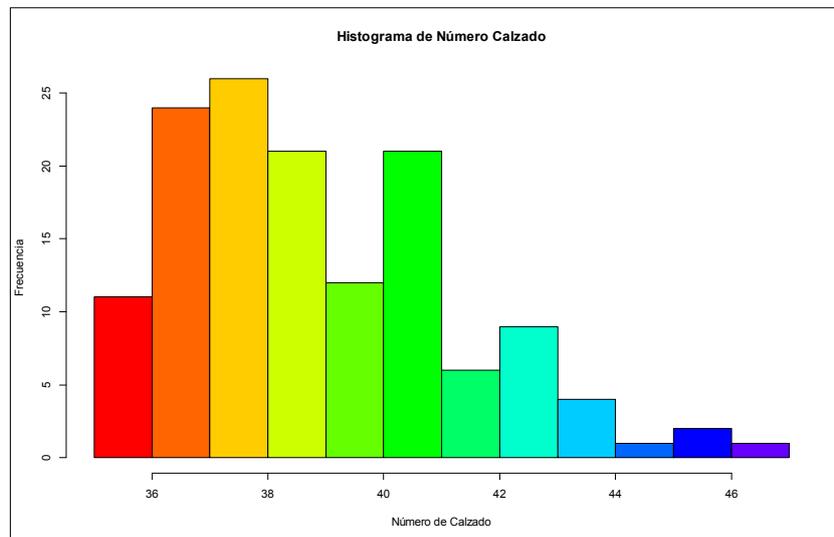


Figura 26. Histograma de la variable número de calzado.

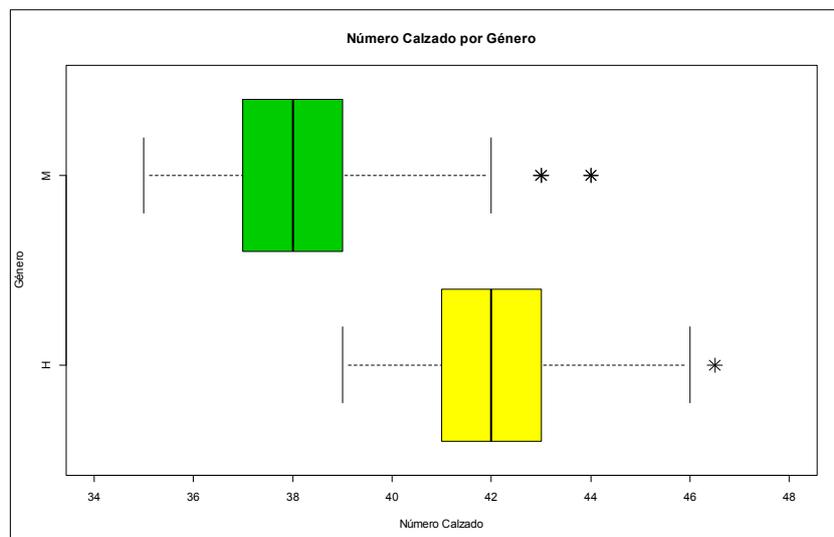


Figura 27. Gráfico de cajas de número de calzado según género.

4.1.4 . Longitud del pie.

La longitud del pie varía entre 21,00cm que corresponde con el sexo femenino y 29,50cm que corresponde con el sexo masculino. El menor valor medido en hombres es 23,50cm y el mayor valor medido en mujeres es 28,40cm. Los datos relativos a la longitud del pie se pueden observar en la Tabla 13 y los gráficos de las Figuras 28 y 29.

Longitud del pie (cm)	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	24,88	1,69	2,07	21,0	23,70	24,55	25,77	29,5
Hombre	32	26,65	1,48	1,87	23,5	25,67	26,35	27,55	29,5
Mujer	106	24,35	1,36	1,50	21,0	23,50	24,25	25,00	28,4

Tabla 13. Estadísticos de la variable longitud del pie (en total y por género).

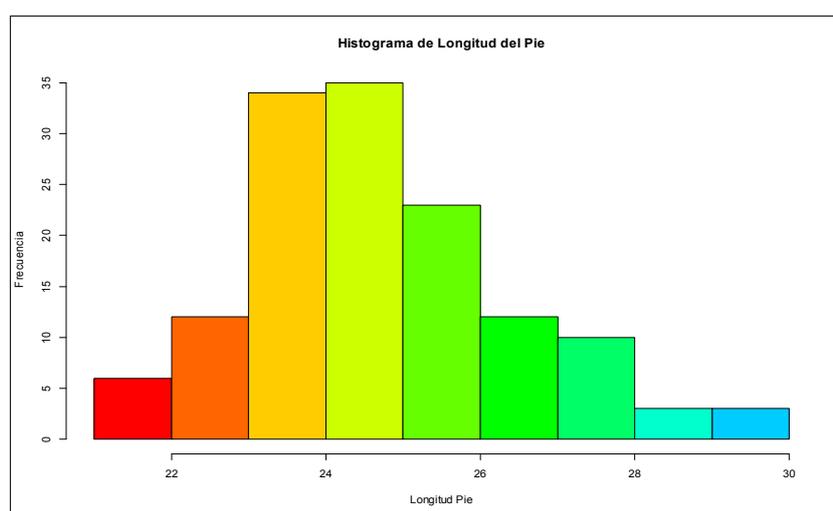


Figura 28. Histograma de la variable longitud del pie.

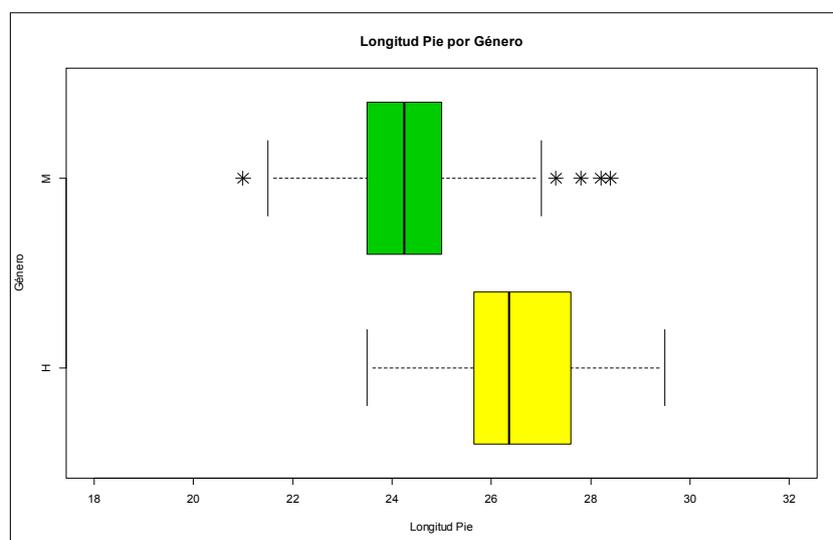


Figura 29. Gráfico de cajas de longitud del pie según género.

4.1.5 . Altura.

En cuanto a la altura la media es de 1,66m para toda la muestra, siendo la de las mujeres 1,63m y la de los hombres 1,76m. El valor mínimo medido es de 1,50m y el máximo de 1,94m, medido el primero en mujeres y el segundo en hombres, como se puede observar en la Tabla 14 y en los gráficos de las Figuras 30 y 31.

Altura (m)	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	1,661	0,092	0,100	1,50	1,60	1,64	1,70	1,94
Hombre	32	1,756	0,082	0,112	1,64	1,69	1,74	1,80	1,94
Mujer	106	1,632	0,074	0,085	1,50	1,58	1,62	1,67	1,82

Tabla 14. Estadísticos de la variable altura (en total y por género).

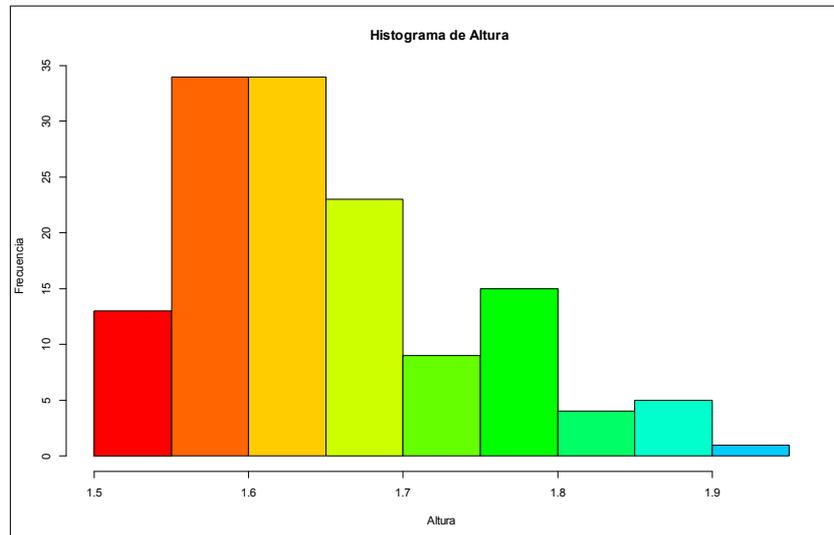


Figura 30. Histograma de la variable altura.

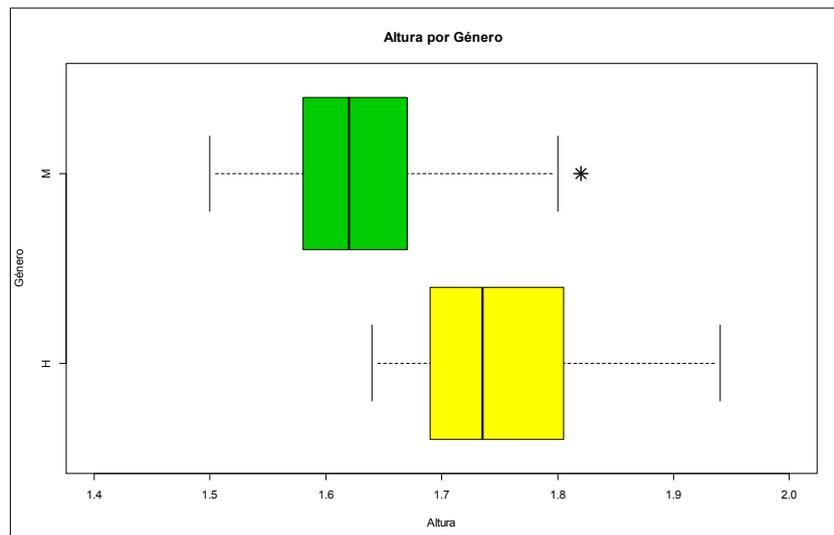


Figura 31. Gráfico de cajas de altura según género.

4.1.6 . Peso.

Los pesos medidos en la muestra oscilan entre los 44kg y los 115kg. El mínimo está en mujeres y el máximo lo alcanzan ambos grupos. La media es de 71,36kg, siendo en hombres de 81,28kg y en mujeres de 68,36kg. Estos datos se pueden encontrar en la Tabla 15 y en los gráficos de las Figuras 32 y 33.

Peso (kg)	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	71,36	14,48	19,00	44	61,00	68,00	80,00	115
Hombre	32	81,28	13,54	16,50	60	71,75	81,50	88,25	115
Mujer	106	68,36	13,43	14,75	44	60,00	65,00	74,75	115

Tabla 15. Estadísticos de la variable peso (en total y por género).

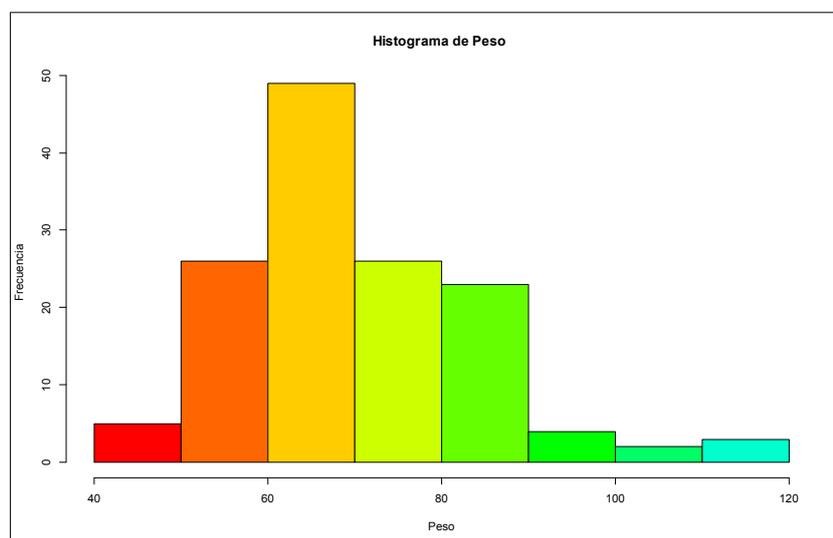


Figura 32. Histograma de la variable peso.

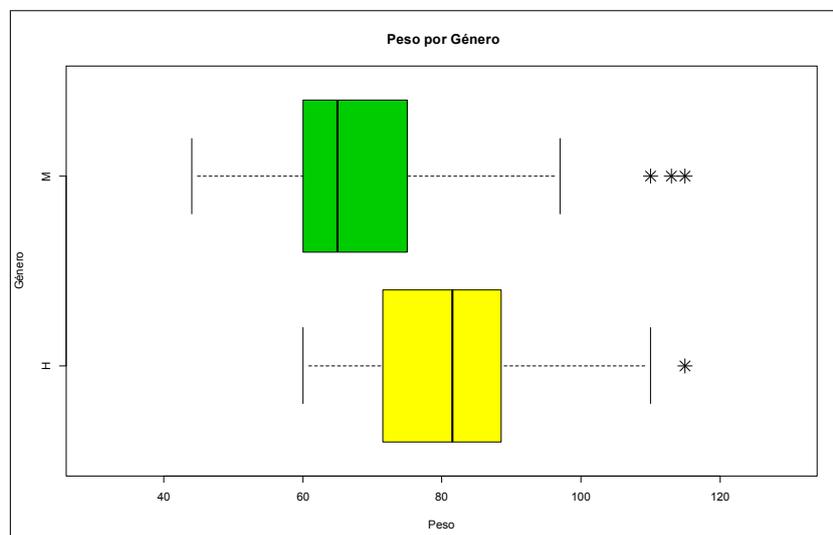


Figura 33. Gráfico de cajas de peso según género.

4.1.7 . Índice de Masa Corporal.

La media del IMC es de $25,76\text{kg/m}^2$ para toda la muestra y de $26,25\text{kg/m}^2$ en hombres y $25,61\text{kg/m}^2$ en mujeres. En este caso, a diferencia de los anteriores datos antropométricos proporcionados, tanto el valor mínimo como el máximo se encuentran en mujeres, siendo el primero de $18,31\text{kg/m}^2$ y el segundo de $41,91\text{kg/m}^2$. En hombres el valor mínimo es de $20,38\text{kg/m}^2$ y el máximo de $31,46\text{kg/m}^2$, como se puede observar en la Tabla 16 y en los gráficos de las Figuras 34 y 35.

IMC (kg/m ²)	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	25,76	4,15	5,36	18,31	22,53	25,35	27,89	41,91
Hombre	32	26,25	3,21	4,08	20,38	23,91	27,00	27,98	31,46
Mujer	106	25,61	4,39	5,64	18,31	22,24	24,97	27,88	41,91

Tabla 16. Estadísticos de la variable IMC (en total y por género).

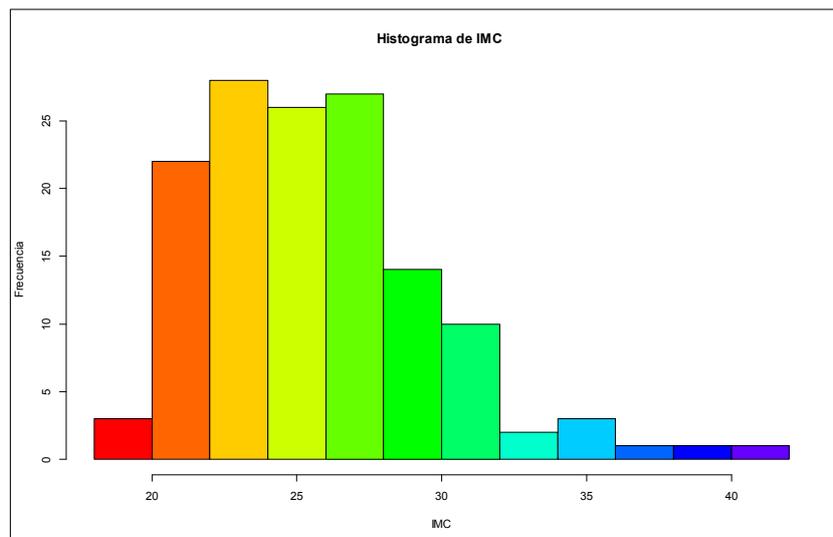


Figura 34. Histograma de la variable IMC.

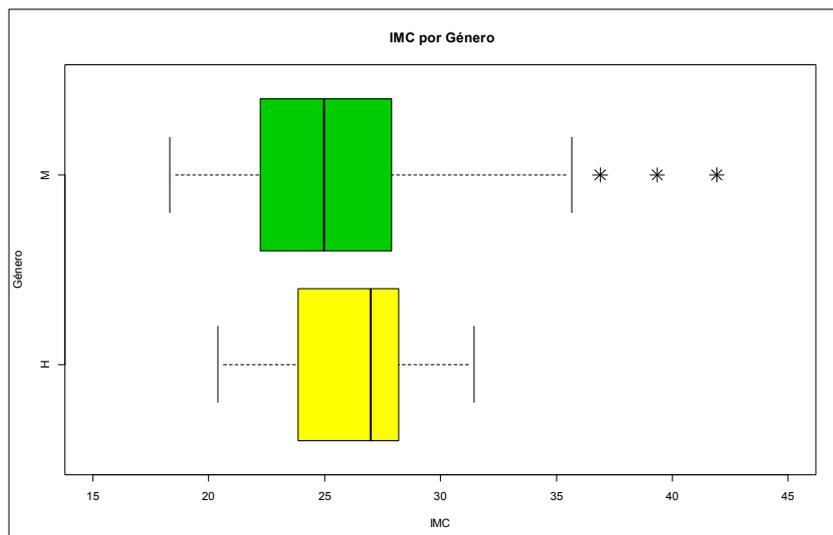


Figura 35. Gráfico de cajas de IMC según género.

A partir de los resultados del IMC se procede a una factorización de dicha variable continua en dos niveles. Así en el grupo Normal se recogen a los delgados y normales de la clasificación estándar y en el de Sobrepeso se agrupan a los de sobrepeso y obeso.

Con dicha factorización se obtiene la siguiente tabla de frecuencias (Tabla 17):

IMC (kg/m ²)	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
Normal	12 (8,7)	53 (38,7)	64 (47,1)
Sobrepeso	20 (14,5)	53 (38,4)	18 (52,9)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 17. Frecuencias de IMCfac en total y por género.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IMCfac y género) proporciona un estadístico de 1,5414 y el p-valor es 0,2144 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables. Se puede observar el gráfico en la Figura36.



Figura 36. Sectores de la variable IMCfac

En la distribución del IMCfac según el género se aprecia que el porcentaje de hombres catalogados en Sobrepeso es casi el doble del porcentaje que esta en el grupo Normal. Los porcentajes de las mujeres, sin embargo, son similares en ambos grupos. El gráfico de barras de IMCfac teniendo en cuenta el género se presenta en la Figura 37.

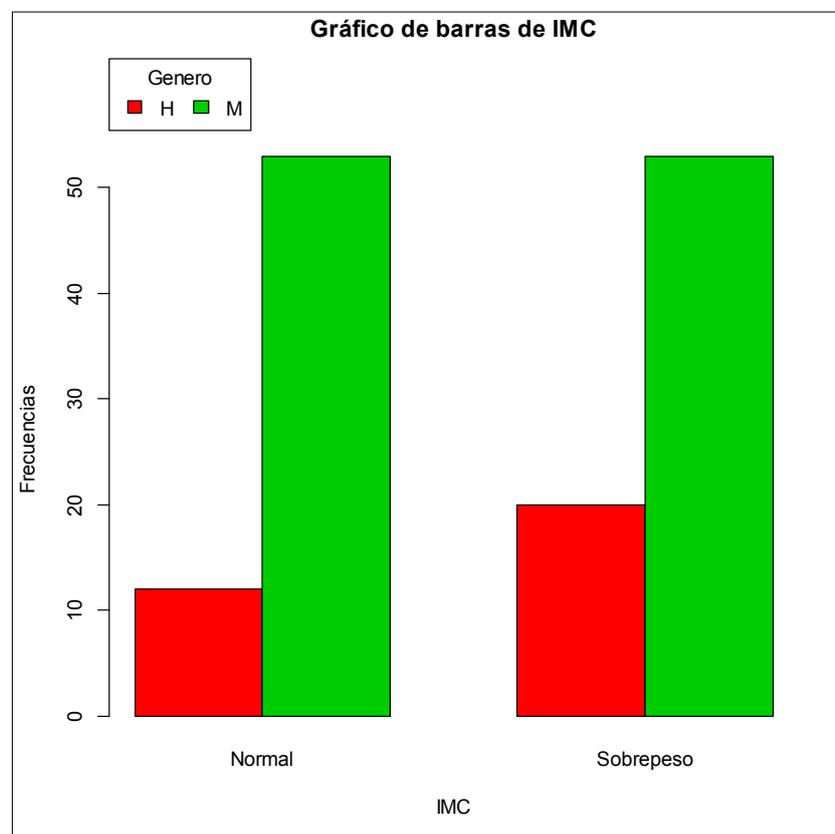


Figura 37. IMCfac según género.

4.1.8 . Índice del Arco.

Para el IA, los valores máximo y mínimo de la muestra son 0,031 y 0,351 respectivamente. Ambos valores se encuentran entre las mujeres de la muestra, mientras que para los hombres el mínimo es 0,091 y el máximo 0,311.

Recordemos que el IA es la proporción entre el área del tercio medio de la huella y el área total de la misma (excluidos los dedos). Se correlaciona con la altura del arco interno, de modo que cuanto mayor sea el IA más plano es el pie y cuanto menor sea el IA más cavo será el pie. Para más detalle sobre el mismo, acudir a la sección “1.7.9. Índice del Arco”.

La media obtenida de los valores de la muestra es 0,2142, siendo para mujeres 0,2065 y para hombres 0,2398. Estos datos se pueden consultar en la Tabla 18 y en los gráficos de las Figuras 38 y 39.

Índice Arco	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	0,2143	0,0559	0,059	0,031	0,194	0,225	0,253	0,351
Hombre	32	0,2398	0,0441	0,027	0,091	0,235	0,245	0,262	0,311
Mujer	106	0,2065	0,0569	0,049	0,031	0,191	0,215	0,240	0,351

Tabla 18: Estadísticos de la variable IA (en total y por género).

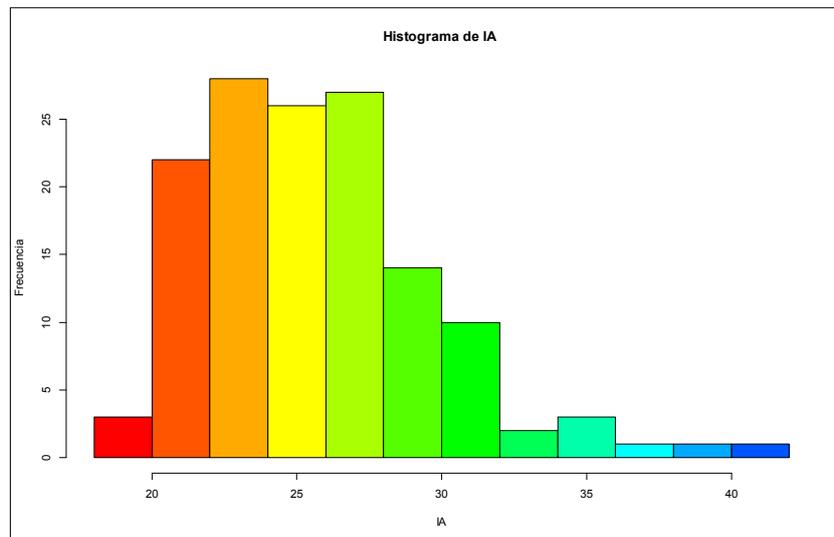


Figura 38. Histograma de la variable IA.

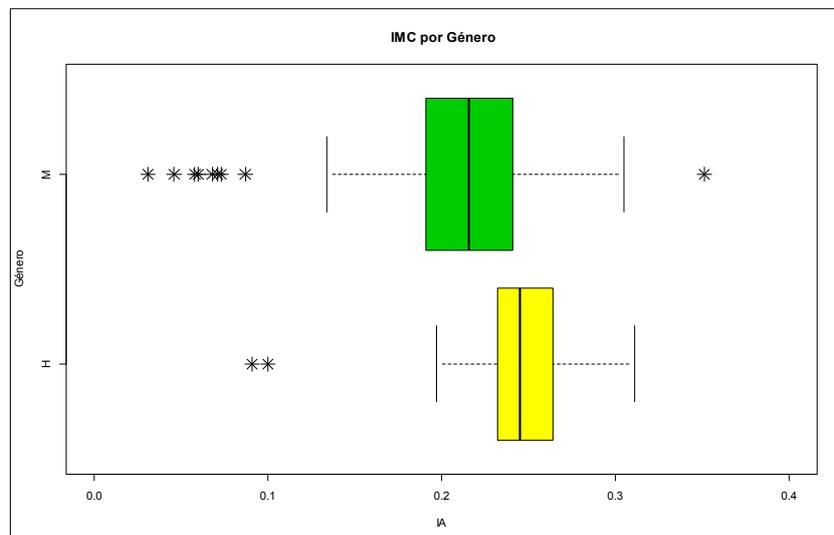


Figura 39. Gráfico de cajas del IA según género.

Para realizar comparaciones y estudiar la influencia del IA en los resultados del CESP se ha factorizado esta variable continua de dos modos.

La primera factorización se denomina IAfactA y consiste en formar dos niveles de respuesta: Normal (está entre 0,21 y 0,26) y NoNormal (fuera de la normalidad, ya sea por defecto o por exceso). De este modo concluimos que el 52,2% de la muestra se sitúa en el valor NoNormal, siendo el 8% de estos hombres y el 44,2% mujeres, un valor claramente mayor. En el valor Normal esta el 47,8% de la muestra, siendo el 15,2% de estos hombres y el 32,6% mujeres. Estas frecuencias se pueden consultar en la Tabla 19 y en los gráficos de las Figuras 40 y 41.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactA y género) proporciona un estadístico de 5,2892 y el p-valor es 0,02146 por lo que se rechaza con $\alpha=0,05$ la hipótesis de independencia de las dos variables.

Índice Arco IAfactA	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
NoNormal	11 (8,0)	61 (44,2)	72 (52,2)
Normal	21 (15,2)	45 (32,6)	66 (47,8)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 19. Frecuencias del IAfactA en total y por género.

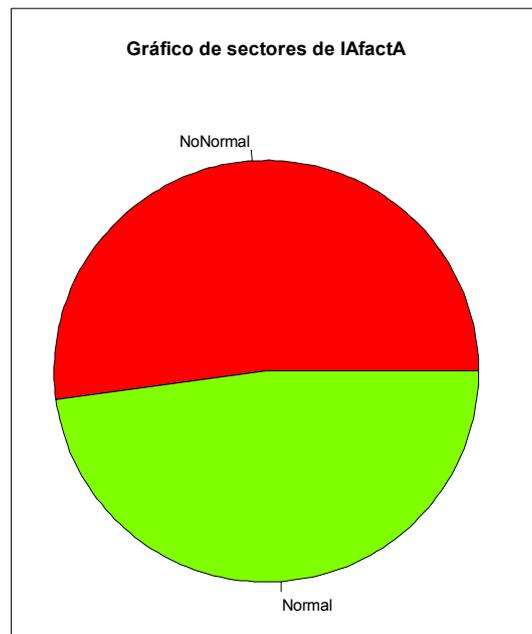


Figura 40. Sectores de la variable IFactA.

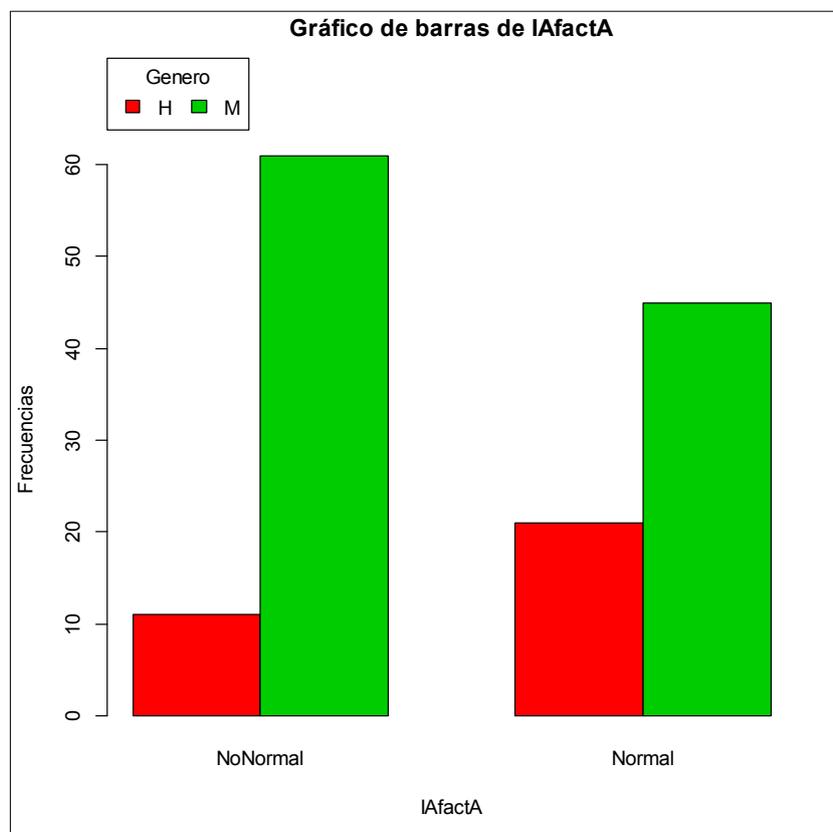


Figura 41. IFactA según género.

La segunda factorización de la variable IA se denomina IAfactB. Se divide la variable continua IA en tres niveles de respuesta: IANormal, IADisminuído (pie cavo) y IAaumentado (pie plano).

Con esta factorización el 15,2% de la muestra (el 5,8% de los hombres y el 9,4% de las mujeres) se sitúa en IAaumentado, el 37,0% en IADisminuido (el 2,2% de los hombres y el 34,8% de las mujeres) y el 47,8% en IANormal (15,2% de los hombres y el 32,6% de las mujeres). Estos valores se muestran en la Tabla 20 y en los gráficos de las Figuras 42 y 43.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactB y género) proporciona un estadístico de 13,955 y el p-valor es 0,0009325 por lo que se rechaza claramente la hipótesis de independencia de las dos variables. Por tanto existe relación entre la variable género y el tipo de IA.

Índice Arco IA_factB	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
IAAument	8 (5,8)	13 (9,4)	21 (15,2)
IADismin	3 (2,2)	48 (34,8)	51 (37,0)
IANormal	21 (15,2)	45 (32,6)	66 (47,8)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 20. Frecuencias de IAfactB en total y por género.



Figura 42. Sectores de la variable IAfactB.

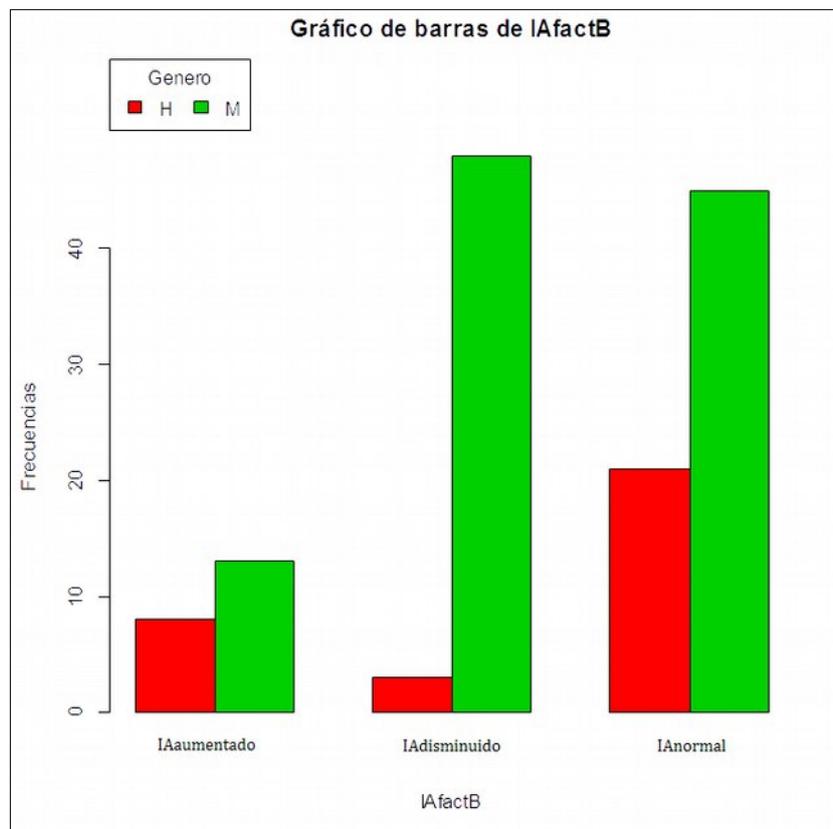


Figura 43. IAfactB según género.

4.1.9 . Actividad Profesional.

Para el análisis descriptivo de la variable actividad profesional se ha procedido a su factorización en cinco niveles: estudiante, autónomo, trabajador por cuenta ajena, en paro y jubilado.

La amplia mayoría de los sujetos de la muestra son trabajadores por cuenta ajena (66,7%, 15,2% hombres y 51,4% mujeres). El porcentaje menor es de estudiantes (1,4%), seguido de jubilados (6,5%), personas en paro (7,2%) y autónomos (18,1%). Los datos relativos a las frecuencias de aparición de las distintas actividades profesionales se pueden ampliar en la Tabla 21 y en la Figura 44.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (actividad profesional y género) proporciona un estadístico de 2,4945 y el p-valor es 0,6456 y se acepta claramente la hipótesis de independencia de las dos variables.

Actividad profesional	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
Estudiante	0 (0,0)	2 (1,4)	2 (1,4)
Autónomo	8 (5,8)	17 (12,3)	25 (18,1)
Trabaj cuenta ajena	21 (15,2)	71 (51,4)	92 (66,7)
En paro	2 (1,4)	8 (5,8)	10 (7,2)
Jubilado	1 (0,7)	8 (5,8)	9 (6,5)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 21. Frecuencias de actividad profesional en total y por género.

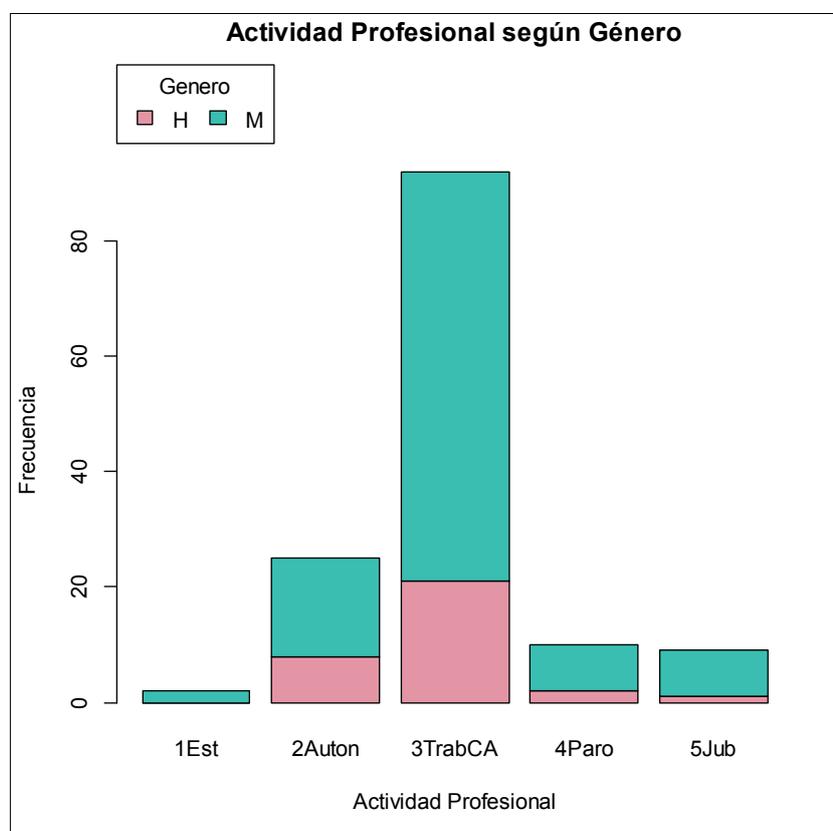


Figura 44. Actividad profesional según género.

4.1.10 . Nivel de estudios.

Para el análisis descriptivo de la variable nivel de estudios se ha procedido a su factorización en 5 niveles: primarios incompletos, primarios (hasta los 14-16 años – EGB – ESO), secundarios (hasta los 18 años –BACHILLER – COU – FPI), tercer grado – medios (Diplomado carrera 3 años – FPII) y superiores (Licenciados, carrera de 5 años).

La mayoría de la muestra declara estudios de tercer grado (31,2%) o secundarios (30,4%), seguidos por los estudios primarios y superiores, con un 18,1% y un 16,7% respectivamente. Por último están las personas que declaran estudios primarios incompletos, que suponen un 3,6% de la muestra. Los detalles de frecuencias de los datos relativos al nivel de estudio se pueden ver en la Tabla 22 y en la Figura 45.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (Nivel educativo y género) proporciona un estadístico de 4,3811 y el p-valor es 0,3569 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables.

Nivel de Estudios	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
Primarios incompletos	1 (0,7)	4 (2,9)	5 (3,6)
Primarios	9 (6,5)	16 (11,6)	25 (18,1)
Secundarios	11 (8,0)	31 (22,5)	42 (30,4)
3º Grado	8 (5,8)	35 (25,4)	43 (31,2)
Superiores	3 (2,2)	20 (14,5)	9 (16,7)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 22. Nivel de estudios en total y por género.

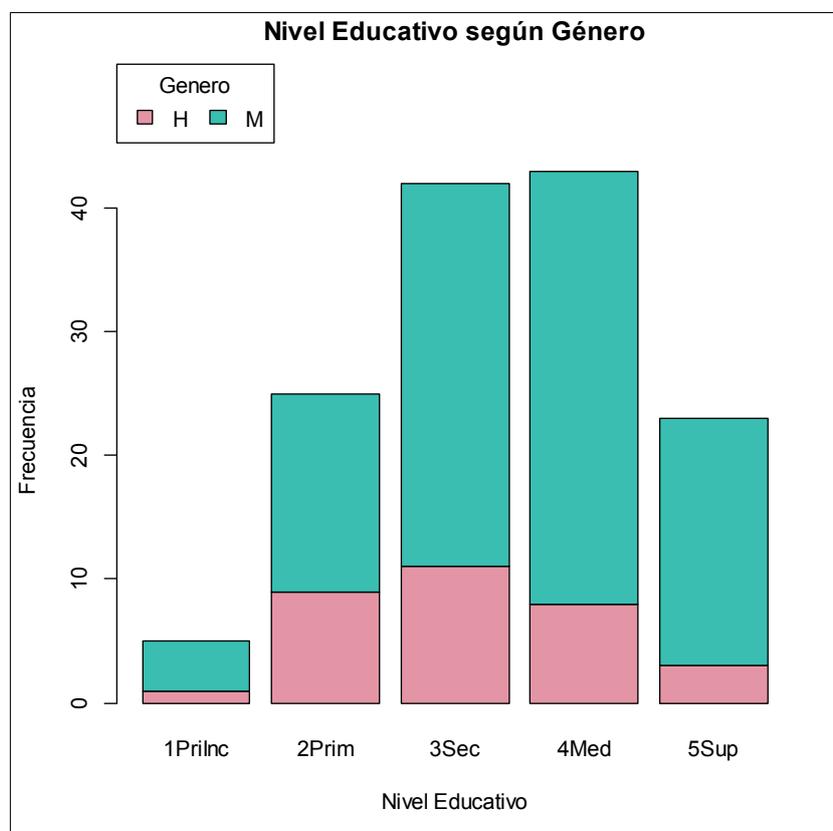


Figura 45. Nivel Educativo según género.

4.1.11 . Situación Familiar.

La variable cualitativa situación familiar se ha factorizado en: soltero/a, separado/a-divorciado/a, viviendo en pareja y casado/a.

La mayoría de las personas de la muestra (50%) están casadas, seguidas en porcentaje por las que viven en pareja (25,4%), las solteras (13,8%), las separadas/divorciadas y en la menor proporción están las personas viudas (4,3%), tal y como se observa en la Tabla 23 y en el gráfico de la Figura 46.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (actividad profesional y género) proporciona un estadístico de 5,4158 y el p-valor es 0,2472 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables.

Situación familiar	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
Soltero/a	8 (5,8)	11 (8,0)	19 (13,8)
Separado - Divorciado/a	1 (0,7)	8 (5,8)	9 (6,5)
Viudo/a	1 (0,7)	5 (3,6)	6 (4,3)
Viviendo en pareja	6 (4,3)	29 (21,0)	35 (25,4)
Casado/a	16 (11,6)	29 (38,4)	69 (50,0)
Total	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 23. Frecuencias de situación familiar en total y por género.

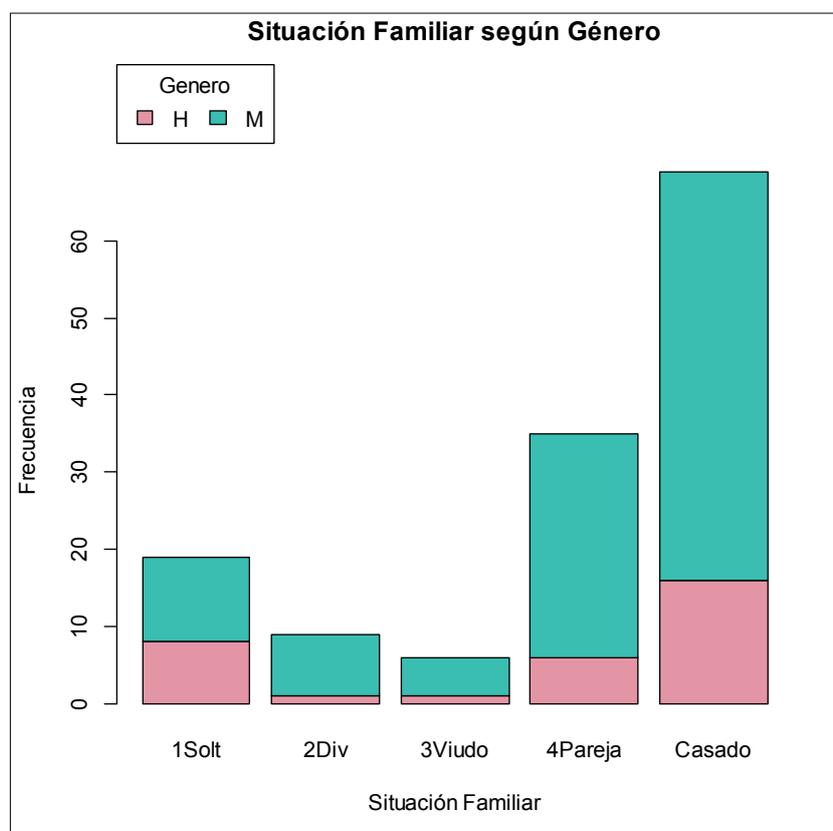


Figura 46. Situación familiar según género.

4.1.12 . Enfermedades de base o factores de riesgo.

Para estudiar la variable enfermedades de base o factores de riesgo se ha procedido a factorizarla en seis niveles como: no presentes, diabetes, traumatismo, menopausia, alteraciones vasculares, dos presentes, más de dos presentes. El 29% de los sujetos declaran no tener ninguna enfermedad ni factor de riesgo de los consultados. El 15% declara dos de ellos presentes y el 9,4% más de dos. El 7,2% declara Menopausia, el 3,6% Alteraciones Vasculares, el 2,9% Diabetes y el 2,2% Traumatismos. Los detalles de frecuencias para esta variable se pueden consultar en la Tabla 24 y en el gráfico de la Figura 47.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (enfermedades de base/factores de riesgo y género) proporciona un estadístico de 17,918 y el p-valor es 0,01235, se rechaza al 0,05 la hipótesis de independencia de las dos variables.

Enfermedades de base o factores de riesgo	Frec. Absoluta (porcentaje) Hombres	Frec. Absoluta (porcentaje) Mujeres	Frec. Absoluta (porcentaje) TOTAL
No presentes	13 (9,4)	28 (20,3)	41 (29,7)
Diabetes	3 (2,2)	1 (0,7)	4 (2,9)
Traumatismo	2 (1,4)	1 (0,7)	3 (2,2)
Menopausia	0 (0,0)	10 (7,2)	10 (7,2)
Alteraciones vasculares	1 (0,7)	4 (2,9)	5 (3,6)
Dos presentes	2 (1,4)	19 (13,8)	21 (15,2)
Más de dos presentes	1 (0,7)	12 (8,7)	13 (9,4)
Otros	10 (7,2)	31 (22,5)	41 (29,7)
TOTAL	32 (23,2)	106 (76,8)	138 (100)

Tabla 24. Frecuencias de enfermedades de base en total y por género.

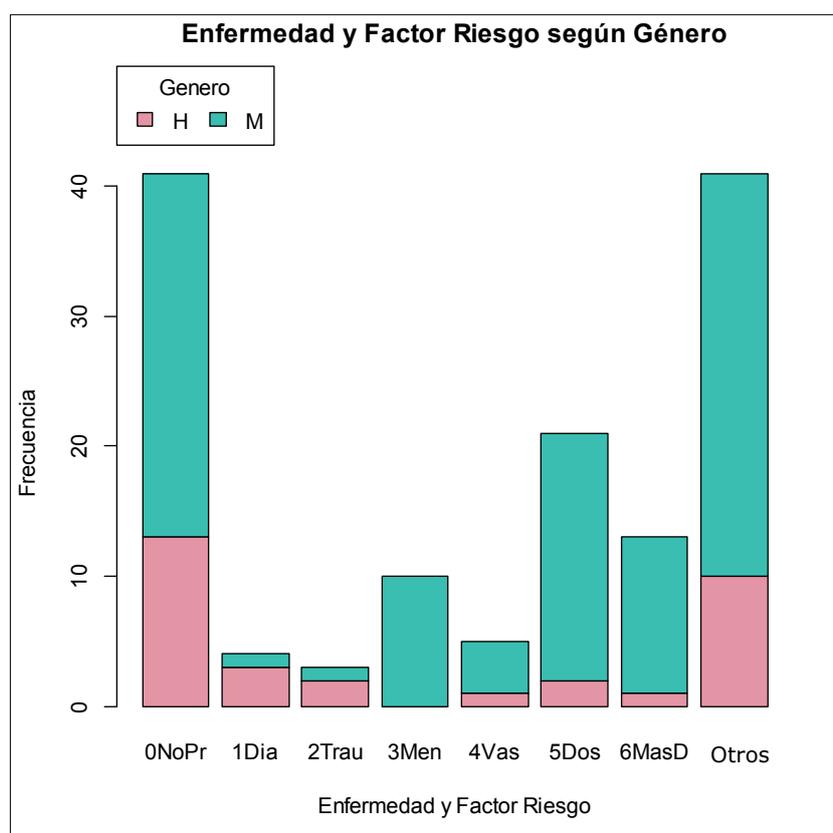


Figura 47. Enfermedad y Factor de Riesgo según género.

4.2 . Variables de la sección 1 y 2 del CESP.

En este apartado para cada una de las variables de las secciones primera y segunda del CESP se realiza un estudio descriptivo y gráfico y su relación con otras. En segundo lugar se estudia si las variables asociadas al IA influyen en los resultados del CESP.

4.2.1 . Dolor de pie.

Los resultados tras calcular los principales estadísticos de la variable dolor de pie según el factor IAfactB se pueden observar en la Tabla 25. En ella se observa que la media de dolor de pie con IA normal es mejor (más alta; 73,16) que con IA aumentado (72,77) y sobre todo que con IA disminuido (67,44). En todo caso las diferencias no son muy grandes. Para probar que esta diferencia es significativa habría que aumentar la muestra.

El histograma de la variable dolor de pie puede verse en el gráfico de la Figura 48, donde se observa una clara asimetría.

En el gráfico de cajas de la Figura 49 se observa que los hombres tienen una mejor valoración en la variable dolor del pie.

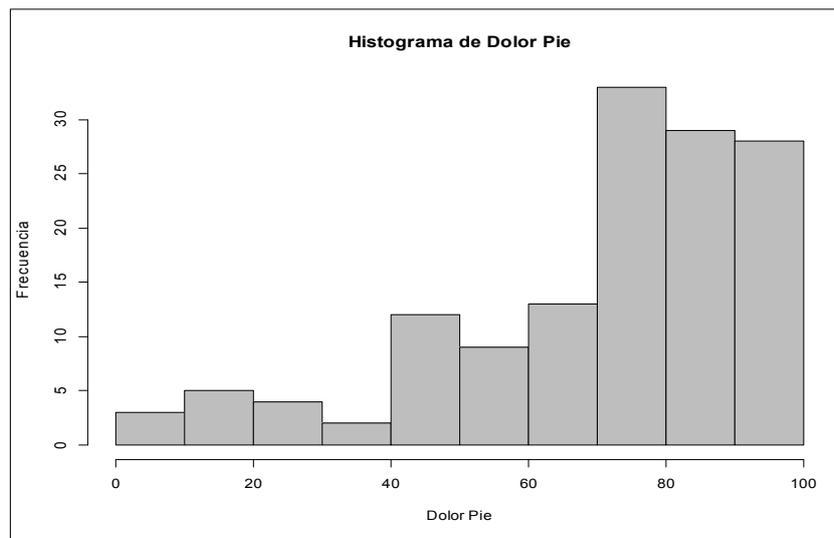


Figura 48. Histograma de la variable dolor del pie.

Dolor Pie	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	70,99	23,18	27,34	0,00	60,16	78,13	87,50	100
IA aument	21	72,77	22,58	12,50	0,00	71,88	78,75	84,38	100
IA dismin	51	67,44	25,41	38,44	6,25	49,06	78,13	87,50	100
IA normal	66	73,16	21,52	23,44	6,25	66,41	78,44	89,84	100

Tabla 25. Estadísticos de la variable dolor de pie en total y por IAfactB.

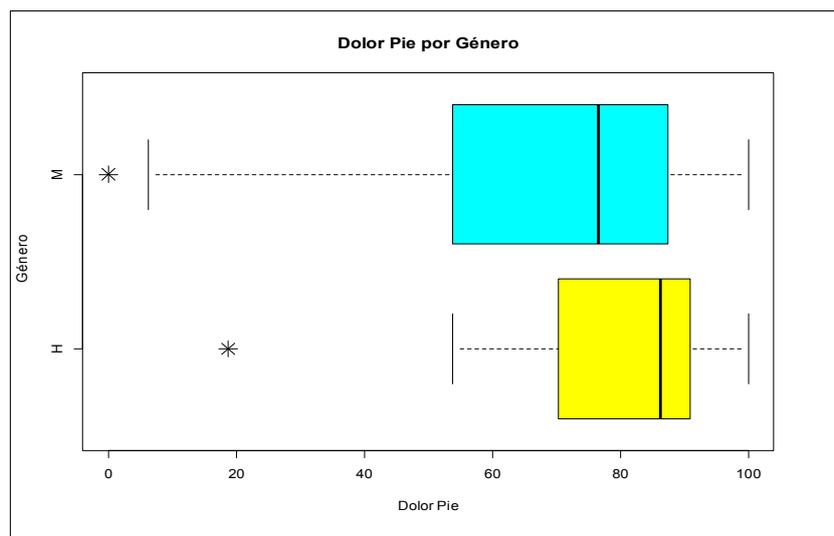


Figura 49. Gráfico de cajas de dolor del pie según género.

- Coeficiente de correlación:

La relación entre las variables dolor del pie e IA se analizó primero tomando esta última como variable continua, obteniéndose un coeficiente de correlación entre ellas de 0,083.

El intervalo de confianza (IC) al 95% para la correlación es (-0,085, 0,247).

Al contrastar la hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” se obtiene un p-valor=0,332. Por tanto se acepta que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

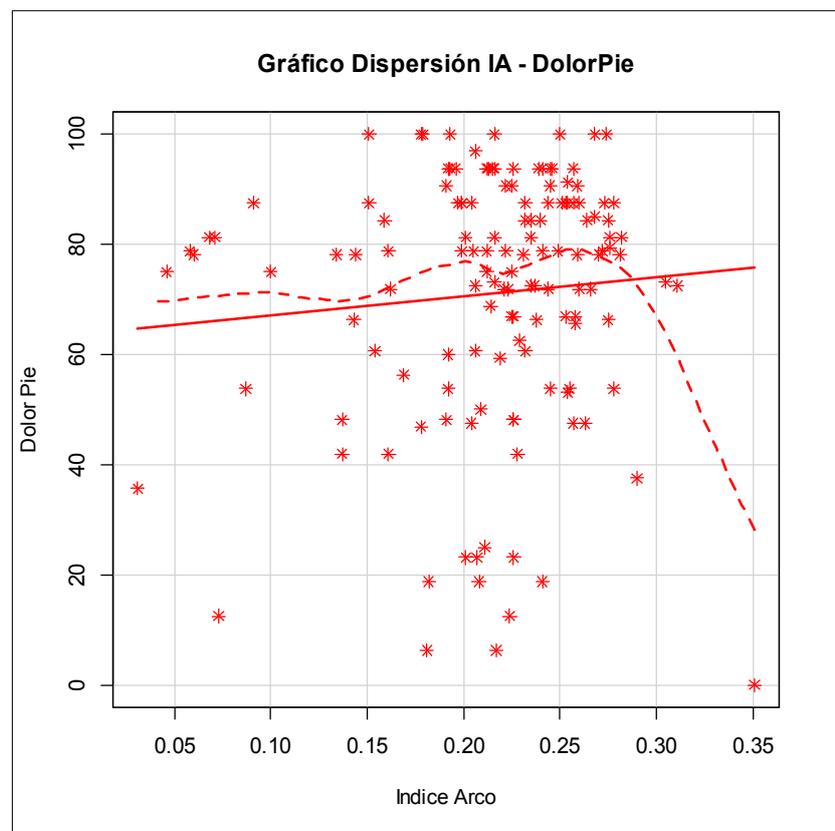


Figura 50. Dispersión de las variables IA y dolor del pie.

Esto se observa en el gráfico de dispersión de las variables dolor del pie e IA (Figura 50). Se ha calculado la recta ajustada por mínimos cuadrados, que es casi horizontal, lo que concuerda con el coeficiente de correlación obtenido. Con el paquete R se ha calculado la curva suavizada (en trazo discontinuo, regresión no paramétrica). Se observa que cuando el IA es inferior a 0,25 (pies más cavos) está curva es muy suave y bastante horizontal, pero para valores superiores a 0,25 la curva desciende lo que indica que la variable dolor del pie toma valores bajos. Hay que tener en cuenta en el análisis de esta gráfica la presencia de un valor extremo para el IA (0,35) que influye en el comportamiento de la curva.

- Contraste de la t para muestras independientes:

En segundo lugar se estudió la relación entre la variable IAfactA (IA factorizado a Normales/NoNormales) y la variable dolor del pie utilizando el test de la t para muestras independientes para contrastar la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (dolor en grupo IA Normal)=media (dolor en grupo IA NoNormal).

El gráfico de cajas de dolor del pie según esta clasificación puede verse en la Figura 51. Se observa que ambos grupos tienen medianas muy parecidas. Esto lo confirma el test de la t para contrastar la igualdad de medias en ambos grupos. Se obtiene el siguiente resultado: media en el grupo IA es Normal=73,162. Media en el grupo IA es NoNormal=68,993. Diferencia de medias=-4,170 (NoNormal-Normal). IC al 95%:

(-11,932;3,593). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -1,062 que proporciona un p-valor=0,29 y se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de dolor del pie para los dos grupos de IFactA.

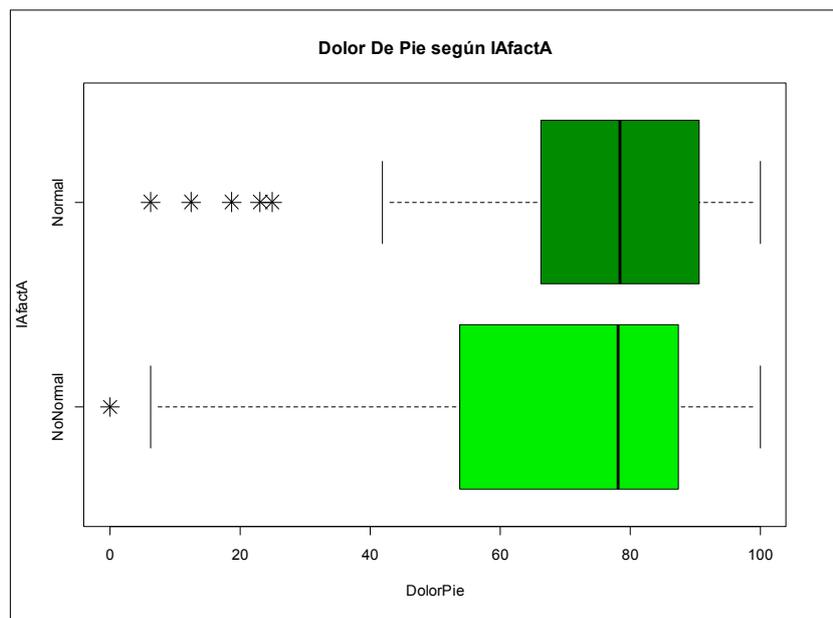


Figura 51. Gráfico de cajas de dolor del pie según IFactA.

- Contraste de F (ANOVA):

El último estudio de esta sección consistió en considerar tres factores (Aumentado, Disminuido y Normal) en la variable IA que denominamos IFactB para contrastar la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (dolor en grupo IA Normal)=media (dolor en grupo IA Aument)=media (dolor en grupo IA Disminuido).

Los estadísticos de la variable dolor del pie según los grupos de IFactB se presentan en la Tabla 25. Para comparar las tres medias de la variable dolor del pie en los tres grupos se presenta el gráfico de medias en la Figura 52. Se representan las medias de dolor del pie en los tres grupos y sus intervalos de confianza al 95%, la línea horizontal es la media en toda la muestra. Se observa que la media de dolor del pie en los grupos IA Aumentado y Normal son parecidas y por encima de la media total. En cambio, en el grupo de IA Disminuido la media de dolor del pie es más baja.

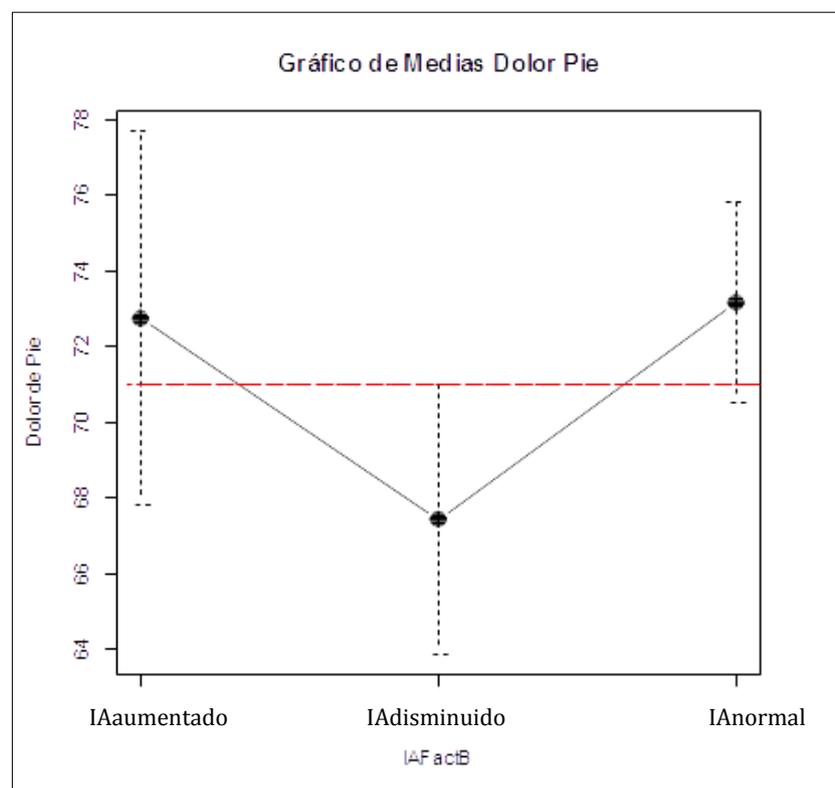


Figura 52. Medias de dolor del pie según IFactB.

La tabla ANOVA de dolor del pie según el factor IAfactB (Tabla 26) proporciona un estadístico de la F de 0,95 y un p-valor de 0,389. Por tanto se acepta la hipótesis de igualdad de medias de dolor del pie en los tres grupos de IAfactB con un margen amplio.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	1021	510,6	0,95	0,389
Residual	135	72572	537,6		
Total	137	73593	537,2		

Tabla 26. ANOVA de dolor del pie según IAfactB.

4.2.2 . Función del pie.

Para esta variable comenzamos también por obtener los principales estadísticos en relación al IAfactB y de forma total (Tabla 27).

Se observa que la media de función del pie en el grupo IA Normal toma el valor intermedio (77,75), en el grupo IA aumentado la media es un valor mayor (84,23) y en el grupo IA disminuido es inferior (74,39). . En todo caso las diferencias no son muy grandes.

El histograma de la variable función del pie puede verse en la Figura 53, donde se observa una clara asimetría. mostrando los hombres una mayor mediana y menor variabilidad de respuestas.

En el gráfico de cajas de la Figura 54 se observa que los hombres obtienen una mejor valoración en la variable función del pie ya que tienen mayor mediana y una menor variabilidad.

Función pie	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	77,49	27,79	31,25	0,00	68,75	87,50	100	100
IA aument	21	84,23	27,29	18,75	0,00	81,25	93,75	100	100
IA dismin	51	74,39	29,61	31,25	0,00	65,63	87,50	96,88	100
IA normal	66	77,75	26,50	31,25	12,50	68,75	87,50	100	100

Tabla 27. Estadísticos de la variable función del pie en total y según el IAfactB.

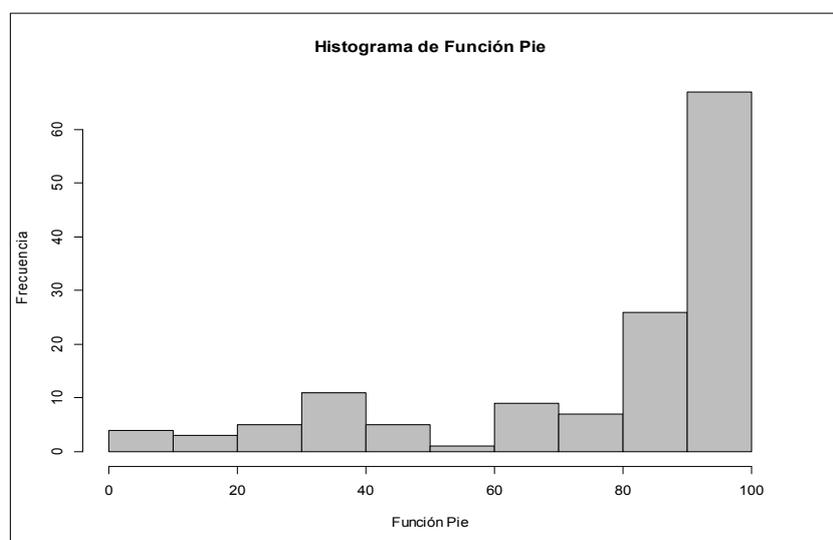


Figura 53. Histograma de la variable función del pie.

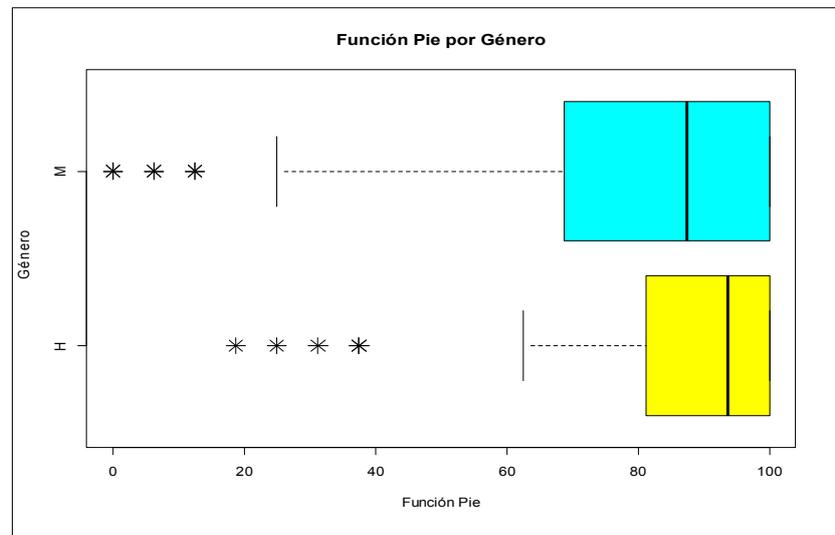


Figura 54. Gráfico de cajas de función del pie según el género.

- Coeficiente de correlación:

Para estudiar la relación entre las variables función del pie y la variable IA comenzamos como con la variable anterior considerando IA como continua. Se obtuvo un coeficiente de correlación entre ambas variables de 0,105, con un IC al 95% de -0,063, 0,267. Al contrastar la hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” se obtiene un p-valor=0,221. Por tanto se acepta que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

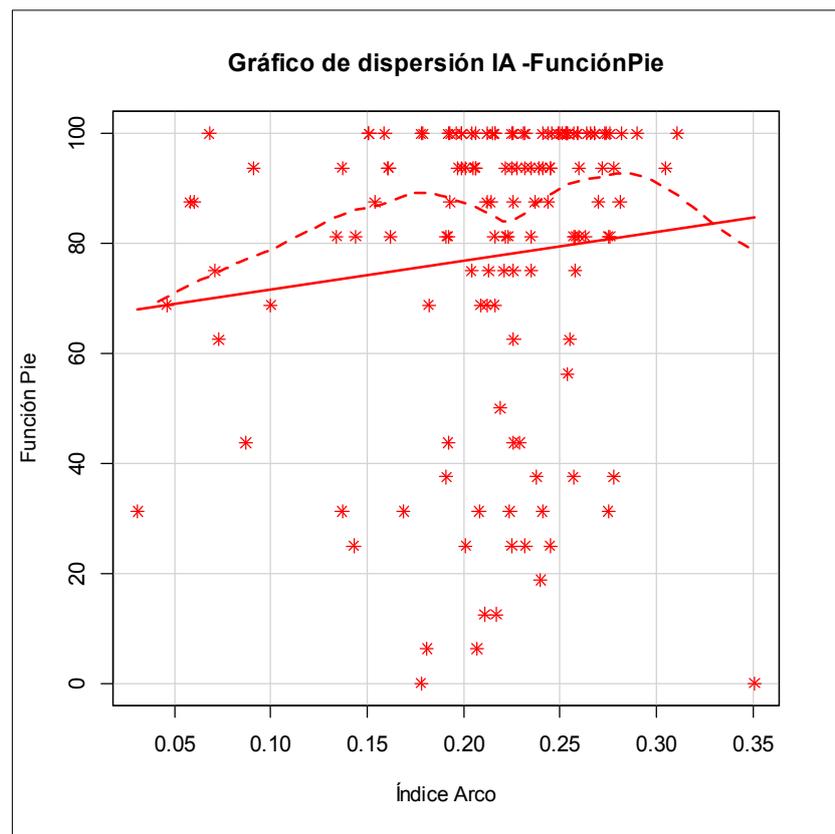


Figura 55. Dispersión de las variables IA y función del pie.

En el gráfico de la Figura 55 se observa que no existe relación lineal ni de otro tipo (curva suavizada) entre las variables IA y función del pie.

- Contraste de la t para muestras independientes:

El gráfico de cajas de la Figura 56 representa la relación entre la variable IAfactA (Normales/NoNormales) y la variable función del pie. En el se observa que la variabilidad es similar en ambos grupos y que las medianas son muy parecidas.

Esto lo confirma el test de la t para contrastar la igualdad de medias en ambos grupos trabajando con la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (función en grupo IA Normal)=media (función en grupo IA NoNormal).

Se obtiene el siguiente resultado: media en el grupo IA es Normal=77,746. Media en el grupo IA es NoNormal=77,257. Diferencia de medias=-0,489 (NoNormal-Normal). IC al 95%: (-9,851; 8,872). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -0,103 que proporciona un p-valor=0,918 y se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de función del pie para los dos grupos de IAfactA. En este caso en el grupo NoNormal se compensan los resultados de función del pie de los que tienen IA Aumentado (altos) con los que tienen IA Disminuido (bajos).

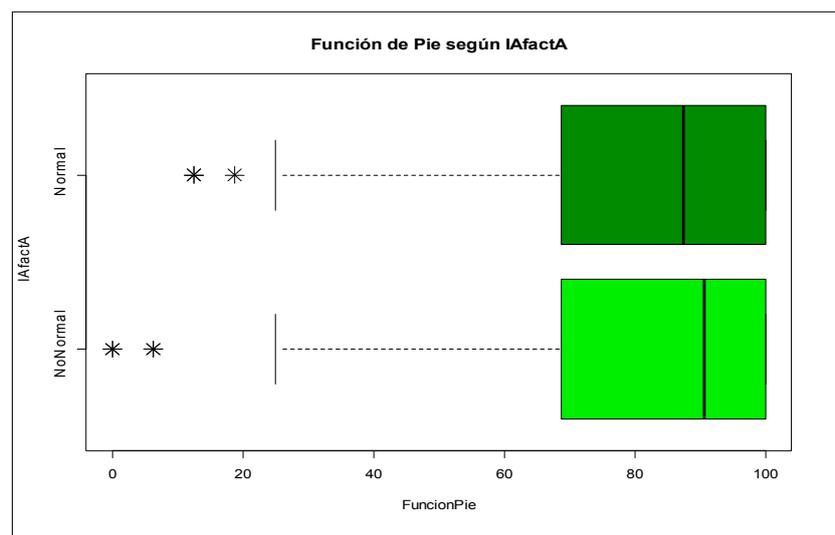


Figura 56. Gráfico de cajas de la función del pie según IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Por último lugar para la variable función del pie se estudia su relación con la variable factorizada IAfactB contrastando la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (función en grupo IA Normal)=media (función en grupo IA Aumentado)=media (función en grupo IA Disminuido).

Los estadísticos para ellas se presentaron en la Tabla 27. Para comparar las tres medias de la variable función del pie en los tres grupos se presenta el gráfico de medias de la Figura 57. En él se observa que la media de función del pie en los grupos IA Aumentado y Normal son parecidas y por encima de la media total. En cambio, en el grupo de IA Disminuido la media de función del pie es más baja. En todo caso las diferencias son muy pequeñas.

La tabla ANOVA de función del pie según el factor IAfactB (Tabla 28) proporciona un estadístico de la F de 0,937 y un p-valor de 0,395. Por tanto se debe de aceptar la hipótesis de igualdad de medias de función del pie en los tres grupos de IAfactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	1448	724,1	0,937	0,395
Residual	135	104375	773,12		
Total	137	105823	772,43		

Tabla 28. ANOVA de función del pie según el IafactB.

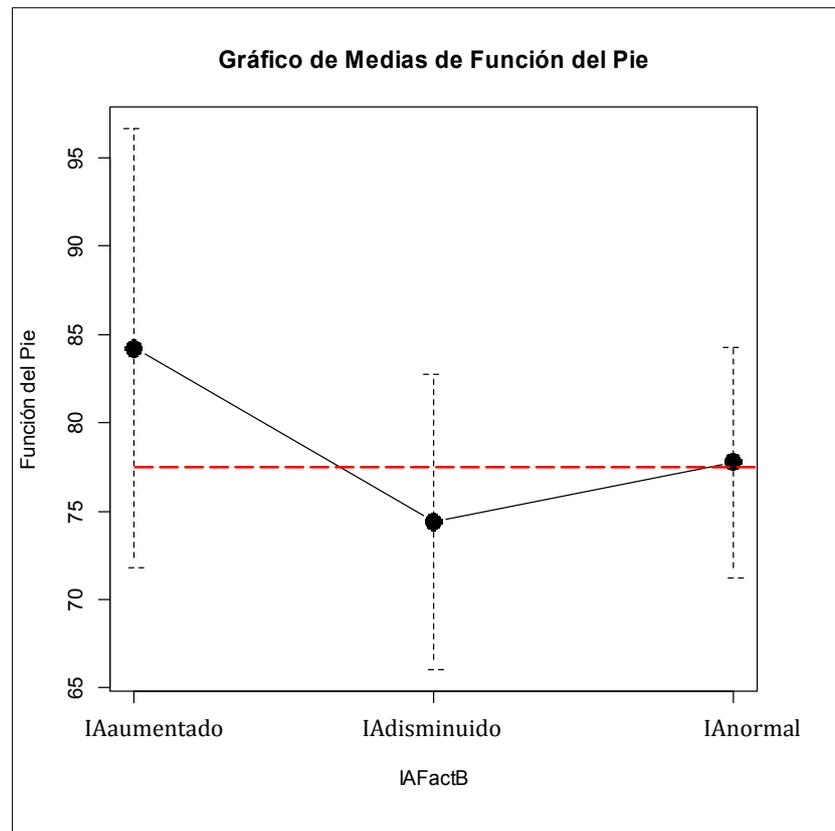


Figura 57. Medias de función del pie según IAfactB.

4.2.3 . Calzado.

Los principales estadísticos de la variable calzado en total y en los grupos del factor IAfactB se presentan en la Tabla 29. En ella se observa que la media es mayor en el grupo IA Aumentado (59,13), disminuye en el grupo IA Normal (46,46) y toma el valor menor en el grupo IA Disminuido (41,67).

El histograma de la variable calzado puede verse en la Figura 58.

En el gráfico de cajas de calzado según género (Figura 59) se puede observar que los hombres presentan una mediana mayor y un porcentaje mayor de puntuaciones altas, siendo la variabilidad similar para hombres y mujeres.

Calzado	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	46,62	30,18	41,67	0,00	25,00	41,67	66,67	100
IA aument	21	59,13	23,99	41,67	25	33,33	58,33	75,00	100
IA dismin	51	41,67	28,92	37,50	0,00	20,83	33,33	58,33	100
IA normal	66	46,46	32,09	58,33	0,00	16,67	41,67	75,00	100

Tabla 29. Estadísticos de la variable calzado (en total y por IAfactB).

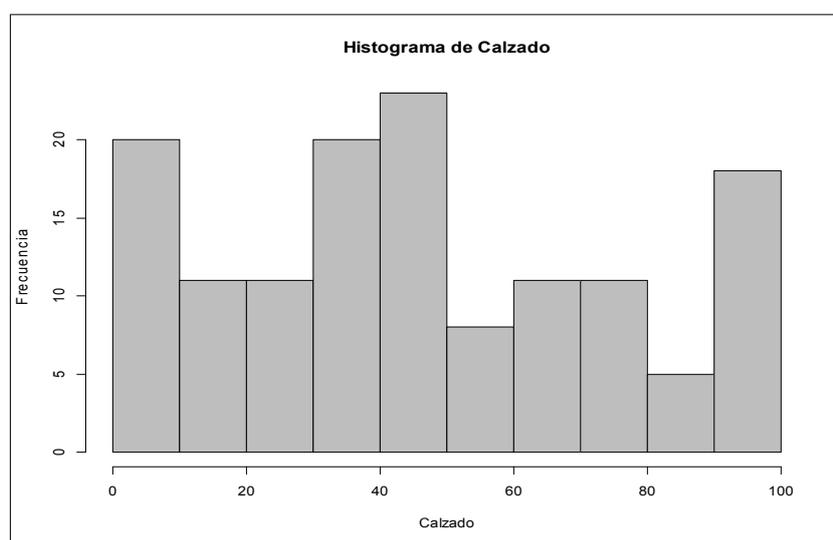


Figura 58. Histograma de la variable calzado.

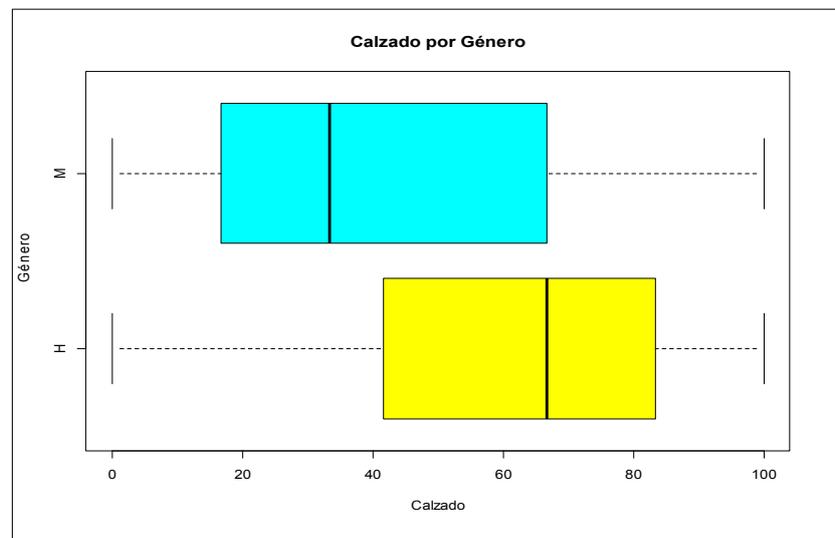


Figura 59. Gráfico de cajas de calzado según género.

- Coeficiente de correlación:

Considerando IA como variable continua se obtuvo un coeficiente de correlación entre IA y calzado de 0,174. El IC al 95% para la correlación es (0,007, 0,331). Al contrastar la hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” se obtiene que el p-valor=0,042. Por tanto se rechaza que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables, aunque esta es muy pequeña.

En el gráfico de la Figura 60 se observa que existe relación lineal entre las variables IA y calzado. El ajuste no paramétrico suavizado indica que la variable calzado toma los mayores valores cuando IA es grande.

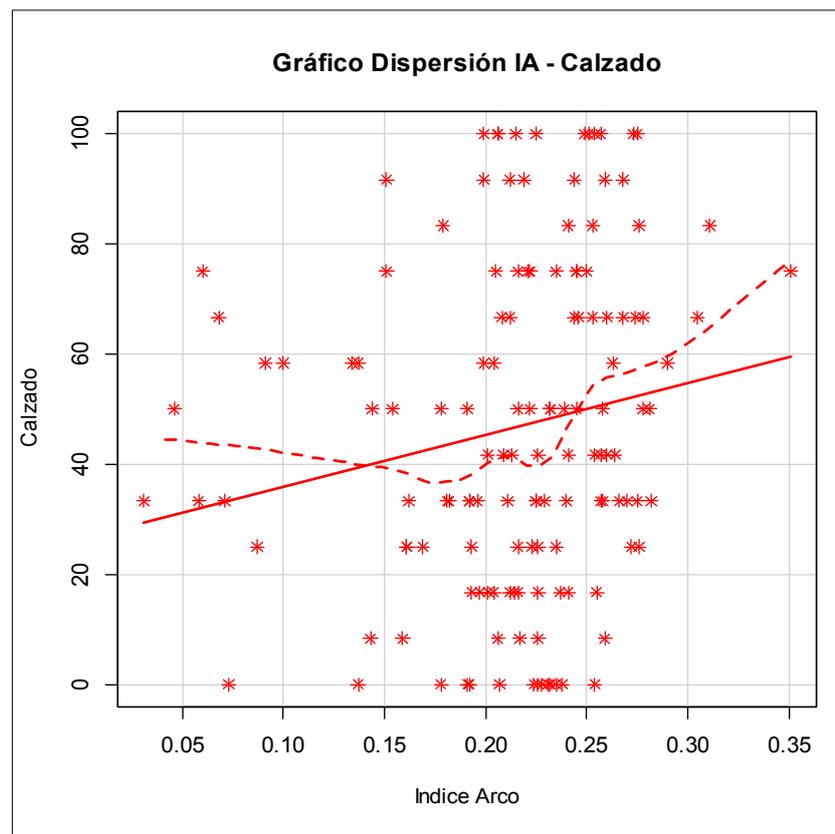


Figura 60. Dispersión de las variables IA y calzado.

Clasificando la muestra en dos grupos según el factor IAfactA (Normales/NoNormales) se obtiene el gráfico de la Figura 61. En él se observa que la mediana para la variable calzado es muy similar en ambos grupos, alcanzando el grupo Normal tanto los peores como los mejores resultados absolutos.

- Contraste de la t para muestras independientes:

Hipótesis nula, H_0 : media (calzado en grupo IA Normal)=media (calzado en grupo IA NoNormal).

El test de la t para contrastar la igualdad de medias de calzado en ambos grupos proporciona los siguientes resultados: media de calzado en el grupo IA Normal=46,465, media de calzado en el grupo IA NoNormal=46,759. Diferencia de medias=0,295 (NoNormal–Normal). IC al 95%: (-9.971; 10.560). Estadístico t del contraste de igualdad de medias 0,0567 que proporciona un p-valor=0,955 y se concluye claramente que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de calzado para los dos grupos de IAfactA. En este caso en el grupo NoNormal se compensan los resultados de calzado de los que tienen IA Aumentado (altos) con los que tienen IA Disminuido (bajos).

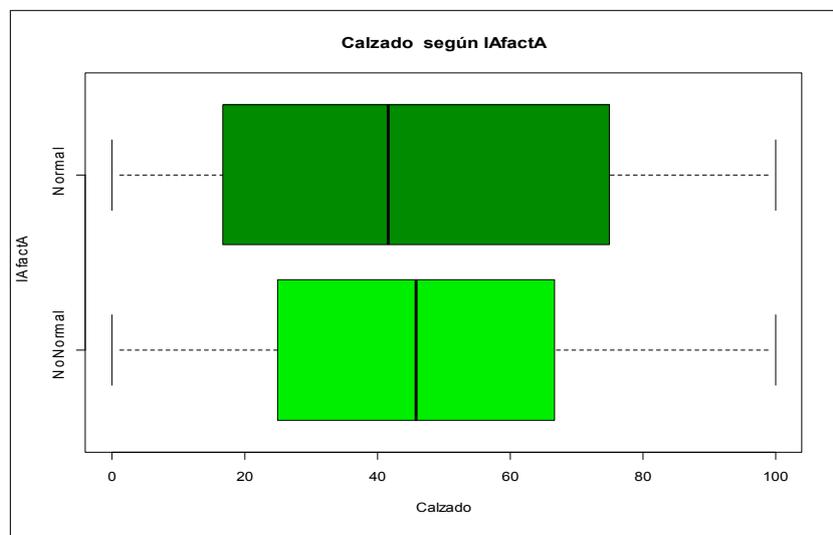


Figura 61. Gráfico de cajas de calzado según IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Con los estadísticos de la Tabla 29 se estudió la relación entre la variable calzado y la variable factorizada IFactB (IA Aumentado/Normal/Disminuido), para contrastar la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (calzado en grupo IA Normal)=media (calzado en grupo IA Aumentado)=media (calzado en grupo IA Disminuido).

En el gráfico de la Figura 62 se pueden comparar las tres medias de la variable calzado. Se observa que la media para el IA Aumentado es mayor que las del resto.

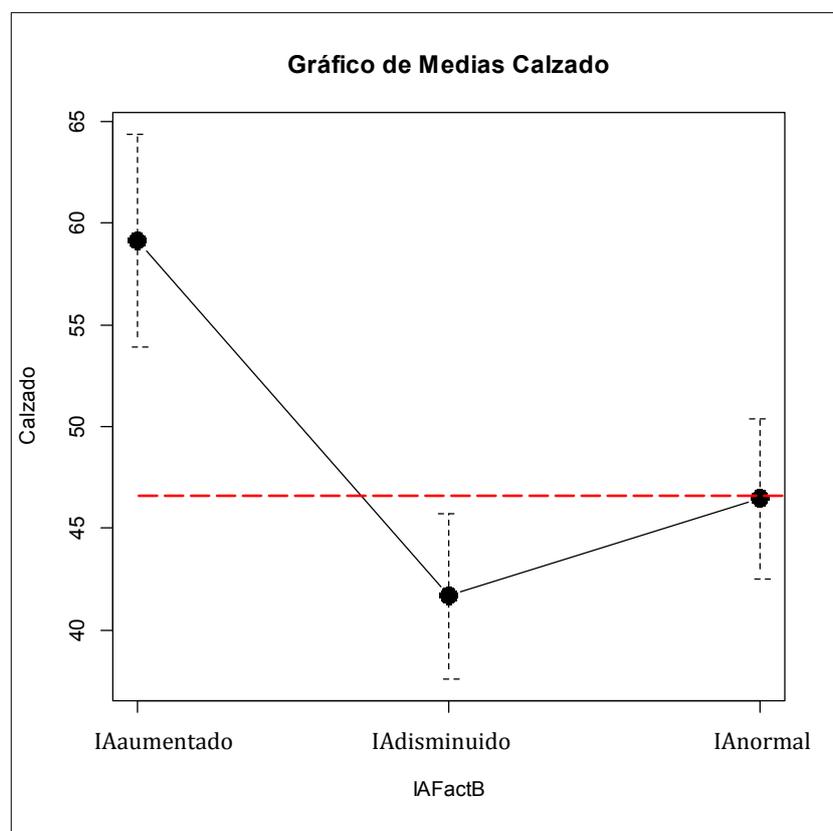


Figura 62. Medias de calzado según IFactB.

La tabla ANOVA de calzado según el factor IAfactB (Tabla 30) proporciona un estadístico de la F de 2,547 y un p-valor de 0,082. Por tanto se puede aceptar la hipótesis de igualdad de medias de calzado en los tres grupos de IAfactB. En este caso, trabajando al 0,05, se acepta H_0 por poco ($p\text{-valor}=0,08 > 0,05$) debido a que la diferencia de la media de calzado en el grupo IA Aumentado es grande en relación con la media en el grupo IA Disminuido.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	4538	2268,91	2,547	0,0821
Residual	135	120273	890,90		
Total	137	124811	911,03		

Tabla 30. ANOVA de calzado según IAfactB.

4.2.4 . Salud del pie.

Los principales estadísticos de la variable salud del pie en total y en los grupos de la variable factorizada del IA IAfactB se presentan en la Tabla 31. En ella se observa que la media de la variable salud del pie en el grupo IA Normal toma el valor mayor (51,70), en el grupo IA Aumentado la media es un valor algo más bajo pero similar (50,00) y en el grupo IA Disminuido es claramente inferior (42,84).

Salud pie	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	48,17	27,00	35,0	0,00	25,00	60,00	60,00	100
IA aument	21	50,00	24,97	35,0	0,00	25,00	60,00	60,00	100
IA dismin	51	42,84	27,59	35,0	0,00	25,00	42,5	60,00	100
IA normal	66	51,70	26,89	47,5	0,00	25,00	60,00	72,5	100

Tabla 31. Estadísticos de la variable salud del pie en total y por IAfactB.

El histograma de la variable salud del pie puede verse en la Figura 63, observándose en él variabilidad en las respuestas.

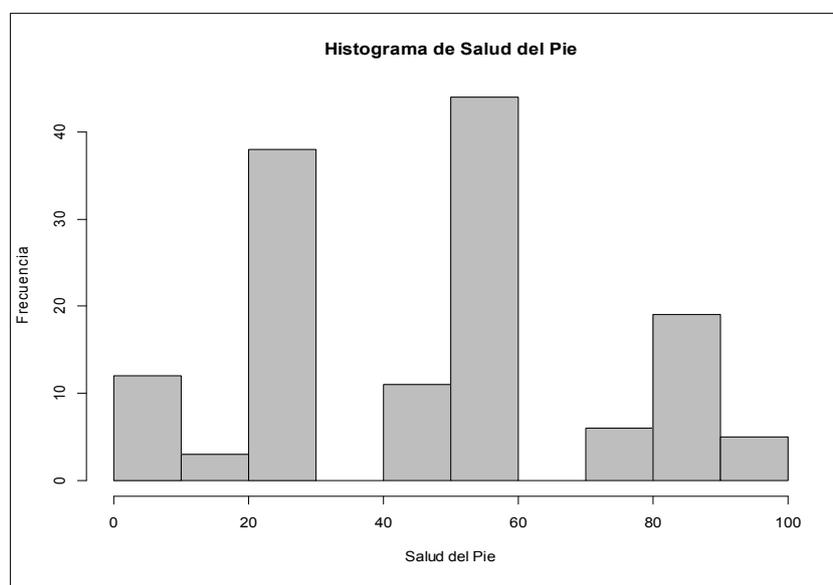


Figura 63. Histograma de la variable salud del pie.

El gráfico de cajas según el género (Figura 64) muestra mejores respuestas para los hombres, con una mediana mayor. Las mujeres muestran unos resultados menos variables.

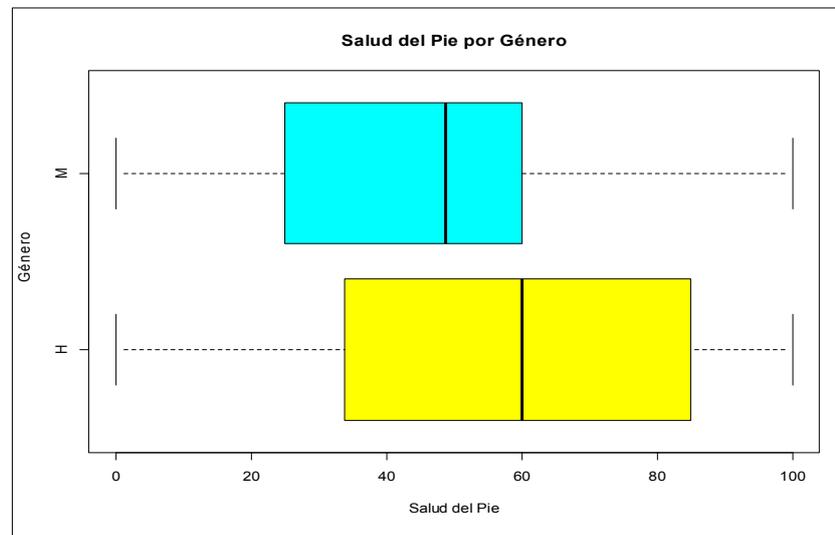


Figura 64. Gráfico de cajas de salud del pie según género.

- Coeficiente de correlación:

Considerando IA como una variable continua se obtiene un coeficiente de correlación lineal entre salud del pie e IA de 0,139. El IC al 95% para la correlación es (-0.029; 0.299). El valor asociado al contraste de hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” es igual a $p\text{-valor}=0,104$. Por tanto se acepta que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

En el gráfico de la Figura 65 se observa que existe relación lineal entre las variables IA y salud del pie. Los dos ajustes (el lineal y el no paramétrico) indican que la relación entre las dos variables IA y salud del pie es mínima.

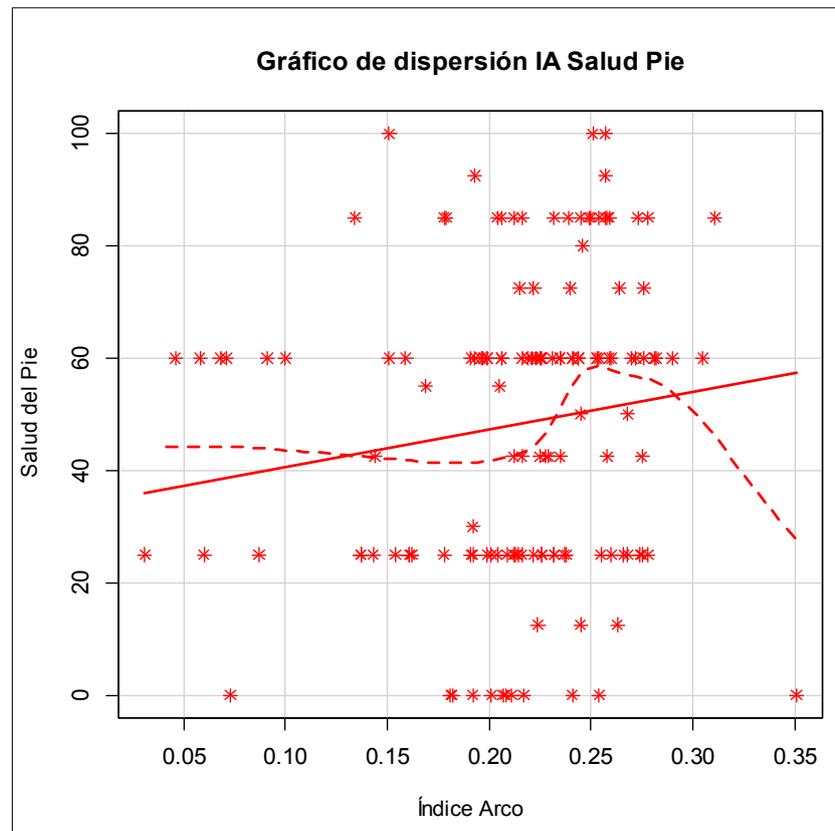


Figura 65. Dispersión de las variables IA y salud del pie.

- Contraste de la t para muestras independientes:

Clasificando la muestra en dos grupos según el factor IAfactA (Normales/NoNormales) se obtiene el gráfico de cajas de salud del pie que se presenta en la Figura 66.

Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (salud pie en grupo IA Normal)=media (salud pie en grupo IA NoNormal).

El test de la t para contrastar la igualdad de medias de salud del pie en ambos grupos proporciona los siguientes resultados: media de salud del pie en el grupo IA Normal=51,70. Media de salud del pie en el grupo IA NoNormal=44,93. Diferencia de medias=-6,77 (NoNormal–Normal). IC al 95%: (-15,834; 2,2859). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -1,479 que proporciona un p-valor=0,142 y se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de salud del pie para los dos grupos de IAfactA.

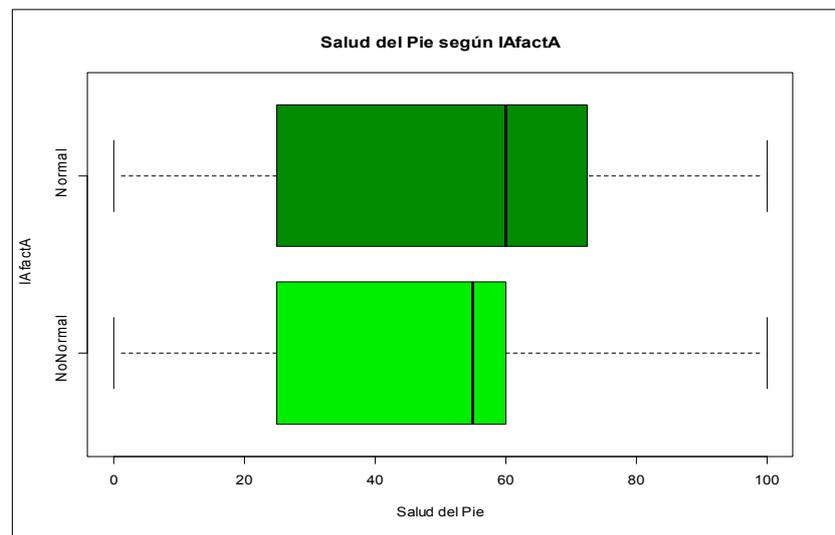


Figura 66. Gráfico de cajas de salud del pie según IAfactA.

- Contraste de F ANOVA:

Empleando los estadísticos que aparecían en la Tabla 31 se estudió la relación entre la variable salud del pie y los tres grupos de factorización del IA dados por la variable IAfactB. Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (salud Pie en grupo IA Normal)=media (salud pie en IA Aumentado)=media (salud pie en IA Disminuido).

Para comparar las tres medias de la variable salud del pie en los tres grupos se presenta el gráfico de medias en el gráfico de la Figura 67.

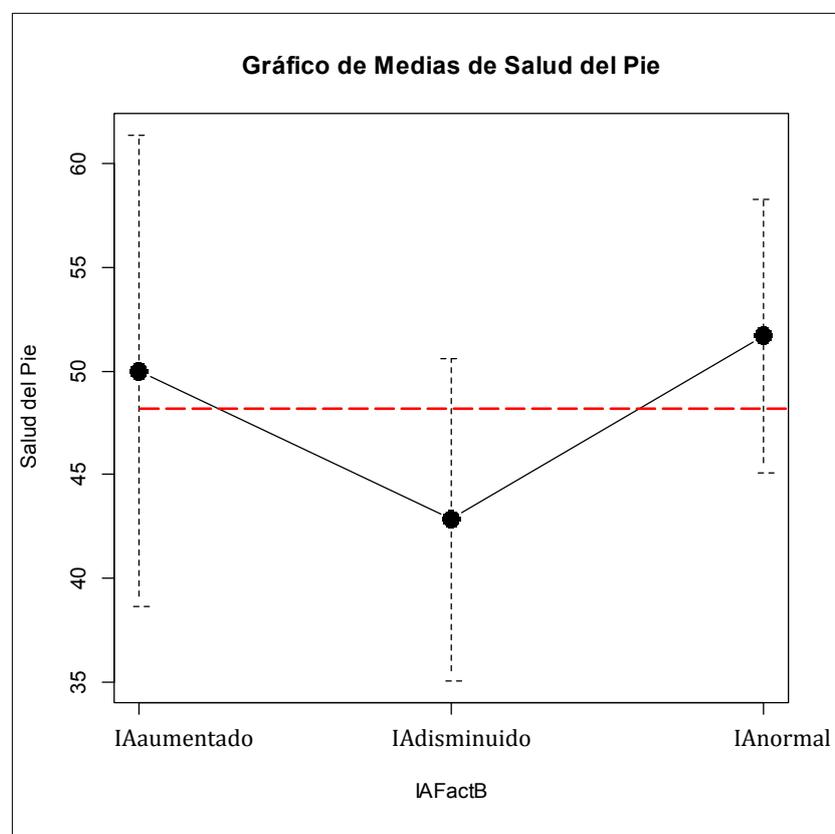


Figura 67. Medias de salud del pie según IAfactB.

La tabla ANOVA de salud del pie según el factor IAfactB (Tabla 32) proporciona un estadístico de la F de 1,621 y un p-valor de 0,201. Por tanto se acepta la hipótesis de igualdad de medias de salud del pie en los tres grupos de IAfactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	2342	1171,0	1,621	0,201
Residual	135	97515	722,3		
Total	137	99857	728,88		

Tabla 32. ANOVA de salud del pie según IAfactB.

4.2.5 . Salud general.

En la Tabla 33 se presentan los principales estadísticos de la variable salud general en total y en los grupos IA aumentado/disminuido/normal. Las medias son muy similares en los tres grupos. En el grupo IA Normal toma el valor mayor (66,67), en IA Disminuido la media es un valor similar (65,88) y en el grupo IA Aumentado es claramente inferior (61,90). Es destacable que al contrario que pasaba con las anteriores variables estudiadas, en esta cuanto mayor es el IA la puntuación obtenida en el CESP para la variable (salud general) es menor.

Salud general	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	65,65	23,71	40,0	0	50	70	90,0	100
IA aument	21	61,90	22,28	30,0	30	40	60	70,0	100
IA dismin	51	65,88	26,09	35,0	0	55	70	90,0	100
IA normal	66	66,67	22,42	37,5	20	50	70	87,5	100

Tabla 33. Estadísticos de la variable salud general en total y por IAfactB.

El histograma de la variable salud general puede verse en la Figura 68, con mayor frecuencia de respuestas en la mitad superior de la puntuación.

En el gráfico de cajas de salud general según género (Figura 69) se puede observar que para el caso de los hombres la puntuación no baja de 20 y la mediana es menor. Las mujeres tienen un RIC menor (menor dispersión) y una muestra que puntuó 0.

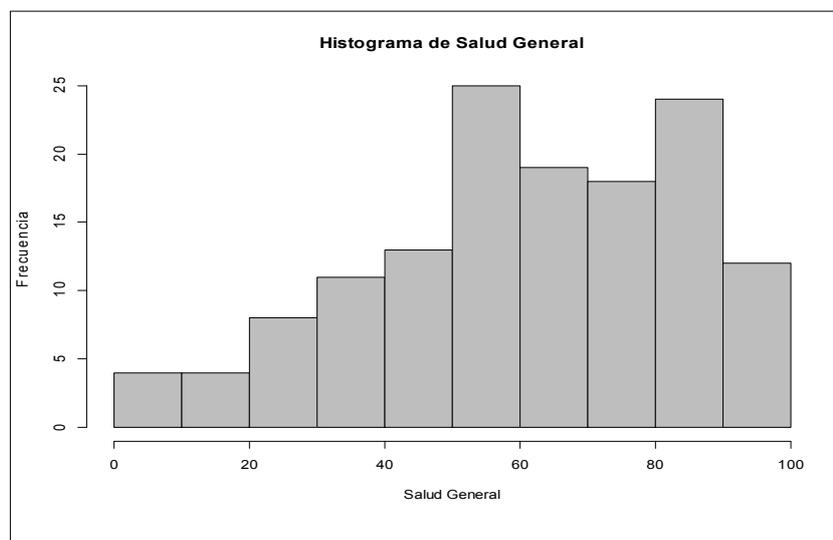


Figura 68. Histograma de la variable salud general.

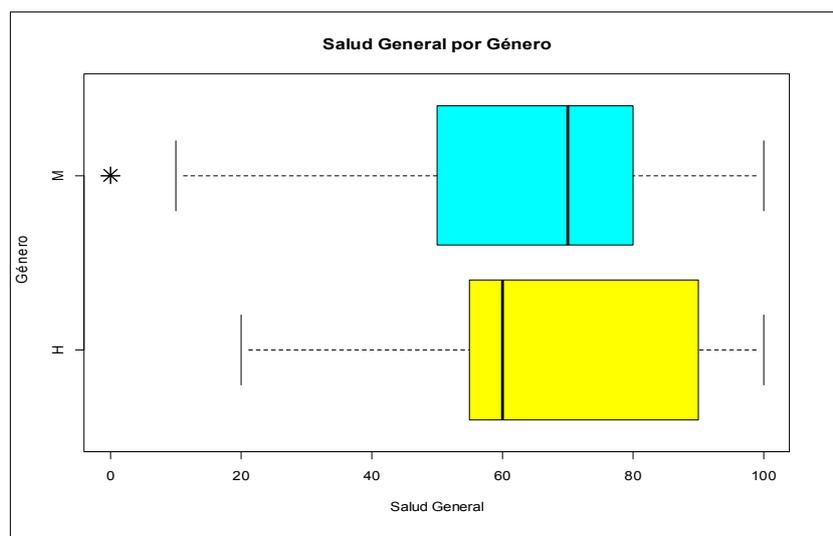


Figura 69. Gráfico de cajas de salud general según género.

- Coeficiente de correlación:

Considerando a IA como continua se obtiene un coeficiente de correlación lineal entre salud general e IA de $-0,050$. El IC al 95% para la correlación es $(-0,216; 0,118)$. El valor asociado al contraste de hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” es igual a $p\text{-valor}=0,558$. Por tanto se acepta claramente que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

En el gráfico de la Figura 70 se observa que existe relación lineal entre las variables IA y salud general. Los dos ajustes (el lineal y el no paramétrico) indican que la relación entre las dos variables IA y salud general es mínima.

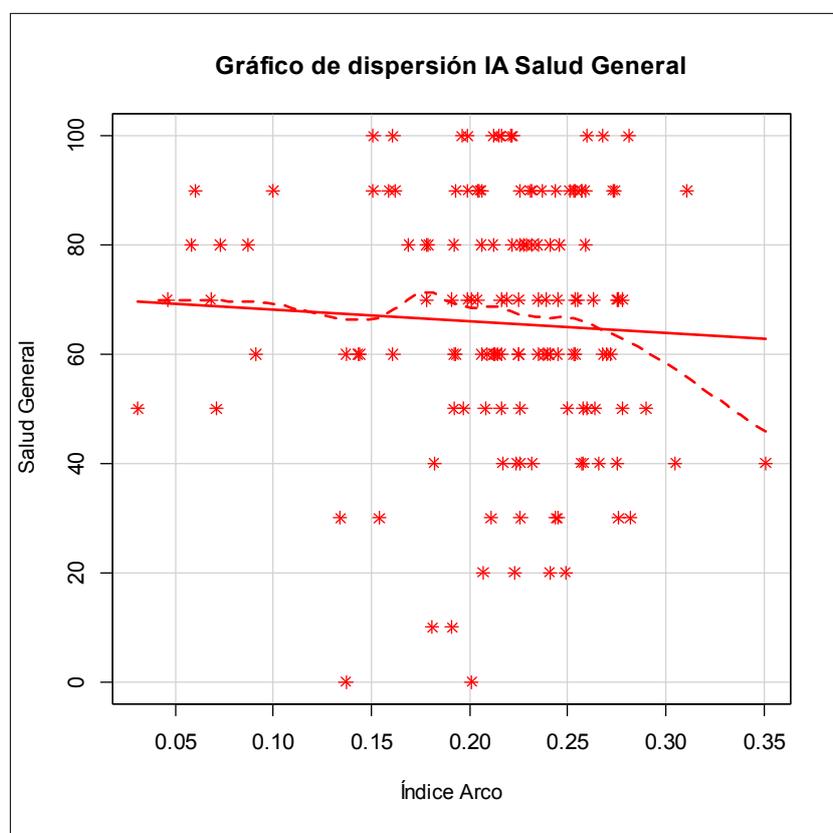


Figura 70. Dispersión de las variables IA y salud general.

- Contraste de la t para muestras independientes:

Clasificando la muestra en dos grupos según el factor IAfactA (Normales y NoNormales) se obtiene el gráfico de cajas en relación a la salud general que se puede observar en la Figura 71. Se observa que las medianas son idénticas. Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (salud general en IA Normal)=media (salud general en IA NoNormal).

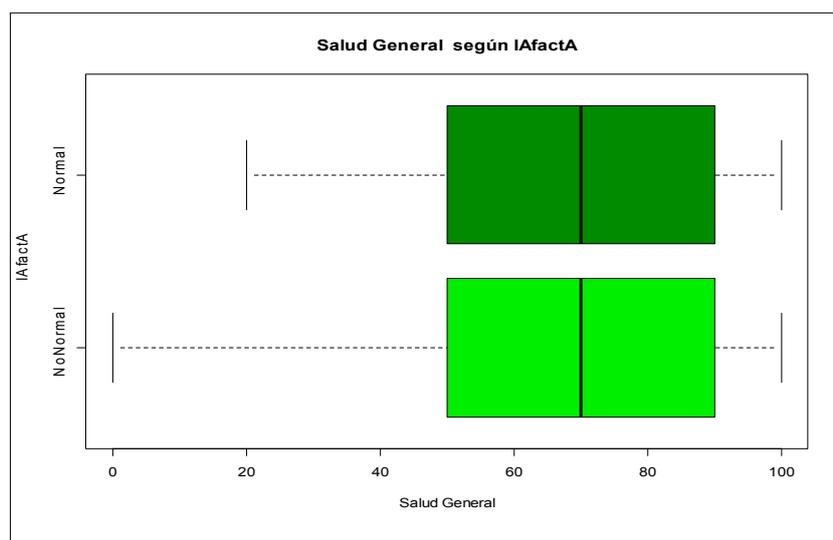


Figura 71. Gráfico de cajas de salud general según IAfactA.

El test de la t para contrastar la igualdad de medias de salud general en ambos grupos proporciona los siguientes resultados: media de salud general en el grupo IA Normal=66,67. Media de salud general en el grupo IA NoNormal=64,72. Diferencia de medias=-1,94 (NoNormal - Normal). IC al 95%: (-9.92; 6.03). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -0,4822 que proporciona un p-valor=0,630 y se

concluye de forma clara que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de salud general para los dos grupos de IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Por último para la variable salud general se estudia su relación con la variable IAfactB (IA aumentado/disminuido/normal). Los estadísticos pertenecientes a esta sección se pueden ver en la Tabla 33.

Para comparar las tres medias de la variable salud general en los tres grupos se presenta el Gráfico de medias (Figura 72).

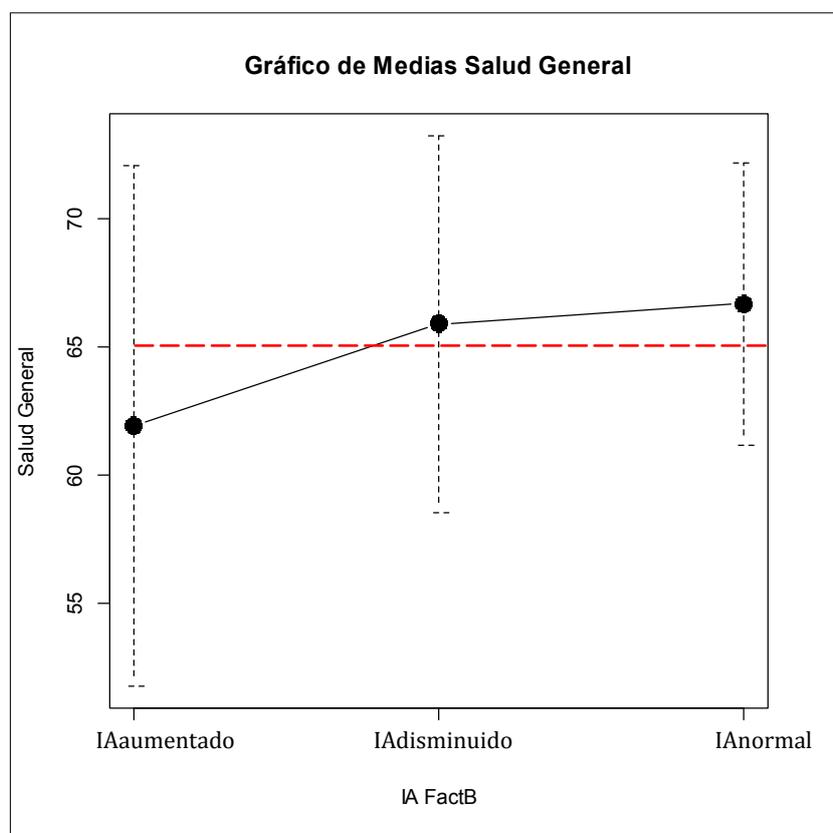


Figura 72. Medias de salud general según IAfactB.

Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (salud general en IA Normal)=media (salud general en IA Aumentado)=media (salud general en IA Disminuido).

En la Tabla 34 se presentan los resultados del ANOVA de salud general según el factor IAfactB. El test de la F proporciona un estadístico de 0,322 y un p-valor=0,725. Por tanto se acepta claramente la hipótesis de igualdad de medias de salud general en los tres grupos de IafactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	366	182,8	0,322	0,725
Residual	135	76626	567,6		
Total	137	76992	561,98		

Tabla 34. ANOVA de salud general según IAfactB.

4.2.6 . Actividad física.

Comparando las medias para la variable actividad física según los grupos dados por la triple factorización del IA (IAfactB: IA aumentado/disminuido/normal) encontramos que es mayor en el grupo IA Aumentado (86,51), disminuye en el grupo IA Normal (85,27) y toma el valor menor en el grupo IA Disminuido (77,12). aunque la diferencia es pequeña (Tabla 35).

Actividad física	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	82,45	23,21	22,22	0,00	77,78	91,67	100	100
IA aument	21	86,51	16,16	22,22	38,89	77,78	88,89	100	100
IA dismin	51	77,12	28,28	36,11	0,00	63,89	88,89	100	100
IA normal	66	85,27	20,10	16,67	16,67	83,33	94,44	100	100

Tabla 35. Estadísticos de la variable actividad física en total y por IAfactB.

El histograma de la variable actividad física puede verse en la Figura 73, con una clara mayor frecuencia de respuestas en la parte alta de las puntuaciones.

El gráfico de cajas de actividad física según género muestra poca variabilidad y puntuaciones más altas (mejores) en hombres y una mayor variabilidad en mujeres, aunque las puntuaciones también son altas en general (Figura 74).

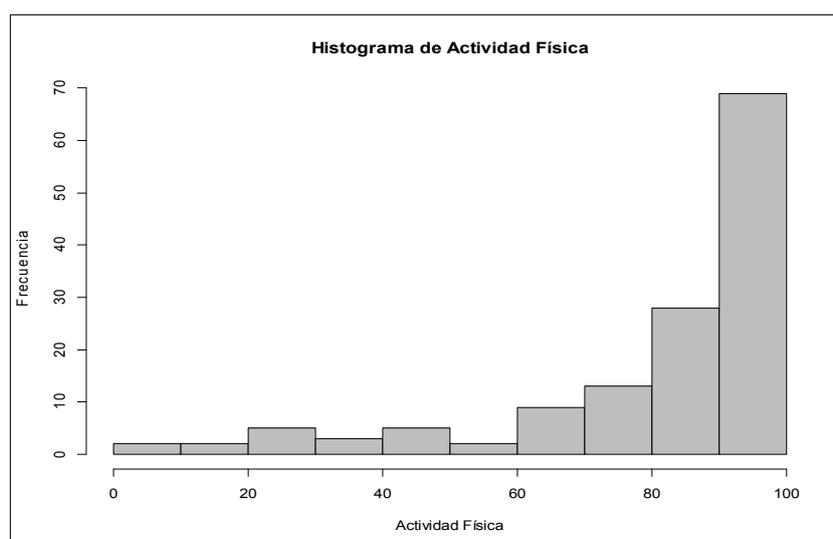


Figura 73. Histograma de la variable actividad física.

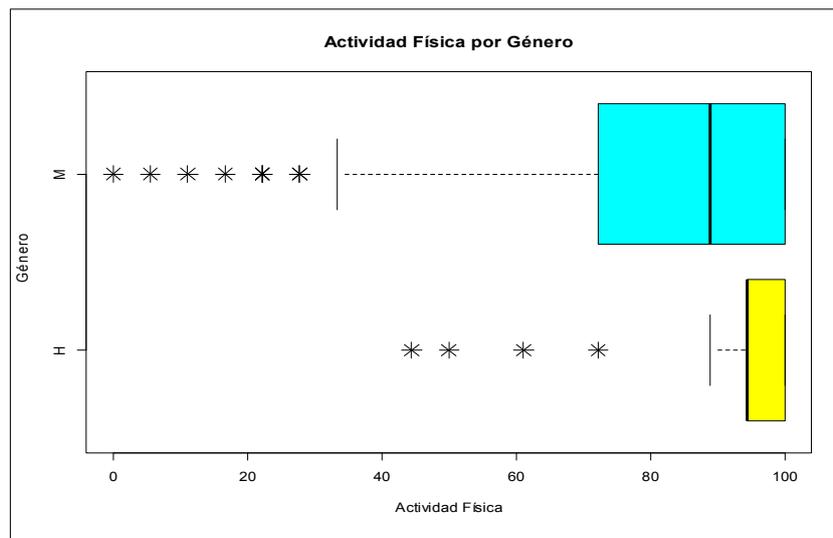


Figura 74. Gráfico de cajas de la variable actividad física.

- Coeficiente de correlación:

Considerando a IA como continua se obtiene un coeficiente de correlación lineal entre actividad física e IA de 0,154. El IC al 95% para la correlación es (-0.014; 0.313). El valor asociado al contraste de hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” es igual a $p\text{-valor}=0,072$. Por tanto se acepta , aunque por poco, que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

En el gráfico de la Figura 75 se observa que la relación lineal entre las variables IA y actividad física es mínima, la recta es próxima a la horizontal. Los dos ajustes (el lineal y el no paramétrico) indican que la relación entre las dos variables IA y actividad física es mínima.

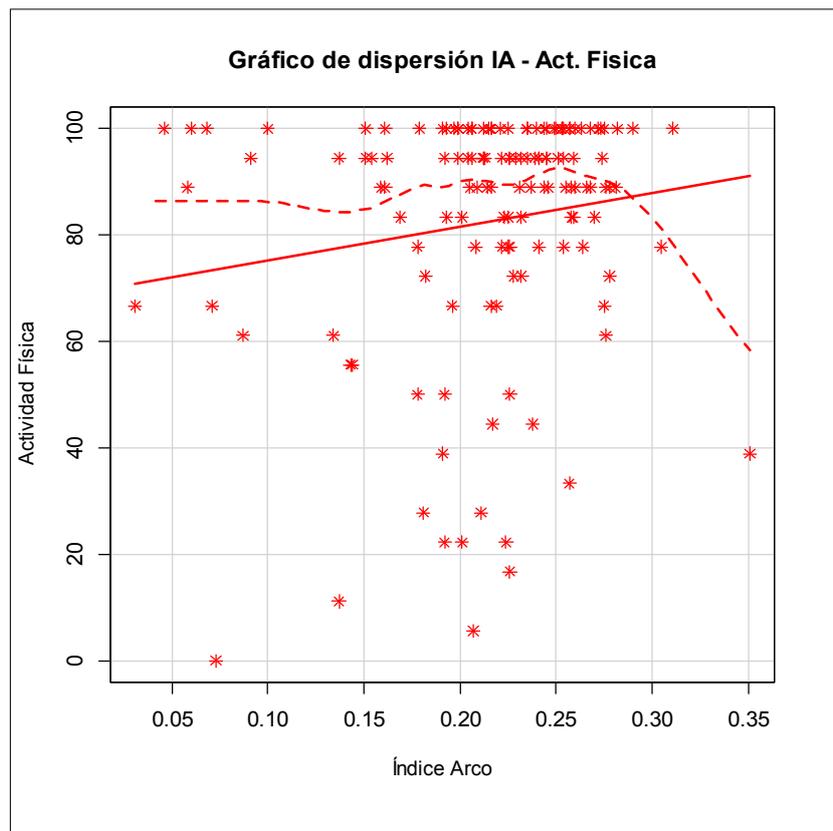


Figura 75. Dispersión de las variables IA y actividad física.

- Contraste de la t para muestras independientes:

Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (actividad física en grupo IA Normal)=media (actividad física en grupo IA NoNormal).

Los resultados proporcionados por el contraste son los siguientes: media de actividad física en el grupo IA Normal=85,27. Media de actividad física en el grupo

IA NoNormal=79,86. Diferencia de medias=-5,41 (NoNormal-Normal). IC al 95%: (-13,125; 2,309). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -1,386 que proporciona un p-valor=0,168 y se concluye que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de actividad física para los dos grupos de IAfactA. En el gráfico de cajas (Figura 76) se observa una similitud de las medianas y una menor variabilidad de las respuestas en el grupo Normal, aunque la mayoría de las puntuaciones se concentran en la parte alta en ambos grupos.

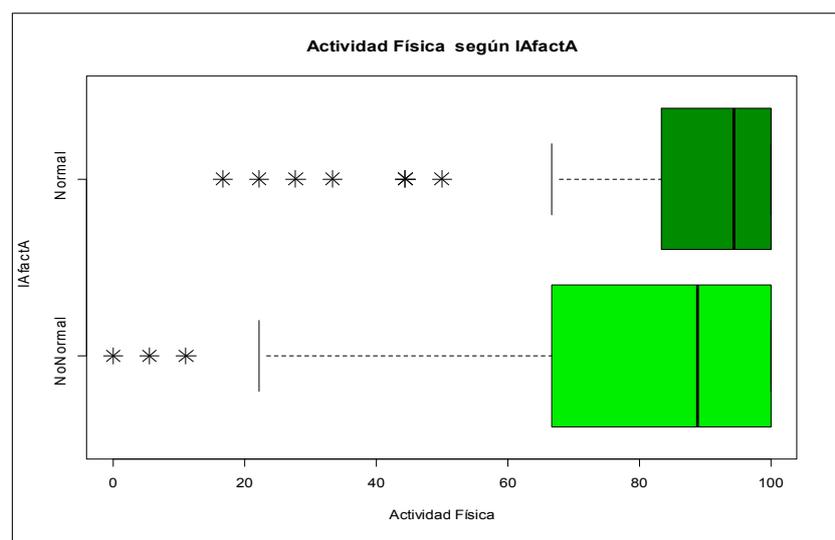


Figura 76. Gráfico de cajas de Actividad según IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Los estadísticos de la variable actividad física según los grupos del IAfactB se presentan en la Tabla 35.

Para comparar las tres medias de la variable actividad física en los tres grupos se presenta el gráfico de medias en el gráfico de la Figura 77, donde se aprecia la similitud de todas.

Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (actividad física en IA Normal)=media (Act. Física en IA Aumentado)=media (actividad física en IA Disminuido).

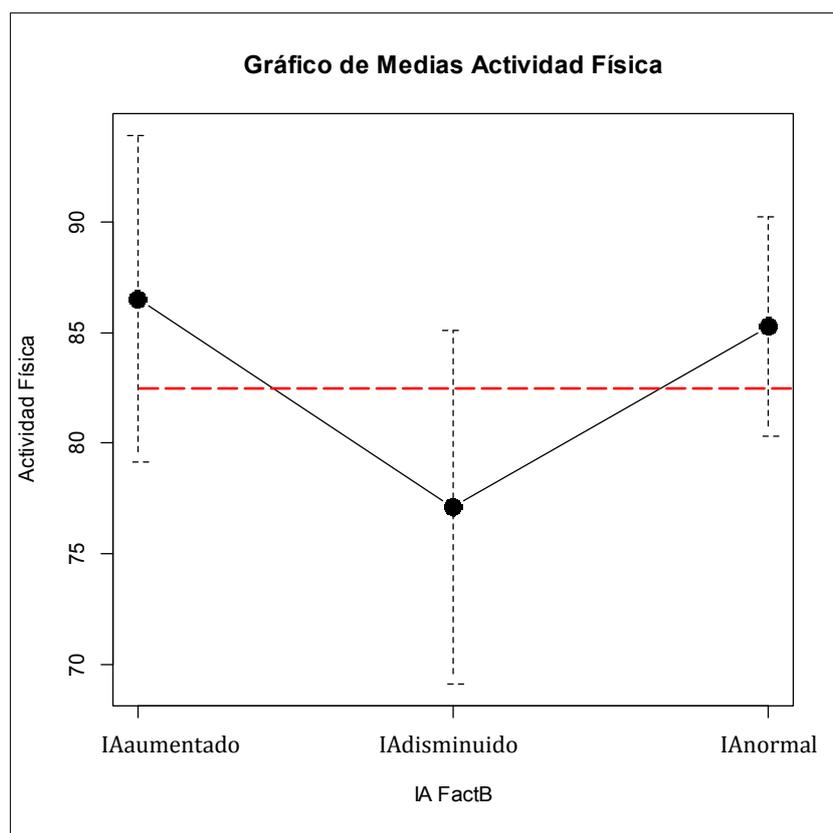


Figura 77. Medias de actividad física según IAfactB.

En la Tabla 36 se presentan los resultados del ANOVA de actividad física según el Factor IAfactB. El test de la F proporciona un estadístico de 2,188 y un p-valor=0,116. Por tanto se acepta claramente la hipótesis de igualdad de medias de actividad física en los tres grupos de IAfactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	2317	1158,5	2,188	0,116
Residual	135	71463	529,4		
Total	137	73780	538,5		

Tabla 36. ANOVA de actividad física según IAfactB.

4.2.7 . Función social.

En la Tabla 37 de los principales estadísticos de la variable función social en total y para los grupos IA aumentado, IA disminuido, IA normal (IAfactB) se observa que la media de función social es mayor en el grupo IA Aumentado (83,33), disminuye en el grupo IA Normal (82,58) y toma el valor menor en el grupo IA Disminuido (79,17), en todo caso, las puntuaciones son altas en todos los grupos y las diferencias de las medias en esta variable son pequeñas.

Función social	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	81,43	21,79	25	0	75	87,5	100	100
IA aument	21	83,33	18,26	37,5	50	62,5	87,5	100	100
IA dismin	51	79,17	24,96	25	0	75	87,5	100	100
IA normal	66	82,58	20,32	25	25	75	87,5	100	100

Tabla 37. Estadísticos de la variable función social en total y por IAfactB.

El histograma de la variable función social puede verse en la Figura 78.

En el gráfico de cajas según el género (Figura 79) puede observarse una mediana mayor para los hombres y una menor variabilidad de respuesta, aunque en ambos grupos tienden a las altas puntuaciones.

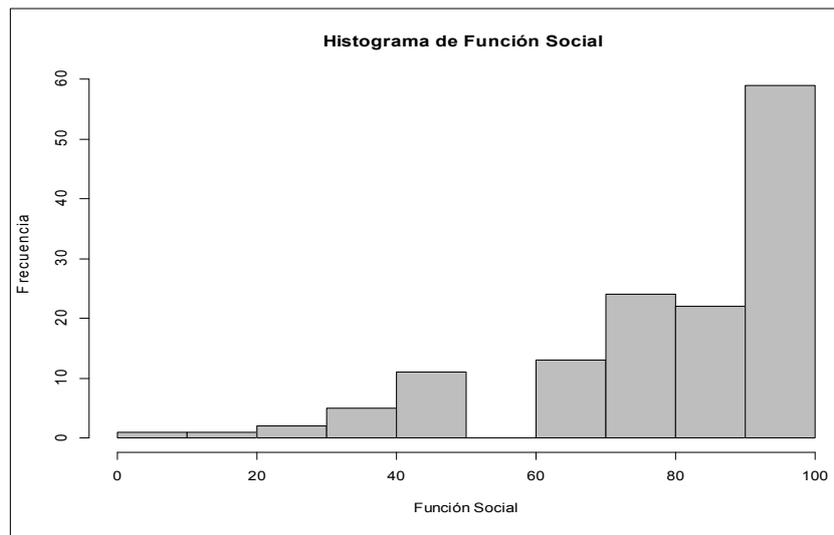


Figura 78. Histograma de la variable función social.

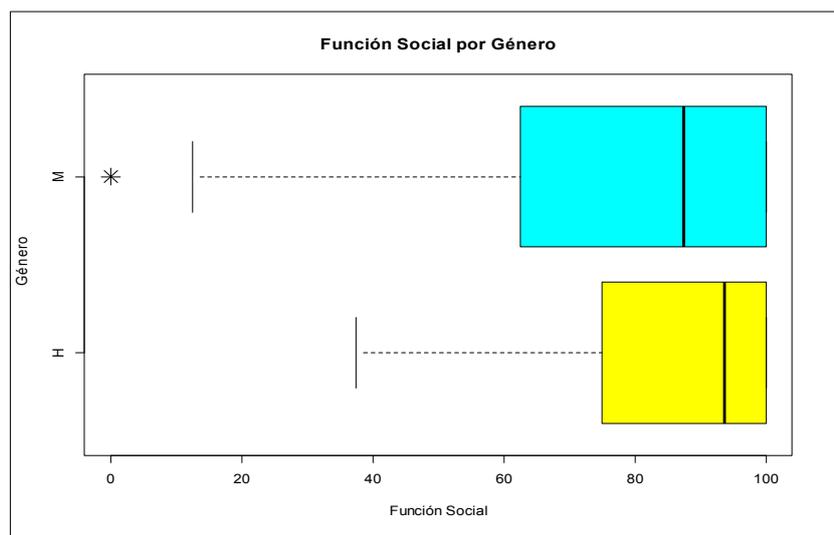


Figura 79. Gráfico de cajas de la variable función social.

- Coeficiente de correlación:

Para estudiar la relación de la variable de esta sección con la variable IA comenzamos, como en los análisis anteriores, tomando IA como variable continua. Se obtiene un coeficiente de correlación lineal entre función social e IA de 0,016. El IC al 95% para la correlación es (-0.152; 0.182). El valor asociado al contraste de hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” es igual a $p\text{-valor}=0,854$. Por tanto se acepta (muy claramente) que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

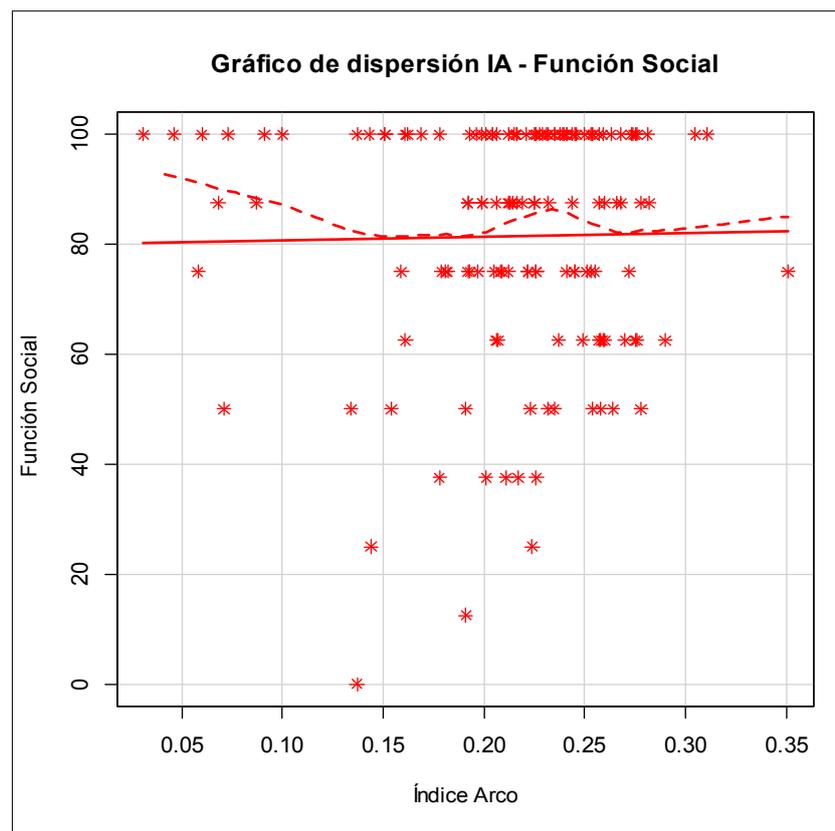


Figura 80. Dispersión de las variables IA y función social.

En el gráfico de la Figura 80 se observa que la relación lineal entre las variables IA y función social es prácticamente inexistente, la recta es próxima a la horizontal, el ajuste no paramétrico no indica otro tipo de relación. Los dos ajustes (el lineal y el no paramétrico) indican que la relación entre las dos variables IA y función social es mínima.

- Contraste de la t para muestras independientes:

Al clasificar la muestra en dos grupos según el factor IAfactA (Normales/NoNormales) se obtiene el gráfico de cajas que aparece más abajo (Figura 81) donde se aprecia que las medianas son iguales y que el grupo NoNormal tiene menor variabilidad de respuesta.

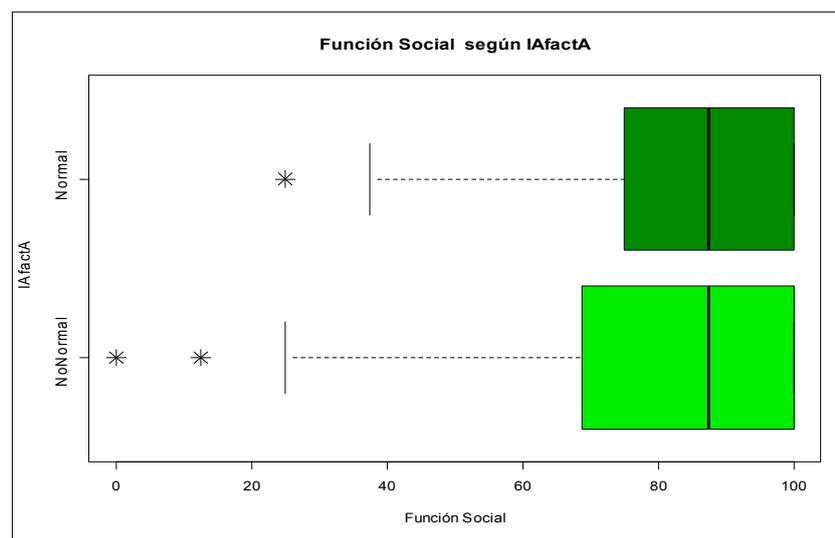


Figura 81. Gráfico de cajas de función social según IAfactA.

Es contrastada la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (función social en grupo IA Normal)=media (función social en grupo IA NoNormal).

El test de la t para contrastar la igualdad de medias de función social proporciona los siguientes resultados: media de función social en el grupo IA Normal=82,58. Media de función social en el grupo IA NoNormal=80,38. Diferencia de medias=-2,194 (NoNormal-Normal). IC al 95%: (-9,514; 5,127). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -0,593 que proporciona un p-valor=0,554 y se concluye de forma clara que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de función social para los dos grupos de IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Por último se estudia la variable función social en los tres grupos de la factorización del IA dada por la variable IAfactB (grupos con IA Aumentado, Disminuido y Normal). Los estadísticos de la variable función social según los grupos de IAfactB se presenta en la Tabla 37.

Para comparar las tres medias de la variable función social en los tres grupos se presenta la el gráfico de medias en la Figura 82.

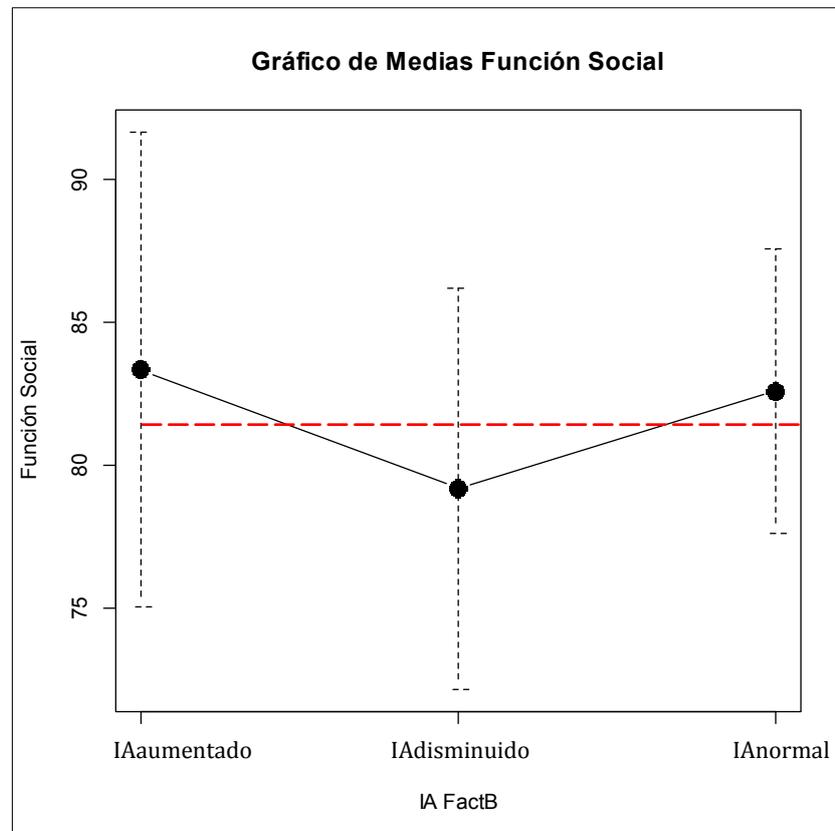


Figura 82. Medias de función social según IAfactB.

Se contrasta la hipótesis nula:

H_0 : media (función social en IA Normal)=media (función social en IA Aumentado)=media (función social en IA Disminuido).

Los resultados del ANOVA de función social según el Factor IAfactB se presentan en la Tabla 38. El test de la F proporciona un estadístico de 0,443 y un p-valor=0,643.

Por tanto se acepta claramente la hipótesis de igualdad de medias de función social en los tres grupos de IAfactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	424	212,0	0,443	0,643
Residual	135	64650	478,9		
Total	137	65074	474,9		

Tabla 38. ANOVA de función social según IAfactB.

4.2.8 . Vigor.

La Tabla 39 presenta los principales estadísticos de la variable vigor en total y en los grupos del factor IAfactB. Se puede observar que la media de vigor es mayor en el grupo IA Normal (53,31), disminuye un poco en el grupo IA Aumentado (52,68) y toma el valor menor en el grupo IA Disminuido (50,74), en todo caso, las diferencias de las medias en esta variable son pequeñas.

Vigor	n	Media	DT	RIC	Per 0	Per 25	Per 50	Per 75	Per 100
Todo	138	52,26	20,35	29,69	0	39,06	50	68,75	100
IA aument	21	52,68	24,81	37,50	0	31,25	56,25	68,75	100
IA dismin	51	50,74	22,00	31,25	0	37,50	56,25	68,75	87,50
IA normal	66	53,31	17,55	23,44	0	43,75	50	67,19	93,75

Tabla 39. Estadísticos de la variable vigor (en total y por IAfactB).

El histograma de la variable vigor puede verse en la Figura 83.

El gráfico de cajas según género (Figura 84) muestra una mediana mayor y en general puntuaciones más altas en hombres.

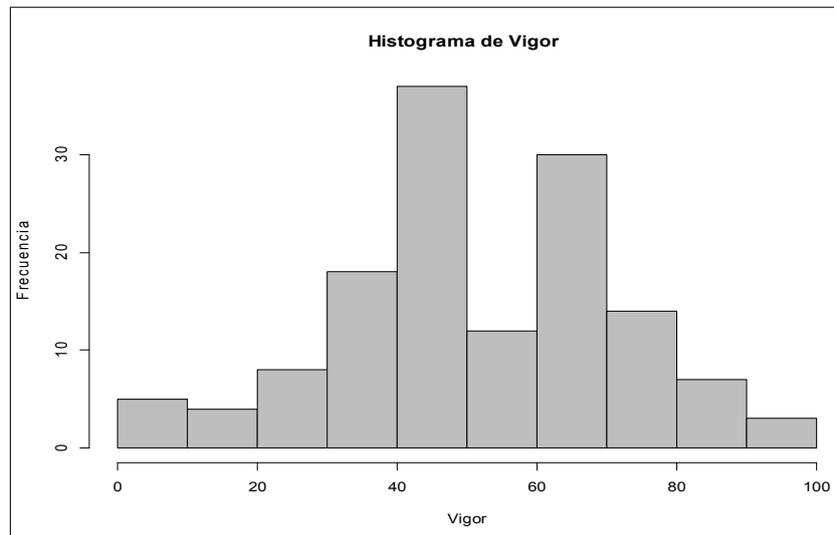


Figura 83. Histograma de la variable vigor.

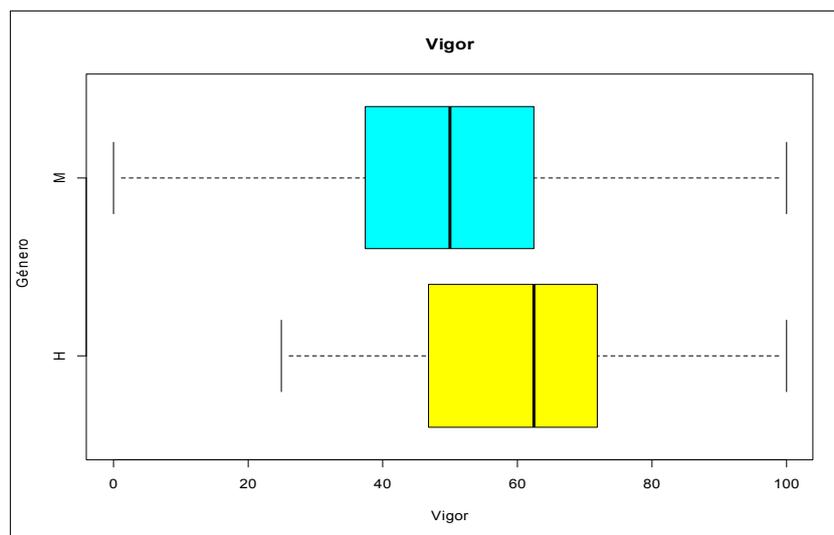


Figura 84. Gráfico de cajas de vigor según género.

- Coeficiente de correlación:

Considerando a IA como continua se obtiene un coeficiente de correlación lineal entre vigor e IA de -0,014. El IC al 95% para la correlación es (-0.181; 0.153). El valor asociado al contraste de hipótesis nula “el coeficiente de correlación es nulo” es igual a $p\text{-valor}=0,869$. Por tanto se acepta (muy claramente) que la correlación es cero y que no existe relación lineal significativa entre las dos variables.

En el gráfico de la Figura 85 se observa que la relación lineal entre las variables IA y vigor es inexistente, la recta es próxima a la horizontal, el ajuste no paramétrico no indica otro tipo de relación. Los dos ajustes (el lineal y el no paramétrico) indican que la relación entre las dos variables IA y vigor es mínima.

- Contraste de la t para muestras independientes:

El gráfico de cajas de la Figura 86 presenta la clasificación de la muestra según el vigor para los dos grupos del IAfactA (Normales/NoNormales). La mediana es ligeramente menor en Normal y la variabilidad de respuesta también. Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (vigor en grupo IA Normal)=media (vigor en grupo IA NoNormal).

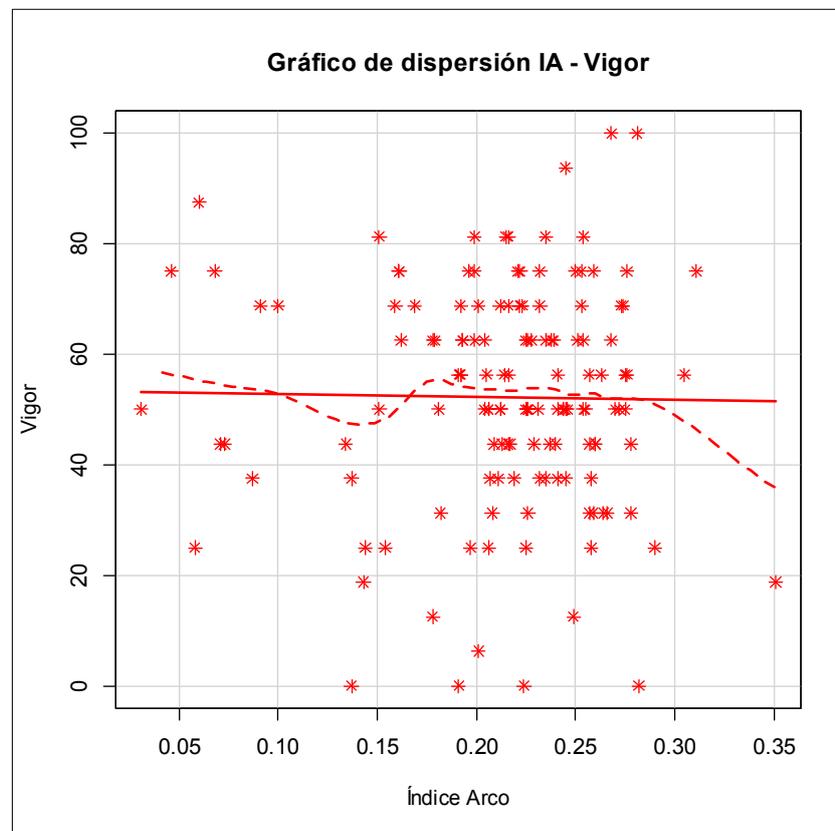


Figura 85. Dispersión de las variables IA y vigor.

El test de la t para contrastar la igualdad de medias de vigor en ambos grupos proporciona los siguientes resultados: media de vigor en el grupo IA Normal=53,31. Media de vigor en el grupo IA NoNormal=51,30. Diferencia de medias=-2,012 (NoNormal-Normal). IC al 95%: (-8,812; 4,788). Estadístico t del contraste de igualdad de medias -0,585 que proporciona un p-valor=0,559 y se concluye de forma clara que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de vigor para los dos grupos de IAfactA.

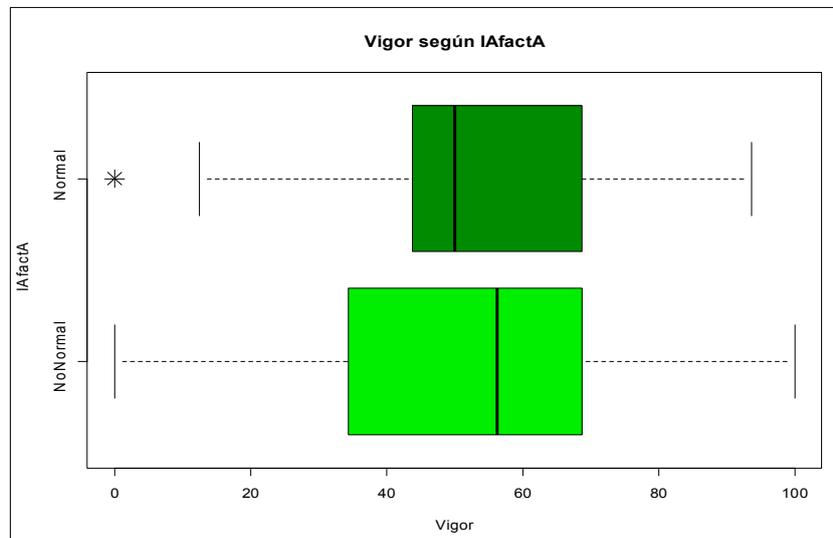


Figura 86. Gráfico de cajas de vigor según IAfactA.

- Contraste de F (ANOVA):

Para estudiar la relación entre la variable vigor y los tres grupos del factor IAfactB (IA aumentado/disminuido/ normal) se emplean los estadísticos que aparecen en la Tabla 39.

Para comparar las tres medias de la variable vigor en los tres grupos se presenta la el gráfico de medias en la Figura 87.

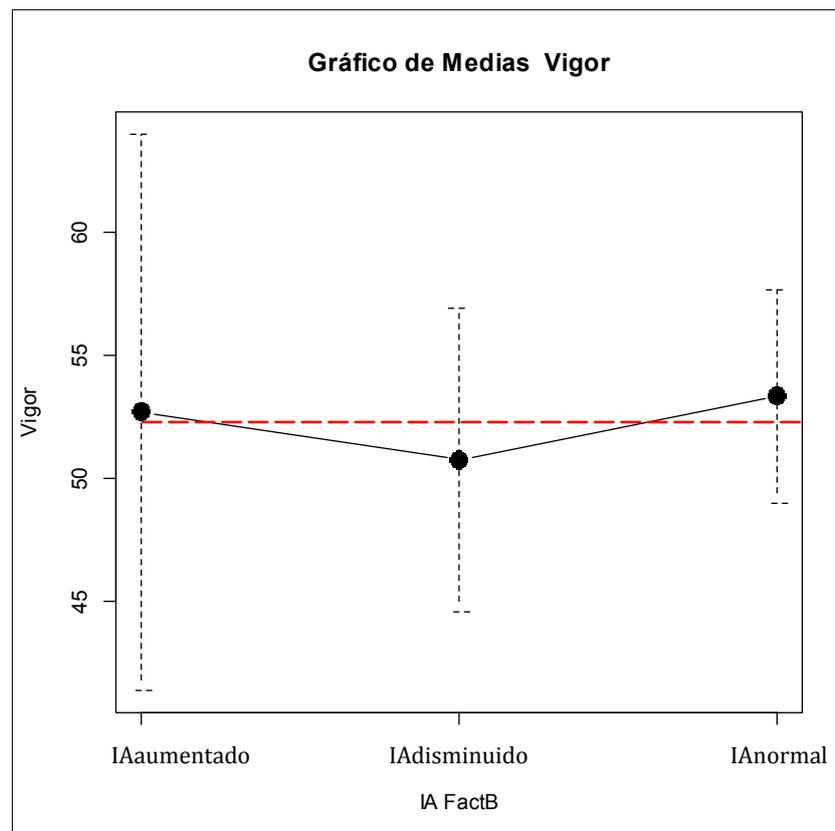


Figura 87. Medias de vigor según IAfactB.

Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

H_0 : media (vigor en IA Normal)=media (vigor en IA Aumentado)=media (vigor en IA Disminuido).

En la Tabla 40 se presentan los resultados del ANOVA de vigor según el Factor IAfactB. El test de la F proporciona un estadístico de 0,234 y un p-valor=0,792. Por tanto se acepta claramente la hipótesis de igualdad de medias de vigor en los tres grupos de IafactB.

Tabla ANOVA	g.l.	Suma Cuad.	Varianza	Estad. F	p-valor
Factor	2	196	97,8	0,234	0,792
Residual	135	56519	418,7		
Total	137	56715	413,9		

Tabla 40. ANOVA de vigor según IAfactB.

4.2.9 . Análisis de residuos.

En este apartado se presentan los resultados de los estudios de homocedasticidad y normalidad de cada una de las variables anteriores.

En el contraste de la t de igualdad de medias de dos grupos, el tes de Levene acepta (en todas las variables) la homocedasticidad de los datos, esto es, la igualdad de varianzas en los dos grupos, ya que el p-valor es mayor de 0,05. Además lo hace de forma bastante clara en todas la variables (p-valor mayor de 0,20) excepto en las variables actividad física y vigor, con p-valores menores, pero siempre superiores al 0,05, tal y como se puede observar en la Tabla 41.

Variable	Estadístico	P-valor
Dolor de pie	0,7496	0,3881
Función del pie	0,0527	0,8187
Calzado	1,2686	0,2620
Salud del pie	0,2337	0,6296
Salud general	0,2469	0,6201
Actividad física	2,5449	0,1129
Función social	0,3952	0,5306
Vigor	3,8707	0,0511

Tabla 41. Estadístico de Levene y p-valor en el contraste de homocedasticidad de dos grupos.

En el contraste de la t de igualdad de medias de dos grupos, los contrastes Kolmogorov-Smirnov (KS) y Shapiro-Wilks (SW), indican que no se verifica la hipótesis de normalidad en ninguna de las variables estudiadas excepto en la variable Vigor, que es la única en la que el p-valor del KS y el p-valor del SW es superior a 0,05, tal como se puede observar en la Tabla 42. Por tanto, los resultados del estadístico de la t no son exactos, son aproximados, pero teniendo en cuenta el tamaño muestral con el que se trabaja, el Teorema Central del Límite garantiza que la aproximación es buena.

Variable	Contraste K-S		Contraste S-W	
	Estadístico	P-valor	Estadístico	P-valor
Dolor de pie	0,1366	0,0116	0,8822	0,0000
Función del pie	0,2240	0,0000	0,7701	0,0000
Calzado	0,1175	0,0442	0,9243	0,0000
Salud del pie	0,1578	0,0021	0,9342	0,0000
Salud general	0,1045	0,0978	0,9371	0,0000
Actividad física	0,2265	0,0000	0,7686	0,0000
Función social	0,2158	0,0000	0,8288	0,0000
Vigor	0,0801	0,3405	0,9712	0,0897

Tabla 42. p-valores de los estadísticos KS y SW en el contraste de normalidad de los residuos.

Las conclusiones acerca del cumplimiento de las hipótesis de homocedasticidad y normalidad en el test de la F son análogas a las indicadas en el apartado anterior, como se puede observar en las Tablas 43 y 44.

Variable	Estadístico	P-valor
Dolor de pie	1,3394	0,2655
Función del pie	0,6381	0,5298
Calzado	1,5452	0,2170
Salud del pie	0,6879	0,5044
Salud general	0,1558	0,8559
Actividad física	2,8643	0,0605
Función social	0,6505	0,5234
Vigor	1,9414	0,1475

Tabla 43. Estadístico de Levene y p-valor en el contraste de homocedasticidad de tres grupos.

Variable	Contraste K-S		Contraste S-W	
	Estadístico	P-valor	Estadístico	P-valor
Dolor de pie	0,1433	0,0069	0,8917	0,0000
Función del pie	0,1993	0,0000	0,7964	0,0000
Calzado	0,0817	0,3166	0,9359	0,0000
Salud del pie	0,1583	0,0020	0,9428	0,0000
Salud general	0,1048	0,0962	0,9418	0,0000
Actividad física	0,2009	0,0000	0,7974	0,0000
Función social	0,2060	0,0000	0,8424	0,0000
Vigor	0,0801	0,3410	0,9714	0,0937

Tabla 44. p-valores de los estadísticos KS y SW en el contraste de normalidad de los residuos.

4.3 . Estudio alternativo (MANOVA).

El CESP estudia ocho variables que valoran dos dimensiones:

Dimensión 1: dolor del pie; función del pie; calzado y salud del pie.

Dimensión 2: salud general; actividad física; función social y vigor.

Una alternativa al estudio realizado en el que se analiza cada una de las ocho variables del CESP por separado consiste en estudiar la influencia del IA en cada una de estas dos dimensiones de forma multidimensional. Esto es considerar como respuesta el vector 4-dimensional cuyas componentes son las cuatro variables de la dimensión. Para ello se utiliza el modelo MANOVA..

Si existe dependencia entre las cuatro componentes del vector respuesta se recomienda utilizar el modelo MANOVA en lugar de cuatro modelos ANOVA.

A continuación se realiza dicho estudio.

4.3.1 . MANOVA de la Dimensión 1.

Se considera como vector respuesta el siguiente vector 4-dimensional: Dim1=dolor del pie, función del pie, calzado, salud del pie.

Para saber si existe dependencia entre estas cuatro variables se obtiene la matriz de correlaciones que se presenta en la Tabla 45.

Correlaciones	Dolor pie	Función pie	Calzado	Salud pie
Dolor pie	1	0,718	0,351	0,699
Función pie	0,718	1	0,357	0,580
Calzado	0,351	0,357	1	0,419
Salud pie	0,699	0,580	0,419	1

Tabla 45. Correlaciones de las variables de Dim1.

En cada una de las correlaciones obtenidas se ha contrastado la hipótesis nula “la correlación es cero” obteniendo en todos los casos un p-valor asociado igual a 0,000 y por tanto se rechaza con seguridad la hipótesis. Al ser las correlaciones no nulas se concluye que existe dependencia entre las variables y es interesante el estudio de la respuesta multidimensional (Dim1).

Por tanto, se aplica un modelo MANOVA para estudiar la influencia del factor IA con tres niveles (IAfactB) en la respuesta Dim1.

En primer lugar se contrasta que la matriz de covarianzas del vector Dim1 es igual en los tres grupos de IA. La prueba de M de Box proporciona un p-valor=0,760 y se acepta la igualdad de las tres matrices de covarianzas.

Denominando Dim1 al vector formado por las medias de las cuatro variables de Dimensión 1 en el grupo de individuos con IA Normal, el objetivo es contrastar la siguiente hipótesis nula:

Considerando al vector aleatorio $\vec{D}_1 = (DP, FP, C, SP)$ que tiene de media $\vec{\mu}_1 = (\mu_{DP}, \mu_{FP}, \mu_S, \mu_{SP})$ siendo μ_{DP} la media de la variable DP, análogamente para las otras tres variables. Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \vec{\mu}_1(\text{IA normal}) = \vec{\mu}_1(\text{IA bajo}) = \vec{\mu}_1(\text{IA alto}),$$

siendo $\vec{\mu}_1(\text{IA normal})$ el vector de medias $\vec{\mu}_1$ obtenido en el grupo de individuos con IA normal y análogamente en los otros dos grupos.

En el gráfico de la Figura 88 se presentan las medias de las cuatro variables de Dim1. Se quiere contrastar si los cuatro puntos de las tres verticales (los tres grupos de IA) son iguales.

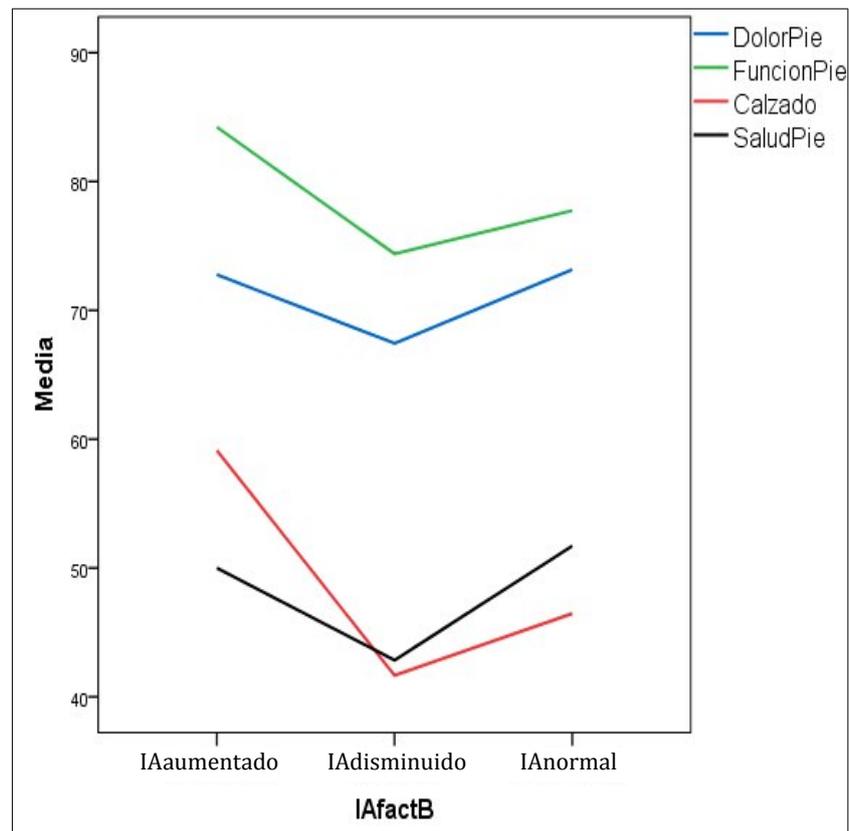


Figura 88. Medias de las variables de Dim1 en los tres grupos de IAfactB.

El programa SPSS proporciona cuatro contrastes de esta hipótesis: traza de Pillai, Lambda de Wilks, traza de Hotelling, raíz mayor de Roy. Los resultados se presentan en la Tabla 46:

IAfactB	Estadístico	F	p-valor
Traza de Pillai	0,068	1,168	0,319
Lambda de Wilks	0,933	1,161	0,323
Traza de Hotelling	0,070	1,153	0,328
Raíz mayor de Roy	0,044	1,461	0,218

Tabla 46. Contrastes multidimensionales para Dim1 con IFactB.

Los p-valores de los cuatro estadísticos multidimensionales son superiores a 0,200, por tanto, se acepta que las medias vectoriales de Dim1 son iguales en los tres niveles del factor IFactB.

4.3.2 . MANOVA de la Dimensión 2.

En este caso el vector respuesta 4-dimensional es el siguiente: Dim2=salud general, actividad física, función social, vigor.

La matriz de correlaciones de Dim2 se presenta en la Tabla 47:

Correlaciones	Salud general	Act. física	Func social	Vigor
Salud general	1	0,485	0,556	0,573
Act. física	0,485	1	0,497	0,410
Func social	0,556	0,497	1	0,569
Vigor	0,573	0,410	0,569	1

Tabla 47. Correlaciones de las variables de Dim2.

En cada una de las correlaciones obtenidas se ha contrastado la hipótesis nula “la correlación es cero” obteniendo en todos los casos un p-valor asociado igual a 0,000

y, por tanto, se rechaza con seguridad la hipótesis. Por tanto, las variables de Dim2 son dependientes y tiene interés el estudio de la respuesta multidimensional (Dim2).

Para aplicar un modelo MANOVA que estudie la influencia del factor IA con tres niveles (IAfactB) en la respuesta Dim2, se contrasta que la matriz de covarianzas del vector Dim2 es igual en los tres grupos de IA. La prueba de M de Box proporciona un p-valor igual a 0,052 y se acepta la igualdad de las tres matrices de covarianzas con muy poco margen .

Denotemos $\vec{D}_2=(DP,FP,C,SP)$ al vector aleatorio formado por las cuatro variables de Dim2. El vector de medias de D_2 es $\mu_2=(\mu_{SG},\mu_{AF},\mu_{FS},\mu_V)$, siendo μ_{SG} la media de la variable salud general, y análogamente para las otras tres variables. Se contrasta la siguiente hipótesis nula:

$$H_0: \vec{\mu}_2(\text{IA normal})=\vec{\mu}_2(\text{IA bajo})=\vec{\mu}_2(\text{IA alto}),$$

siendo $\vec{\mu}_2(\text{IA normal})$ el vector de medias $\vec{\mu}_2$ obtenido en el grupo de individuos con IA normal, análogamente en los otros dos grupos.

En el gráfico de la Figura 89 se presentan las medias de las cuatro variables de Dim2. Se quiere contrastar si los cuatro puntos de las tres verticales (los tres grupos de IA) son iguales.

Los resultados de los cuatro contrastes de esta hipótesis que proporciona el programa SPSS se presentan en la Tabla 48.

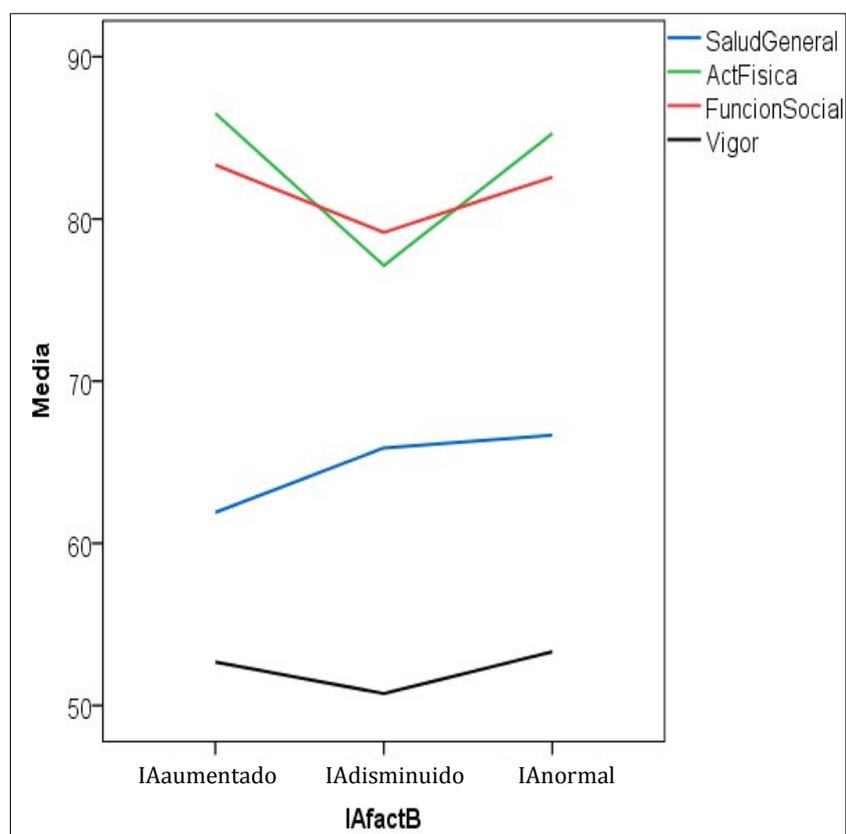


Figura 89. Medias de las variables de Dim2 en los tres grupos de IAfactB.

IAfactB	Estadístico	F	p-valor
Traza de Pillai	0,055	0,936	0,487
Lambda de Wilks	0,945	0,938	0,486
Traza de Hotelling	0,057	0,940	0,484
Raíz mayor de Roy	0,053	1,747	0,143

Tabla 48. Contrastes multidimensionales para Dim2 con IAfactB.

Los p-valores de los cuatro estadísticos multidimensionales son superiores a 0,100, por tanto, se acepta que las medias vectoriales de Dim2 son iguales en los tres niveles del factor IAfactB.

La conclusión del estudio es que el IA no influye en ninguna de las dos dimensiones del CESP.

4.4 . Contraste de la t entre los grupos con mayor diferencia de medias.

Considerando que la dispersión de los tres grupos formados al analizar el IA (IA Normal, IA Aumentado, IA Disminuido) es similar, se realiza un estudio complementario de los datos con el objetivo de encontrar diferencias significativas.

En las secciones siguientes (4.4.1-4.4.8) se presentan los resultados del Contraste de la t de igualdad de medias para muestras independientes comparando en cada variable los dos grupos con mayor diferencia de medias.

4.4.1 . Altura del Arco y dolor del pie.

Hipótesis nula, H_0 : media(dolor en grupo IA Normal)=media(dolor en grupo IA Disminuido).

Obtenemos un p-valor=0,190, superior a 0,05 por lo que se acepta la hipótesis nula.

4.4.2 . Altura del arco y la función del pie.

Hipótesis nula, H_0 :media(Función en grupo IA Aumentado)=media(Función en grupo IA Disminuido).

El p-valor=0,194, por lo que se acepta la hipótesis nula.

4.4.3 . Altura del Arco y problemas con el calzado.

Hipótesis nula, H_0 : media (calzado en grupo IA Aumentado)=media(calzado en grupo IA Disminuido).

Este contraste es significativo ya que $p\text{-valor}=0,015 (>0,05)$, rechazándose la hipótesis de que la media de la variable calzado es igual en los dos grupos. Se puede afirmar que existe evidencia estadística de la influencia del IA en la variable calzado, con mejor comportamiento en el grupo IA Aumentado que en el IA disminuido.

4.4.4 . Altura del Arco y salud del pie.

Hipótesis nula, H_0 : media(salud del pie en IA Normal)=media(salud del pie en IA Disminuido).

El $p\text{-valor}=0,083$, por lo que se acepta la hipótesis nula al 0,05 aunque se rechaza con $\alpha=0,10$.

4.4.5 . Altura del Arco y salud general.

Hipótesis nula, H_0 : media(salud general en IA Aumentado)=media(salud general en IA Normal).

El $p\text{-valor}=0,398$ por lo que se acepta la hipótesis nula.

4.4.6 . Altura del Arco y actividad física.

Hipótesis nula, H_0 : media(actividad física en grupo IA Aumentado)=media(actividad física en grupo en grupo IA Disminuido).

El p-valor=0,082. Trabajando al 0,05 se acepta H_0 pero se rechazaría con $\alpha=0,10$. Esto es debido a que la diferencia de la media de actividad física en IA Aumentado es grande en relación con la media en el grupo IA Disminuido.

4.4.7 . Altura del Arco y función social.

Hipótesis nula, H_0 : media (función social en grupo IA Aumentado)=media(función social en grupo en grupo IA Disminuido).

Se acepta la hipótesis nula ya que el p-valor=0,492.

4.4.8 . Altura del Arco y vitalidad (vigor).

Hipótesis nula, H_0 : media (vigor en el grupo IA Normal)=media (vigor en el grupo en grupo IA Disminuido).

Se acepta la hipótesis nula ya que el p-valor=0,482.

5 . Discusión

En el siguiente capítulo se discuten los resultados de los diferentes tests estadísticos aplicados a las distintas hipótesis planteadas para responder al objetivo principal y a los secundarios.

Como es habitual en este tipo de estudios se trabaja con un nivel de significación del 0,05. Esto es, el contraste es estadísticamente significativo si el p-valor es inferior a 0,05.

5.1 . Objetivo principal: impacto del IA en la calidad de vida en personas adultas.

Según los resultados de nuestro estudio podemos afirmar de forma genérica que el IA no influye en la calidad de vida en personas adultas.

Con el estudio realizado se observa que las respuestas de las personas con IA aumentado e IA normal tienen valoraciones muy similares en las ocho variables del CESP.

Las personas con IA disminuido tienen valores algo inferiores, la diferencia no es grande como para que sea estadísticamente significativa pero si se observa esa tendencia.

Pita y colaboradores (115), sin embargo, encontraron una relación estadísticamente significativa entre los pacientes con pie plano y la calidad de vida: los pacientes con pie plano tenían medias más bajas en el CESP. Al estratificar según

el género encontraron esta asociación se mantenía claramente significativa en mujeres y cerca de estos valores en hombres. También encontraron que las puntuaciones para las diferentes dimensiones seguían manteniendo diferencias tras ajustar los datos por edad, género y comorbilidad . Las diferencias de resultados con nuestro estudio se pueden deber a varios factores. Para medir la calidad de vida emplearon exclusivamente las cuatro dimensiones de la primera sección del CESP y el tipo de pie lo factorizaron como dos variables: pie plano y sin pie plano (que incluye el arco normal y el pie cavo). El tipo de pie lo clasificaron con un sistema distinto al IA, mediante tres sistemas basados en pedigráficas (el ángulo de Clarke, el índice de Chippaux-Smirak y el índice de Staheli). La muestra seleccionada tiene una edad muy superior a la de nuestro trabajo, ya que el criterio de selección fue de individuos de 40 o más años y casi la mitad de la muestra era mayor de 65. La media del IMC es superior a la de nuestra muestra en casi 3,5 puntos.

Jelinek y Fox (116) encontraron una asociación estadísticamente significativa entre el IMC y los resultados de la primera sección del FHSQ de modo que cuando el primero aumenta los resultados de los dominios del FHSQ son peores, concluyendo que la obesidad puede afectar negativamente a la calidad de vida. Estudios previos relacionan el pie plano con un mayor IMC (150), por lo que la presencia de pie plano, podría tener relación con la calidad de vida medida con el FHSQ, al menos en personas obesas.

Pérez (27) observó que el pie plano (y la presencia de patología dermatológica) disminuyen la calidad de vida, medida con el CESP. La edad media de su muestra ($61,70 \pm 11,60$ años) era 15,5 años superior a la nuestra y la media del IMC ($29,18 \pm 4,74 \text{ kg/m}^2$) $3,42 \text{ kg/m}^2$ por encima de la nuestra, lo que pudo influir en la diferencia de resultados.

En nuestro trabajo, aumentando el tamaño muestral, y en el supuesto de que se mantuviesen las diferencias obtenidas, estas llegarían a ser estadísticamente significativas. Esto se discute en el apartado “5.4 Limitaciones del estudio.”

5.2 . Objetivos secundarios I: relación entre las dimensiones de la calidad de vida y el IA.

En este apartado se procede a analizar los resultados del estudio estadístico desarrollado en el capítulo anterior.

5.2.1 . Relación entre el IA y el dolor de pie.

En nuestro estudio, tanto el contraste de la t entre IA Normal/NoNormal, o entre los grupos con mayor diferencia de medias en el IA y el contraste de la F son no significativos (el p-valor es mayor de 0,05) y en todos los casos se acepta H_0 , por lo que se concluye que no se puede afirmar que exista evidencia estadística de la influencia de la altura del arco en el dolor en el pie.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable dolor del pie es igual en el grupo de IA normal y en el de IA aumentado y superior a la media de dolor del pie en el grupo de IA disminuido. Para probar que esta diferencia es significativa habría que aumentar la muestra.

Menz y colaboradores (137), en un estudio con una muestra de 60 personas, concluyeron que el dominio de dolor del FHSQ tiene una sensibilidad de media a alta, y que es superior a la subescala análoga del MFPDI.

Al igual que en nuestro estudio Riskowski y colaboradores (23) tampoco encontraron una asociación entre el tipo de pie y el dolor en el mismo. En su caso utilizaron el IA modificado para evaluar la altura del arco y el Cuestionario Nacional de Salud y Nutrición de Estados Unidos como formulario para valorar la presencia o ausencia de dolor en el pie. De los 1856 participantes que incluía su estudio el 26,2% (n=487) declaraba dolor en el pie, siendo la segunda localización más frecuente tras la rodilla y seguida por dolor en la cadera y en el tobillo. Mientras que en nuestro estudio los individuos con pie cavo tienen peores valoraciones para la variable dolor en comparación con los individuos con pie plano, en el de Riskowski y colaboradores sucede al contrario (dolor Plano vs. Cavo OR 1,45, 95%IC: 1,08-1,95; p=0,015), aunque al ajustar los datos por género, edad e IMC la asociación deja de ser estadísticamente significativa (OR 1,13, 95%IC: 0,81-1,56; p=0,480) al igual que la nuestra. Si encontraron, sin embargo, una asociación

significativa entre el pie plano y el dolor de rodilla (OR 1,57, 95%IC: 1,24-1,99) o de tobillo (OR 1,47, 95%IC: 1,05-2,06), en comparación con el pie normal.

En otro estudio de Riskowski y colaboradores (93), sin embargo, si encontraron una mayor prevalencia de dolor de tobillo en personas con pie plano o cavo que en personas con pie normal. De entre el pie plano y el cavo, este último es el que mostraba mayor prevalencia.

Menz y colaboradores (151), en un estudio en el que investigaron la relación entre el tipo, la función y/o el dolor del pie y la movilidad en personas mayores, reportaron que el 26,7% (497) de los individuos incluidos en su estudio (n=2229) presentaban dolor en uno o ambos pies, pero no estudiaron si existía relación entre el tipo de pie y dolor. Su muestra era de mayores de 50 años con una media de edad superior a la nuestra en 23,2 años.

En otro trabajo Menz y colaboradores (24) investigaron la relación entre la postura y el dolor del pie. El 20% de su muestra refirió dolor de pie la mayoría de los días (14,8% de los hombres, 23,8% de las mujeres) y encontraron un incremento estadísticamente significativo de la probabilidad de tener dolor en el arco para hombres con pie plano del 38% en comparación con los de pie normal (OR 1,38, 95%IC: 1,01-1,90; p=0,044), mientras que para las mujeres con pie cavo la probabilidad de tener dolor disminuía un 26% (OR 0,74, 95%IC: 0,55-1,00; p=0,048) en la zona de apoyo metatarsal y un 36% (OR 0,64, 95%IC: 0,48-0,85;

$p=0,002$) en el arco en comparación con las que tenían un arco normal. En general y pese a las evidentes diferencias halladas en el perfil de riesgo según el sexo, sus resultados parecen indicar una tendencia hacia una mayor probabilidad de tener dolor con pie plano y una menor con pie cavo, tendencia que es inversa a la que nosotros encontramos en nuestro trabajo y que ellos mismos describen como inesperada debido a resultados de estudios anteriores. Hay varias razones que pueden explicar esta diferencia. Mientras que en nuestro estudio la presencia de deformidades estructurales del pie es un criterio de exclusión, en el de Menz y colaboradores no. Los individuos de su muestra tienen una media de edad (66) que coincide con el límite superior de los criterios de inclusión del nuestro, por lo que su población de estudio es ostensiblemente mayor, con las implicaciones que supone en la relación con el dolor de pie. El peso medio es de $87,91 \pm 15,64$ en hombres y $72,04 \pm 16,38$ en mujeres, algo por encima de nuestros resultados ($81,28 \pm 13,54$ en hombres y $68,36 \pm 13,43$ en mujeres). También en nuestro estudio el porcentaje de mujeres es mucho mayor que el de hombres, mientras que en el suyo es mucho más equilibrado (56%), factor que puede afectar a los resultados tanto por el tipo de pie y función, como por las diferencias en el tipo de calzado empleado mayoritariamente por uno u otro género, cuyos criterios de selección también podrían variar con el incremento de edad. Las diferencias en el método empleado en el trabajo también pueden contribuir a las contradicciones encontradas, ya que en su estudio aunque emplearon el IA para clasificar el tipo de pie lo hicieron en base a una captura mediante plataforma de presiones y no siguieron la clasificación propuesta por Cavanagh y Rodgers (80), sino que

dividieron los resultados en quintiles clasificando como “arco normal” los incluidos entre el 20-80% del total, lo que resulta en un criterio de normalidad mucho más amplio que el nuestro. Esto lo calcularon por separado según el género, obteniendo puntos de corte diferentes en hombres y mujeres, por lo que los resultados podrían verse afectados en comparación con nuestro estudio. También utilizaron un método diferente al nuestro para la valoración del dolor de pie que se basaba en las preguntas para la sección correspondiente del Cuestionario Nacional de Salud y Nutrición de Estados Unidos.

La prevalencia de dolor obtenida en la revisión de Thomas y colaboradores (152) al realizar un meta-análisis con los datos agrupados provenientes de los tres estudios que encontraron que analizaban dicha variable de modo independiente fue del 24% (95%IC 22-25%) ($I^2=46\%$, $p=0,155$). Dos de estos estudios del meta-análisis tenían una muestra de edad avanzada, con límites inferiores de 64 y 65 años.

El estudio de Pita y colaboradores (115), que utilizó el CESP, obtuvo una media en el dominio dolor del pie de $86,91\pm 29,63$ para personas con pie plano y de $90,52\pm 17,62$ para individuos sin pie plano (arco normal y pie cavo), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($p=0,024$). Al estratificar según el género las diferencias en las medias continuaron en valores significativos en mujeres: mujeres con pie plano $82,12\pm 22,56$ vs. mujeres sin pie plano $86,90\pm 19,97$ ($p=0,047$), mientras que en hombres la diferencia no era estadísticamente significativa: hombres con pie plano $92,47\pm 10,19$ vs. hombres sin pie plano

95,28±12,19 ($p=0,132$). En general, aunque la media en dolor del pie en nuestro estudio también es mejor (más alta) para hombres que para mujeres, los valores son considerablemente menores que los suyos, sobre todo en el caso del pie cavo. Esto puede ser debido al origen de la muestra en nuestro estudio, a los diferentes métodos empleados para la clasificación del tipo de pie o a que en nuestro estudio la presencia de otras deformidades del pie es un criterio de exclusión.

López y colaboradores (153) en un estudio con 94 participantes en el que comparaban los resultados del CESP entre un grupo control ($n=47$) y trabajadores del mar ($n=47$), obtuvieron una media para este dominio en el grupo control de 84,85±13,65, superior a la obtenida por nosotros para el conjunto de la muestra. Tanto el IMC, como la edad en ambos estudios es similar. La diferencia en los resultados pueden deberse al origen de la muestra de nuestro estudio, al mayor porcentaje de mujeres en el suyo (85,1%), que está un 10% por encima del nuestro y/o a que en su estudio la puntuación más baja en este dominio fue de 12,5 mientras que nosotros recabamos varias puntuaciones inferiores.

En un estudio posterior López con otros colaboradores (113) compararon los resultados del CESP entre mujeres menopáusicas ($n=53$) y mujeres no menopáusicas ($n=53$). La diferencia de las medias obtenidas para este dominio fue estadísticamente significativa, siendo menor en las mujeres menopáusicas que en las no menopáusicas (63,14±25,81 vs. 74,5±20,63, $p=0,016$). La media para el total de su muestra fue de 68,82±23,94, por debajo de la obtenida en nuestro estudio

para mujeres ($78,12 \pm 28,89$). Sin embargo, si comparamos la media obtenida por las mujeres no menopáusicas, que presentan una edad media más similar con la de las mujeres de nuestra muestra las medias se aproximan.

Pérez (27) obtuvo una media para el dominio dolor de pie del CESP de $89,50 \pm 18,56$ y encontró una asociación estadísticamente significativa con la patología cutánea de origen exógeno (eritema pernio, helomas, hiperqueratosis, maceración, equimosis o queloides) ($p < 0,001$) y con la patología cutánea inflamatoria (eccema, enfermedad de Buerger, enfermedad por émbolos del colesterol, vasculitis, liquen plano, psoriasis, úlceras o varices) ($p = 0,046$). Sin embargo no encontró asociación con el tipo de huella, lo que concordaría con nuestros resultados.

5.2.2 . Relación entre la altura del arco y la función del pie.

Los tres contrastes con los que se trabajó en nuestro estudio son no significativos para esta variable (el p-valor es mayor de 0,05) y en todos los casos se acepta H_0 , por lo que no se puede afirmar que existe evidencia estadística de la influencia de la altura del arco en la función del pie.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable función del pie es mayor en el grupo IA Aumentado, disminuye en el grupo IA Normal y toma el valor más bajo en el grupo IA Disminuido. Para probar que estas diferencias son significativas habría que aumentar considerablemente el tamaño muestral.

Sin embargo, algunos estudios, parecen indicar que la función de transmisión de las fuerzas tanto en los pies con arcos altos como en los arcos bajos no es eficiente (19,94).

Los pies cavos se han asociado con un menor rango de movimiento articular, mayor riesgo de padecer esguince lateral de tobillo, fracturas de estrés y de inestabilidad de tobillo (19,20), y los pies planos con mayor presencia de queratopatías, dedos en martillo, HV, artrosis en la articulación astrágalo-escafoidea y entre el escafoides y la primera cuña (18,24,26,30). Estas alteraciones y patologías pueden ser indicativas de un peor funcionamiento del pie en comparación con el pie recto.

Para este dominio, Menz y colaboradores (137), observaron una sensibilidad que variaba entre pequeña y muy grande en los diferentes tests estadísticos que emplearon para valorarla. Si bien no hay ningún test aceptado como gold standard para medir la sensibilidad de un instrumento, hay que destacar que el test más ampliamente reconocido como de mayor fiabilidad le otorgaba una sensibilidad muy grande.

Los valores obtenidos en el trabajo de Pita y colaboradores (115), para este dominio del CESP, son estadísticamente significativos al analizar la relación entre las medias de función del pie y la presencia de pie plano o ausencia de este (90,30±19,64 con pie plano vs. 94,36±14,55 sin pie plano, p=0,006). En mujeres por separado, los valores se mantienen con significación estadística (86,51±21,96 con

pie plano vs. $92,13 \pm 16,81$ sin pie plano, $p=0,014$) mientras que en hombres no ($94,71 \pm 15,53$ con pie plano vs. $97,30 \pm 10,19$ sin pie plano, $p=0,129$). Además también valoraron la función del pie mediante el formulario FFI obteniendo resultados análogos excepto al valorar las mujeres por separado, que alcanzaban puntuaciones más altas (peor estado) las que no tenían pie plano. Si bien estos resultados difieren de los obtenidos mediante el CESP, no alcanzaron la significación estadística, aunque por poco. Esto podría deberse a la inconsistencia en el puntaje para algunas cuestiones del dominio de Limitaciones de la Actividad del FFI apuntada por un trabajo anterior (136). Nuestros resultados indican también mejores resultados (más altos) y menor variabilidad en este dominio del CESP en hombres que en mujeres, sin embargo la media más alta (mejor función) es para el pie plano (IA Aumentado) y la diferencia según el tipo de pie no es significativa. Pueden haber influido en el resultado el origen de nuestra muestra, así como la diferencia en los métodos empleados para establecer el tipo de pie y que la presencia de otras deformidades es un criterio de exclusión en nuestro trabajo.

Hillstrom y colaboradores (77) encontraron diferencias en la función de los diferentes tipos de pies clasificados mediante la posición relajada del calcáneo en apoyo y la relación antepié-retropié. Para valorarlo estudiaron los patrones de marcha y las presiones plantares durante la marcha en una muestra de 44 pies planos, 54 normales y 24 cavos. De entre los parámetros temporo-espaciales estudiados, solo la bipedestación normalizada y el tiempo de doble apoyo son

estadísticamente significativas, pero sin que la diferencia alcance la significación clínica. En cuanto a las presiones plantares, el índice de excursión del centro de presiones se comporta de manera contraria en el pie plano comparado con los pies rectos o cavos. El pie plano tiene mayores presiones mediales y el cavo laterales. El pie plano tiene menor presión sobre la cabeza del primer metatarsiano respecto a la segunda. Los pies planos y los cavos presentan picos de carga y un parámetro carga-tiempo mayores que los pies rectos. Todo esto implica que la función del pie en parámetros de presión plantar durante la marcha es diferente según el tipo de pie. En estas conclusiones hay que tener en cuenta que los individuos eran asintomáticos.

Motahan y colaboradores (95) determinaron que las medidas antropométricas y la estructura del pie pueden predecir la función del pie. El peso, la altura, el IA sentado y de pie, la posición relajada del calcáneo en apoyo, la relación antepié- retropié y el área total explican el 10-37% del modelo de varianza (R^2 ajustado) para el patrón de marcha. La estructura del pie y las medidas antropométricas predicen el 7-47% del modelo de varianza para la presión plantar y el 16-64% para los parámetros de fuerza máxima. Estas conclusiones implican que la estructura del pie estaría relacionada con la función del mismo.

Buldt y colaboradores (56) , en una revisión de artículos que estudiaron la relación entre el tipo de pie y la cinemática del miembro inferior durante la marcha encontraron evidencia de que los individuos con pie plano presentan un mayor

movimiento del miembro inferior durante la marcha. Así a medida que el pie es más plano mayores son los movimientos en el plano frontal, alcanzando un mayor pico de eversión del retropié y teniendo un mayor rango total de eversión durante la fase de contacto de la marcha. Aunque el nivel de evidencia es bajo, estos hallazgos podrían relacionar la función del pie y el miembro inferior con el tipo de pie.

En un estudio propio posterior, Buldt y colaboradores (57) observaron diferencias estadísticamente significativas en la cinemática de la marcha de los distintos tipos de pie. El pie cavo, en comparación con el pie plano y el normal tiene una mayor abducción y eversión máxima del retropié durante la fase de contacto. El mediopié de los pies cavos presenta, durante el contacto inicial y el apoyo medio, un rango de movimiento en el plano transversal y una dorsiflexión máxima menores. Esto es indicativo de menor deformación del arco longitudinal, lo que podría implicar una menor capacidad para amortiguar de modo eficiente. Por otro lado, el pie plano presenta una menor movilidad en el plano frontal durante la fase de despegue, lo que se podría asociar con una menor capacidad de volverse rígido y, por tanto, de crear un brazo de palanca efectivo para la propulsión. Todas estas diferencias podrían afectar al desarrollo de la marcha.

En el estudio de López y colaboradores (153) comparando los resultados en el CESP entre trabajadores del mar y un grupo de control, obtuvieron una media para esta dimensión en los últimos de $88,56 \pm 13,56$, 11,07 puntos por encima de la nuestra. En él que comparaban los resultados entre mujeres menopáusicas y no

menopáusicas obtuvieron una media de $76,2 \pm 24,21$ y no encontraron una diferencia estadísticamente significativa en esta dimensión (113). este valor es inferior al recabado por nosotros en mujeres para el mismo ítem y ello se puede deber a que la edad media de nuestra muestra es inferior.

Pérez (27) obtuvo una media para el dominio función del pie del CESP de $93,33 \pm 16,03$ y encontró una asociación estadística significativa con la patología cutánea de origen exógeno ($p=0,001$), y con la patología ungueal de origen exógeno (exóstosis subungueal, hematoma subungueal, leuconiquia, onicotrofia, onicogriphosis, onicocriptosis, onicolisis, onicomadesis, onicotrofia o pterigon ventral) ($p=0,019$). Sin embargo no encontró asociación con el tipo de huella, lo que concordaría con nuestros resultados.

Un estudio concluyó que las personas con un mal funcionamiento del mecanismo de windlass tienen una menor altura del arco. Esta asociación es estadísticamente significativa si se ajusta la altura del arco por la longitud del pié. Además también tienen una movilidad mayor estadísticamente significativa (154).

Se han encontrado diferencias en la activación muscular en el miembro inferior entre individuos con pie plano y con pie normal. En el caso del abductor del hallux, la diferencia es significativamente menor en individuos con pies planos, viéndose mermada su capacidad como estabilizador durante la estación monopodal (155).

Sin embargo, el estudio de Hunt y colaboradores (156) obtuvo unos resultados muy similares en la cinética, la cinemática y la electromiografía de los músculos extrínsecos del pie entre individuos con pie plano y pie normal, con una tendencia general a una menor movilidad en el pie plano. Estas conclusiones contrapuestas a los estudios anteriores se pueden deber a que la muestra era de quince personas y de individuos con patología musculoesquelética.

5.2.3 . Relación entre la altura del arco y los problemas con el calzado.

Para esta variable el contraste de la t entre medias del IA Normal/NoNormal y el contraste de la F entre medias del IA Aumentado/Normal/Disminuido son no significativos en nuestro trabajo (el p-valor es mayor de 0,05) y en los dos casos se acepta H0. Sin embargo, el último contraste (entre los grupos de IA con mayor diferencia de medias) si es significativo, por lo que se puede afirmar que existe evidencia estadística de la influencia del IA en la variable calzado, presentando mejor comportamiento en el grupo IA Aumentado que en el IA disminuido.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable calzado es mayor en el grupo IA aumentado, disminuye claramente en el grupo IA normal y toma el valor más bajo en el grupo IA disminuido. Para probar que las otras diferencias son significativas habría que aumentar el tamaño muestral.

Cabe destacar que esta variable, como se comentó en la sección “1.9.Cuestionario de estado de salud del pie (CESP): Spanish FHSQ.”, es bipolar, indicando estados

positivos a partir del 50, cifra que en nuestro estudio solo alcanzó la media del IA Aumentado (pie plano). Esto significaría que tienen problemas con el calzado la gente con pie normal o pie cavo, estando los primeros muy cerca del valor 50. Esto podría deberse a que cuanto mayor es la altura del arco del pie, mayor es su rigidez (54), pudiendo influir en la adaptación al perímetro de retención del calzado, entre otros factores.

La dificultad para encontrar calzado que se ajuste en personas con pie cavo ha sido descrita por Smith y Green (157).

Menz y colaboradores (137) encontraron una sensibilidad entre inapreciable y pequeña para esta variable, pero debido a la naturaleza de la intervención empleada para valorar los cambios en el FHSQ (proporcionaron calzado estandarizado a los participantes del estudio), los resultados tienen una utilidad limitada para este dominio, ya que precisamente refleja la dificultad para conseguir calzado adecuado, no pudiéndose extrapolar la conclusión a otro tipo de intervenciones que no impliquen el calzado.

Pita y colaboradores (115) para este dominio del CESP obtuvieron valores medios más bajos para pie plano que para los que no lo tenían y la diferencia es estadísticamente significativa ($60,07 \pm 37,38$ con pie plano vs. $68,44 \pm 35,60$ sin pie plano, $p=0,004$). Cabe destacar que las medias están por encima del 50 en todos los casos, a diferencia de lo obtenido en nuestro trabajo y que en nuestro estudio

encontramos una diferencia estadísticamente significativa entre el pie plano y el pie cavo con mejores resultados para el primero. Las diferencias se pueden deber a que la presencia de otras deformidades del pie, distintas al pie plano o al pie cavo, son un criterio de exclusión en nuestro estudio. Estratificando los datos por sexos los resultados que obtuvieron son estadísticamente significativos en mujeres ($53,95 \pm 37,79$ con pie plano vs. $64,48 \pm 35,77$ sin pie plano, $p=0,008$) y no significativos en hombres ($67,26 \pm 35,75$ vs. $73,62 \pm 34,77$, $p=0,130$). En nuestro estudio los hombres también obtienen mejores resultados que las mujeres, lo que concuerda con los resultados de otros estudios (158).

El estudio que comparó el CESP entre trabajadores del mar y un grupo de control obtuvo una media para esta dimensión de $60,46 \pm 24,16$ en los últimos (153), mientras que el que lo comparaba entre mujeres menopáusicas y no menopáusicas obtuvo una media de $38,52 \pm 29,95$, sin diferencias significativas entre ambos (113). La primera media está 13,84 puntos por encima de la nuestra y la segunda 3,15 por debajo, si solo tenemos en cuenta la media de las mujeres para esta dimensión en nuestra muestra, por lo que se pueden considerar equivalentes.

Sullivan y colaboradores (120) estudiaron la dificultad con el calzado en personas con dolor de talón empleando el dominio para este fin del FHSQ. Encontraron que la gente con dolor de talón tiene mayores dificultades para conseguir calzado cómodo y que esto es más acusado en personas con una presión alta en el talón, debilidad en los flexores de los dedos y en mujeres. No encontraron asociación con las

variables nivel de dolor, edad, IMC, rango de movilidad de pie y tobillo, fuerza en el tobillo, tiempo de contacto caminando y postura del pie. La media para la variable calzado en el grupo de control de este estudio ($68,80 \pm 28,00$, $n=68$) está muy por encima de la encontrada en nuestro estudio. La media que obtuvieron en el grupo con dolor de talón está más próxima ($44,40 \pm 27,00$), lo que puede deberse a que el dolor no es un criterio de exclusión en nuestro estudio. Aunque el dominio de calzado en este estudio no estaba asociado a la postura del pie, esta se evaluó con un método distinto al nuestro (el FPI).

Pérez (27) obtuvo una media para este dominio de $66,09 \pm 36,25$ y encontró una asociación estadística significativa con la patología cutánea de origen exógeno ($p=0,006$) y con la patología cutánea inflamatoria ($p=0,037$). Sin embargo no encontró asociación con el tipo de huella, lo que concordaría con nuestros resultados.

Las mujeres adultas que utilizan habitualmente calzado de tacón tienen peor calidad de vida relacionada con la salud de sus pies y, en concreto, peores resultados en la variable calzado del CESP, en comparación con las que no lo visten ($45,42 \pm 31,12$ vs $57,50 \pm 30,63$, $p=0,034$) (159). Aunque no se definió el tipo de calzado que usaban los integrantes de nuestra muestra, esto puede estar en relación con los nuestros resultados, ya que las mujeres presentaban mayores problemas con el calzado, situándose su media para este dominio por debajo del 50, en contraposición con la de los hombres.

López y colaboradores (160) concluyeron que las personas mayores que llevan un calzado de tamaño inadecuado (menor del que le corresponde) tienen más dolor y peor calidad de vida en relación a la salud de sus pies (medida con el CESP) que las que lo llevan de una talla correcta. solo el 25,5-28% de las personas de su estudio lo llevaban.

McRitchie (161) y colaboradores encontraron que las mujeres de 40-59 años tienen mayor tendencia a medir sus pies antes de comprar calzado y a cambiar la talla por otra que les ajustase mejor en comparación con las de 61 en adelante. En general el 86% llevaban calzado mas estrecho que su pie. Además, las de 61 en adelante que utilizaban calzado estrecho, tenían menor confort y una mayor incidencia de patología del pie. Ambos grupos presentaron una asociación significativa entre el acto de elegir calzado y el sentirse bien. Tanto las mujeres más jóvenes como las más mayores tenían una diferencia de por lo menos media talla entre el pie derecho y el izquierdo. Todo esto podría contribuir a dificultar la selección de calzado.

Palomo y colaboradores (162), encontraron que la mayoría de su muestra, compuesta por personas mayores, llevaban un calzado inadecuado y que este está relacionado, tanto en hombres como en mujeres, con la presencia de lesiones hiperqueratósicas. Además la gran mayoría tampoco realizaban inspecciones de la salud del pie con la frecuencia recomendable, lo que posiblemente implique que la importancia dada al pie y a la salud del calzado es mínima, con las repercusiones que esto puede tener en la aparición de dolor, infecciones y deformidades.

Menz y colaboradores (163) indicaron que el tipo de calzado elegido por las mujeres cambia a lo largo de su vida, con una marcada tendencia a reducir la altura del tacón y a utilizar punteras más anchas a partir de los cuarenta años. No encontraron asociación entre tener dolor de pies en el último año y el tipo de calzado utilizado a lo largo de la vida, ni tampoco entre la presencia de HV y el número de décadas que se utilizó tacón alto. Si encontraron, en cambio, una asociación significativa entre el uso de punteras estrechas y el HV, de modo que el riesgo de padecerlo se incrementa si se utilizaron entre los 30 y 39 años, y mucho más si se utilizaron entre los 20 y 29 años. Esto sugiere que una correcta selección de calzado en la juventud podría influenciar en el desarrollo de dicha patología.

Los resultados del estudio anterior están en concordancia con los obtenidos con Branthwaite y colaboradores (164), que confirmaron con sensores de presión que la forma de la puntera (redondeada, cuadrada o puntiaguda) tiene influencia en las presiones que recibe el antepié. La integral presión-tiempo es significativamente mayor en el zapato puntiagudo en la zona medial del hallux, en los espacios interdigitales primero y segundo y en el lateral de la cabeza del quinto metatarsiano. En el lateral del quinto dedo la presión era mayor en la puntera cuadrada, cerca de la significación estadística. Estos datos ponen de manifiesto la importancia de la correcta selección, no solo del ancho del calzado, sino también la forma de la puntera, tanto a la hora de evitar, como de tratar patologías específicas en relación con la presión del antepié.

El tipo de calzado que se usa durante la jornada laboral parece tener el potencial de afectar a las patologías musculoesqueléticas en las personas que pasan la mayor parte de pie en su trabajo (165), por lo que la posibilidad de efectuar una correcta selección del calzado podría redundar en una menor incidencia de estos problemas.

Llevar un calzado inapropiado está relacionado con la presencia de patología podológica, pudiendo ser causa, complicarla o acelerar su progresión (p. ej. HV, helomas o deformidades digitales). Además un calzado correcto puede favorecer la estabilidad (158).

En un estudio cualitativo en Nueva Zelanda, encontraron que las personas con enfermedades musculoesqueléticas crónicas tienen dificultades para elegir un calzado adecuado debido a síntomas y patologías individuales, escasez de diseños apropiados y dificultad a la hora de encontrar el calzado adecuado. Además no tienen acceso a calzado terapéutico, este se demora demasiado y/o no es satisfactorio y es caro (166).

Ya que es recomendable llevar calzado para la protección frente al medio y los diversos requerimientos funcionales según el tipo de actividad, y dado que el tipo y el ajuste del mismo puede influir en la patología del pie, es importante habilitar los mecanismos necesarios para su correcta selección, como pueden ser el diseño, la accesibilidad o la información a la población acerca de la selección de los modelos más adecuados a sus características particulares. En las consultas médicas y en

particular en podología, se debería evaluar el tipo y tamaño del calzado utilizado habitualmente, ya que puede ser necesario aconsejar un cambio del mismo según el ajuste, la función para la que se emplee y las patologías presentes en el pie (158,160,163).

5.2.4 . Relación entre la altura del arco y la salud del pie.

Los dos primeros contrastes (IAfactA e IafactB) para estas variables de nuestro estudio son no significativos (el p-valor es mayor de 0,05) y se acepta H_0 en ambos casos. Para el tercer contraste (medias del IA con mayor diferencia), trabajando al 0,05, se acepta H_0 por poco (p-valor=0,083 > 0,05) debido a que la diferencia de la media de salud del pie en IA Normal es grande en relación con la media en el grupo IA Disminuido. Por tanto la conclusión es que no se puede afirmar que exista evidencia estadística de la influencia del IA en la variable salud del pie. Para probar que las diferencias son significativas habría que aumentar el tamaño muestral.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable salud del pie es mayor en el grupo IA normal, disminuye ligeramente en el grupo IA aumentado y toma el valor más bajo en el grupo IA disminuido.

Menz y colaboradores (137) encontraron una sensibilidad de baja a media para este dominio, si bien el tipo de patologías de su muestra (HV, deformidad de los dedos, lesiones queratósicas en dedos, lesiones queratósicas en la planta...) podría mostrar mejores resultados con intervenciones terapéuticas más específicas para cada tipo

de patología que la que emplearon (calzado estandarizado) y como consecuencia variar los resultados obtenidos.

Para este dominio del CESP, Pita y colaboradores (115) obtuvieron diferencias estadísticamente significativas entre individuos con pie plano e individuos sin pie plano, tanto para el conjunto de la muestra como para mujeres por separado (48,88±21,66 con pie plano vs. 53,67±20,89 sin pie plano, $p=0,005$; 44,19±22,99 mujeres con pie plano vs. 49,89±21,02 mujeres sin pie plano, $p=0,021$), mientras que para hombres por separado el resultado no es estadísticamente significativo, aunque está muy cerca (54,34±18,66 hombres con pie plano vs. 58,63±19,67, $p=0,064$). Las medias en este dominio son muy similares a las obtenidas en nuestro estudio, en el que también encontramos mejores valoraciones en los hombres en comparación con las de las mujeres.

Hagedorn y colaboradores (18) estudiaron la relación entre el tipo de pie y diferentes patologías (dedos en martillo, clinodactilia, HV, neuroma de Morton, juanete de sastre, fascitis plantar y dedos en garra) en una muestra de 5.536 pies, encontrando una asociación estadísticamente significativa para el pie plano y los dedos en martillo ($p=0,0003$) y la clinodactilia ($p=0,018$). Con el pie cavo no encontraron ninguna asociación estadística. Estas patologías podrían influir en la percepción de la salud del pie por los individuos y el hecho de que las deformidades del pie fuesen un criterio de exclusión en nuestro trabajo pudo haber afectado a los resultados para este dominio.

López y colaboradores (153) en el artículo en el que comparan el CESP en trabajadores del mar con un grupo de control, obtuvieron una media para salud del pie en los últimos de $67,18 \pm 17,55$, muy por encima de nuestro resultado. El autor principal, con su otro grupo, comparando los resultados en mujeres menopáusicas y no menopáusicas obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa ($38,56 \pm 24,94$ vs. $48,30 \pm 24,38$, $p=0,037$) (113), muy por debajo en ambos casos de la media de las mujeres de nuestro grupo para esta dimensión ($60,00 \pm 27,02$) que se encuentra en valores positivos (superior a 50).

Pérez (27) obtuvo una media para el dominio salud del pie del CESP de $52,36 \pm 21,23$ y encontró una asociación estadística significativa con la presencia de patología cutánea de origen exógeno ($p < 0,001$), con la patología ungueal de origen exógeno ($p=0,028$) y con la patología cutánea inflamatoria ($p=0,006$). Sin embargo no encontró asociación con el tipo de huella, lo que concordaría con nuestros resultados.

Menz y colaboradores (26), encontraron una asociación estadísticamente significativa entre el pie plano (valorado con el IA y confirmado con medidas radiológicas) y la presencia de osteoartritis de las articulaciones astrágalo-escafoidea y/o primera escafo-cuneana en adultos mayores. Además no encontraron diferencias en el IMC ni en las presiones plantares entre personas con o sin osteoartritis en dichas articulaciones, excepto en el mediopié. También encontraron que el dolor de pié no era una diferencia estadísticamente significativa

entre ambos grupos, pero, sin embargo, si era significativa la asociación entre las personas que previamente afirmaban tener osteoartritis de mediopié y posteriormente esta se confirmaba mediante valoración radiográfica. La explicación que sugieren a esto último es que, más que la presencia del dolor, lo que puede llevar a a las personas mayores a suponer que tienen osteoartritis es la rigidez y la presencia de deformidad, que en el caso de nuestro estudio era un criterio de exclusión. Además hay que tener en cuenta que la edad media de la población de estudio era muy superior a la de nuestra muestra y principalmente procedente de un geriátrico (por lo que no representaría a la población general) y que el estudio es transversal, por lo que no se puede establecer causalidad, y bien podría ser que el pie plano se desarrollase por causa de la osteoartritis, y no al revés.

5.2.5 . Relación entre la altura del arco y la salud general de las personas.

Los tres contrastes empleados en nuestro trabajo para estudiar la relación entre la altura del arco y la salud general de las personas son no significativos (el p-valor es mayor de 0,05) y en todos los casos se acepta H_0 .

La conclusión es que no se puede afirmar que existe evidencia estadística de la influencia de la altura del arco (IA) en la salud general.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable salud general es similar en el grupo de IA normal y en el de IA disminuido y superior a la media de salud general en el grupo de IA aumentado. Hay que destacar que en esta variable se

obtienen peores resultados en el grupo IA Aumentado a diferencia de lo que ocurre en las otras variables.

La media obtenida por el estudio de González (29) ($50,00 \pm 9,1$) es inferior a la recabada por nosotros ($65,65 \pm 23,71$), si bien ellos emplearon un formulario distinto, el SF36 que, aunque tiene un sistema de valoración análogo al CESP, no es específico del pie y no es tan sensible a la problemática con él relacionada (167). También hay que tener en cuenta que la edad de su muestra poblacional era mayor.

En el estudio de López y colaboradores (153) sobre la influencia de la salud del pie en trabajadores del mar obtuvieron una media en el grupo de control para esta dimensión de $57,87 \pm 17,68$, siendo en este caso, al contrario que para las variables de la sección primera, un valor inferior al obtenido en nuestro estudio. El origen de la muestra en su estudio es un centro sanitario general, mientras que en el nuestro es una clínica podológica, lo que puede dar lugar a que ellos tuviesen mejores resultados en la valoración de los dominios referidos al pie en particular y un resultado peor en este de salud general.

López y colaboradores (113) tampoco encontraron diferencias significativas en este dominio entre mujeres menopáusicas y no menopáusicas, obteniendo una media para el conjunto de la muestra ($54,25 \pm 22,63$) muy inferior a la de las mujeres en nuestro estudio ($70 \pm 23,69$). Esto puede ser debido al origen de las muestras, cuya problemática es la misma que la comentada en el caso anterior.

Las personas con pies planos tienen menor capacidad biomecánica para absorber impactos que las personas con un pie normal, lo que puede incrementar el riesgo de incidencias de patologías relacionadas con esta causa (155).

Tanto para los pies con un arco muy alto como para los pies con un arco muy bajo existe evidencia moderada de que constituyen un factor de riesgo en las lesiones por sobre uso del miembro inferior (21,22).

Un meta-análisis de 2013 encontró relación entre el arco alto o bajo y la patología del miembro inferior en personas de 18 años o más (16). Se han encontrado asociación entre el pie cavo y el dolor anterior de rodilla y la artritis de cadera (19,51) y entre el pie plano y el síndrome de estrés tibial medial, el dolor y la artritis del compartimento medial de la rodilla y la lesiones por sobre uso en los tejidos blandos de la zona medial del miembro inferior (17,19,23,51).

5.2.6 . Relación entre la altura del arco y la actividad física de las personas.

En nuestro trabajo, los tres contrastes empleados para estudiar la relación entre la altura del arco y la actividad física de las personas proporcionan un resultado no significativo, por lo que la conclusión que obtenemos es que no se puede afirmar que exista evidencia estadística de la influencia del IA en la variable actividad física.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable actividad física es mayor en el grupo IA Aumentado, disminuye ligeramente en el grupo IA Normal y toma el

valor más bajo en el grupo IA Disminuido. Para probar que las diferencias son significativas habría que aumentar el tamaño muestral.

Menz y colaboradores (151), usando el IA para clasificar los tipos de pie en una muestra de 2229 participantes, encontraron una asociación estadística entre el pie plano y una limitación de la movilidad general al compararlos con los que tenían un pie normal. Esta significación se mantenía tras ajustar por edad, género, altura y peso (media de mínimos cuadrados=2,71; $p<0,001$). Hay que tener en cuenta que la media de edad ($65,4\pm 10,6$) y el IMC ($28,35\pm 5,49$) en su estudio eran mayores que en el nuestro y que las opciones que incluían para la valoración de la movilidad en su formulario solo coinciden parcialmente con los nuestros (“permanecer estable en bipedestación, estar de pie ≥ 15 min, entrar y salir de un coche, entrar y salir de la cama, andar dos o tres manzanas, cruzar andando una habitación pequeña y subir y bajar un tramo de escaleras”) por lo que no se puede establecer una comparación directa de los resultados. También que la definición que emplearon para clasificar el tipo de pie según el IA comprendía un rango de normalidad más amplio que la nuestra, situando los pies con arco “normal” en 0,135-0,272 para hombres y en 0,120-0,261 para mujeres. Los resultados de nuestro estudio podrían variar empleando dicha clasificación. Además encontraron una asociación significativa con el pie plano y la capacidad para mantener la estabilidad en bipedestación (OR=1,40, 95%IC 1,06-1,85, $p=0,018$), pero esta variable no se recoge en nuestro estudio.

Pita y colaboradores (115) empleando el apartado de valoración física del formulario SF36 encontraron diferencias significativas entre las valoraciones de mujeres con y sin pie plano (normal y pie cavo) de su muestra. Para el total de la muestra y para hombres por separado la diferencia no fue significativa. Del mismo modo no encontraron diferencias significativas en los resultados del índice de Barthel, diseñado para valorar los resultados de la rehabilitación física. Aunque dicho índice recoge aspectos incluidos en el dominio de la actividad física del CESP los resultados no son directamente comparables. Tampoco encontraron una diferencia significativa con la escala de Lawton, diseñada para valorar la limitación de las personas en las actividades de la vida diaria. Es posible que estos formularios, que no están diseñados teniendo en cuenta aspectos específicos del pie no capturen la problemática de él derivada con fiabilidad, como ya se ha indicado en el caso del SF36 (29).

López y colaboradores (153) en su estudio con trabajadores del mar y un grupo de control, en este dominio, obtuvieron una media de $90,30 \pm 17,43$ para los últimos, similar, aunque un poco superior, a la obtenida por nosotros. El autor principal con otros colaboradores obtienen una media de $73,75 \pm 23,62$ para la muestra total, sin diferencias significativas entre las mujeres con o sin menopausia. este valor es muy inferior al de las mujeres de nuestra muestra para este dominio.

En el estudio de la Tesis Doctoral de Pérez (27), en las personas que tienen pie plano la funcionalidad medida con el FFI se ve disminuida con significación

estadística, tanto para hombres como para mujeres en comparación con las personas que tienen pie recto.

La patología podológica está relacionada con un descenso en la actividad física (158).

Los individuos con pies planos tienen un tono muscular y una rigidez mayor en los miembros inferiores que los que tienen un arco normal, lo que puede suponer una limitación a la hora de realizar funciones físicas tales como caminar, debiendo efectuar un mayor control neuromuscular (168).

En comparación con los individuos con pies con un arco normal, los individuos con pie plano (medidos con el IA) tienen un mayor consumo de energía medida con el physiological cost index. Esta diferencia es estadísticamente significativa (169).

5.2.7 . Relación entre la altura del arco y la función social de las personas.

En nuestro trabajo, para los tres contrastes (IAfactA, IAFactB y medias con mayor diferencia) se acepta claramente la hipótesis nula de igualdad de medias de función social (p -valor $> 0,05$), por tanto no se puede afirmar que exista evidencia estadística de la influencia del IA en la variable función social.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable función social es mayor en el grupo IA Aumentado, disminuye ligeramente en el grupo IA Normal y toma el

valor más bajo en el grupo IA Disminuido, siempre con diferencias muy pequeñas. Para probar que las diferencias son significativas habría que aumentar el tamaño muestral mucho, por ser las diferencias muy pequeñas, y que estas se mantuviesen.

La media para esta variable en nuestro estudio es muy alta ($81,43 \pm 21,79$) mientras que en el de González (29) la media para la función social es bastante menor ($53,7 \pm 4,4$). Esta diferencia posiblemente se deba a la gran diferencia de las medias de edad de las muestras.

En su artículo sobre la calidad de vida en los trabajadores del mar López y colaboradores (153) obtuvieron para la dimensión función social en el grupo de control una media de $65,29 \pm 18,65$, muy por debajo de la obtenida por nosotros. En el estudio entre mujeres con y sin menopausia obtuvieron una diferencia estadísticamente significativa para las medias en esta dimensión ($57,08 \pm 32,47$ vs. $71,76 \pm 26,10$, $p=0,015$) (113). Aún comparando la media de mujeres sin menopausia, más acorde a la edad media de nuestro estudio, con la media en función social de las mujeres de nuestro trabajo, su cifra es muy inferior a la nuestra ($87,5 \pm 21,87$), como viene sucediendo con este estudio para las variables de la segunda sección del CESP y posiblemente por la misma problemática que se comentó en dominios anteriores.

En las personas mayores la patología podológica se relaciona con una disminución de la actividad física, dificultando las actividades de la vida diaria y esto se relaciona

con la depresión y el suicidio (158). Las patologías relacionadas con la presencia de un arco alto o bajo (18,26) y los problemas podológicos derivados de la dificultad a la hora de encontrar un calzado adecuado según el tipo de pie (158,160,161), podrían influir en este factor de riesgo.

5.2.8 . Relación entre la altura del arco y la vitalidad (vigor) de las personas.

Trabajando al 0,05 en los tres contrastes empleados en el presente trabajo, se acepta claramente la hipótesis nula de igualdad de medias de vigor (p -valor > 0,05), por tanto no se puede afirmar que exista evidencia estadística de la influencia del IA en la variable vigor.

El estudio descriptivo indica que la media de la variable vigor es mayor en el grupo IA normal, disminuye ligeramente en el grupo IA Aumentado y toma el valor más bajo en el grupo IA Disminuido, siempre con diferencias muy pequeñas.

La media en vigor en nuestro estudio es de $52,26 \pm 20,35$, similar a la obtenida en el estudio de González (29) $49,9 \pm 12,9$.

López y colaboradores (153) para esta dimensión, en el grupo de control, en su estudio sobre trabajadores del mar obtuvieron una media de $86,70 \pm 22,33$, claramente superior a la registrada por nosotros. En el estudio sobre mujeres menopáusicas obtuvieron una media para toda la muestra de $45,51 \pm 24,37$, sin diferencias estadísticamente significativas en mujeres con o sin menopausia (113).

Al contrario que con las demás variables de esta sección del CESP, en este caso, nuestro resultado en mujeres es similar ($50,00 \pm 20,42$) al de este estudio.

Un estudio realizado en el estado de Victoria (Australia) encontró en mujeres de la comunidad ($n=444$) que un menor estado de bienestar, medido con el Psychological General Well-Being Index, particularmente en los subdominios de salud general y vitalidad, está relacionado con el dolor de espalda de alta intensidad y aún se ve más reducido si este es persistente (170). El IA podría influir en esta variable puesto que el pie funciona como interfaz entre el suelo y el cuerpo, las modificaciones en su posición y estructura pueden dar lugar a diferentes posturas corporales (165), teniendo la capacidad de afectar a la patología de espalda, como ha sido propuesto en varios artículos (13,165,171).

Un estudio encontró que valores bajos de vitalidad, tanto en hombres como en mujeres, medidos con la escala del SF36 tienen valor predictivo de un incremento del IMC, posiblemente debido, entre otros factores, a la falta de capacidad en las actividades físicas (172). En nuestro estudio los pies planos obtienen la media más baja en este dominio y el pie plano se ha relacionado con un IMC alto (27,173), y una menor actividad física (173,174), por lo que podría existir una relación entre el pie plano y la vitalidad.

Un estudio en Japón encontró una asociación significativa entre el pie plano y la fatiga en mujeres (175).

La vitalidad en trabajadores está asociada con un estilo de vida saludable (176) y dentro de este se puede incluir la actividad física, con la importancia que la prevención podológica tiene para llevar a cabo actividades básicas como caminar.

5.3 . Objetivos secundarios II: análisis del perfil antropométrico, sociodemográfico y clínico de la muestra y sus relaciones con el tipo de pie.

En esta sección se estudian las variables asociadas al perfil antropométrico, sociodemográfico y clínico y cómo se relacionan con el tipo de pie según su IA.

5.3.1 . Perfil antropométrico de la muestra y tipo de pie.

El perfil antropométrico de la muestra estudiada se puede observar en la Tabla 49 y en la Figura 90 se presentan por género las medias de las variables: edad, peso, altura e IMC. Las barras son los intervalos de confianza al 95% y la línea continua (en rojo) es la media de la variable con toda la muestra.

Como es habitual $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

El rango de edad de la muestra va desde los 23 años a los 66 años. La edad media de los individuos de la muestra es de $46,20 \pm 11,37$ años, siendo esta un poco mayor para las mujeres (47,28 años) que para los hombres (46,72 años) y estadísticamente significativa.

	Total Grupo Media ±DT (IC 95%) N=138	Mujeres Media ±DT (IC 95%) N=106	Hombres Media ±DT (IC 95 %) N=32	Muj vs. Homb Diferencia M-H Estadístico t p-valor
Edad (años)	46,20 (11,370) 44,29 - 48,12	47,28 (11,305) 45,11 - 49,46	42,63 (11,102) 38,65 - 46,60	4,658 2,055 0,042
Peso (Kg)	71,359 (14,478) 68,922 - 73,796	68,363 (13,427) 65,777 - 70,949	81,291 (13,541) 76,399 - 86,163	-12,918 -4,761 0,000
Estatura (m)	1,661 (0,092) 1,645 - 1,676	1,632 (0,074) 1,618 - 1,646	1,756 (0,082) 1,727 - 1,786	-0,124 -8,124 0,000
IMC (kg/m ²)	25,756 (4,148) 25,058 - 26,454	25,607 (4,396) 24,760 - 26,453	26,250 (3,206) 25,094 - 27,406	-0,643 -0,768 0,444

Tabla 49. Perfil antropométrico de la muestra estudiada.

El número de mujeres (106) presentes en el estudio es más del triple que el de hombres (32). En el estudio de Menz y colaboradores (151), las mujeres representan el 55% de la muestra, que fue seleccionada vía llamada telefónica aleatoria a las personas incluidas en el censo preestablecido para los estudios de la ciudad de Framingham. En el de Riskowski y colaboradores (23) las mujeres representan el 56% de la muestra, estando basado en el Estudio del Pie de Framingham. En el estudio de González (29) y en el de Pita y colaboradores (115), cuyas muestras procedían de una población cercana a la del nuestro, el 53% de la muestra eran mujeres en el caso del primero y el 55,8% en el otro. La población incluida en todos estos estudios está recogida utilizando grandes censos poblacionales, ya sean bases de datos preexistentes para estudios epidemiológicos o del sistema sanitario público, a diferencia de nuestro trabajo que incluyó a los pacientes de una clínica de ámbito privado, lo que reduce ostensiblemente el número de candidatos seleccionables para el estudio.

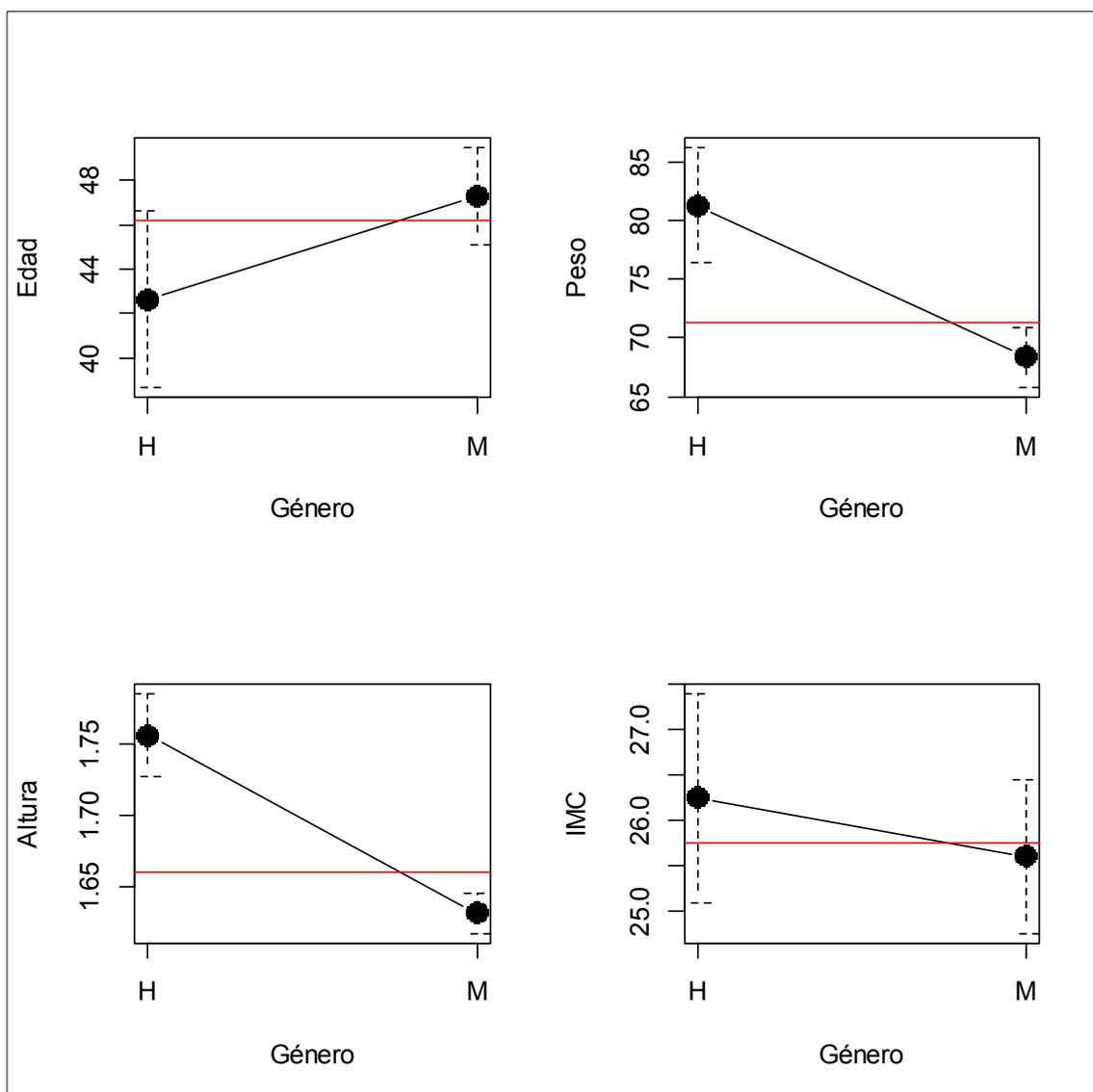


Figura 90. Medias de edad, peso, altura e IMC por género.

El peso medio de la muestra de nuestro estudio es 71,359kg, los hombres pesan más que las mujeres y la diferencia (12,918kg) es claramente significativa. La estatura media es 1,661m, es mayor en los hombres que en las mujeres y la diferencia (0,124m) también es claramente significativa. El IMC tiene una media total de 25,756kg/m², siendo ligeramente mayor en hombres que en mujeres pero la diferencia (0,643kg/m²) es pequeña y no es significativa.

Según la OMS (177), en adultos, el sobrepeso se define con un IMC igual o superior a $25\text{kg}/\text{m}^2$ y la obesidad cuando este es superior a $30\text{kg}/\text{m}^2$, por lo que en nuestro estudio la media de la muestra está en el rango de sobrepeso.

En valores de obesidad se encuentra el 13,04% de la muestra total, el 12,26% de las mujeres y el de los 15,62% hombres, valores inferiores a los proporcionados por Aranceta y colaboradores (178) para la zona noroeste de España en 2005, que son 21,78% y 19,07% para mujeres y para hombres respectivamente.

En el estudio de Menz y colaboradores (151) la media de altura es de $1,676\text{m}\pm 0,269\text{m}$, la del peso $78,9\pm 17,8\text{kg}$ y la del IMC es de $28,35\pm 5,49\text{kg}/\text{m}^2$, más de tres puntos por encima de la del nuestro, pero también la media de edad era ampliamente superior ($65,4\pm 10,6$ años).

En el de Riskowski y colaboradores (23) no se proporcionan datos de peso y altura y el IMC fue de $28,6\pm 5,6\text{kg}/\text{m}^2$ muy similar al resultado de Menz, esto es probablemente debido a que parten de la misma base de datos para seleccionar sus muestras. La media de edad también era muy similar a la de ellos.

En la muestra analizada por González (29) tanto el peso medio ($76,98\pm 16,3\text{kg}$), como la altura media ($1,64\pm 0,10\text{m}$) son muy similares a los obtenidos por nosotros, mientras que el IMC medio ($28,42\pm 4,9\text{kg}/\text{m}^2$) supera en casi tres puntos al recogido en nuestro estudio. Ellos establecieron el corte inferior en los 40 años, mientras que

en nuestro estudio el individuo más joven tiene 23 años, lo que pudo influir en la diferencia registrada en esta variable. Para comparar estos datos solo tenemos en cuenta el grupo de su estudio de 40-64 años, ya que el otro grupo que analizaron tenía una edad de 65-96 años. El número de personas con un IMC bajo que registraron es muy escaso (0,4%) (como sucedió con nuestra muestra), ya que solo dos de los 501 participantes con datos completos de su estudio se incluían en esta clasificación. El resto de porcentajes fue: peso normal 25,0%, sobrepeso 41,5% y obeso 33,1%. Algo similar sucede en el estudio de Pita y colaboradores (115) con una media para el IMC de $29,18 \pm 4,74 \text{ kg/m}^2$ (aún mayor que la del estudio comentado previamente) y cuyos porcentajes son del 16,8% para los individuos con un peso normal, 44,2% con sobrepeso y 38,7% con obesidad. El porcentaje de personas con IMC bajo es también residual.

López y colaboradores (153) en su estudio sobre trabajadores del mar obtienen unas cifras medias de altura ($1,73 \pm 0,08 \text{ m}$), peso ($80,38 \pm 11,9 \text{ kg}$) e IMC ($26,68 \pm 3,12 \text{ kg/m}^2$) muy similares a las nuestras. En el estudio sobre la calidad de vida relacionada con la salud podológica en mujeres menopáusicas el autor principal y su grupo obtuvieron unos valores inferiores en las medias de peso ($73,31 \pm 13,72 \text{ kg}$) y altura ($1,62 \pm 0,06 \text{ m}$) pero similar en la media de IMC ($26,74 \pm 5,08 \text{ kg/m}^2$). La única diferencia estadísticamente significativa que encontraron en estos valores entre mujeres menopáusicas y no menopáusicas fue en la edad, siendo mayor, como era previsible, la de las primeras (113). La población de sus estudios está en el área sociocultural de la nuestra y la media de

edad ($41,29 \pm 10,60$ años) es muy similar en el primero y superior en el segundo ($50,51 \pm 45,55$).

También en un área próxima a la localización de nuestro estudio se desarrolló el de Pérez (27), que obtuvo un valor medio para el IMC de $29,18 \pm 4,74 \text{ kg/m}^2$, un poco por encima del que obtuvimos nosotros. Al categorizar el IMC obtuvieron unos porcentajes de 16,8% en peso normal, 44,2% en sobrepeso y 38,7% en obesidad, mientras que en nuestro estudio, si realizamos la misma categorización obtenemos unos valores muy distintos, recayendo el mayor porcentaje en el peso normal (46,4%), seguido por obeso (39,9%) y con el sobrepeso de último (13,00%). La edad media ($61,70 \pm 11,60$ años) de su estudio era bastante superior a la del nuestro y el porcentaje de mujeres era del 55,8%.

La frecuencia absoluta del IA Aumentado/Normal/Disminuido en total y por género de nuestro estudio se puede observar en la Tabla 20. El orden de porcentajes de mayor a menor es IA Normal, IA Disminuido e IA Aumentado para la muestra total. Mientras que para las mujeres el mayor porcentaje es para el IA Disminuido seguido muy de cerca por el IA Normal y a mayor distancia por el IA Aumentado, en el caso de los hombres el porcentaje mayor es para el IA Normal, seguido por el IA Aumentado y por el IA Disminuido.

En la Tabla 50 se presentan las características antropométricas según el IA (IAfactB) de nuestro estudio. Se observa que los resultados son muy similares para todas las variables entre si.

	Total Grupo Media ±DT (IC 95%) N=138	Con IA Disminuido Media ±DT (IC 95%) N=51	Con IA Normal Media ±DT (IC 95%) N=66	Con IA Aumentado Media ±DT (IC 95%) N=21	Estad. F p-valor
Edad	46,20 (11,370) 44,29 - 48,12	47,29 (10,834) 44,25 -50,34	44,85 (11,437) 42,04 - 47,66	47,81 (2,719) 42,14 -53,48	0,864 0,726
Peso	71,359 (14,478) 68,922 - 73,796	67,696 (13,600) 66,983 -65,000	72,273 (14,724) 68,653 - 75,892	77,381 (13,912) 71,047 - 83,715	1,453 0,080
Estatura	1,661 (0,092) 1,645 - 1,676	1,644 (0,088) 1,620 - 1,669	1,670 (0,093) 1,645 - 1,692	1,674 (0,097) 1,630 - 1,719	1,384 0,111
IMC	25,756 (4,148) 25,058 - 26,454	24,940 (4,041) 23,803 -26,076	25,817 (4,187) 24,788 - 26,847	27,546 (3,871) 25,784 -29,308	1,004 0,604

Tabla 50. Características antropométricas según IafactB.

En la Figura 91 se presentan los gráficos de medias de las variables: edad, peso, altura e IMC para los tres grupos de IA de nuestro trabajo, las barras son los intervalos de confianza al 95% y la línea continua (en rojo) es la media de la variable con toda la muestra.

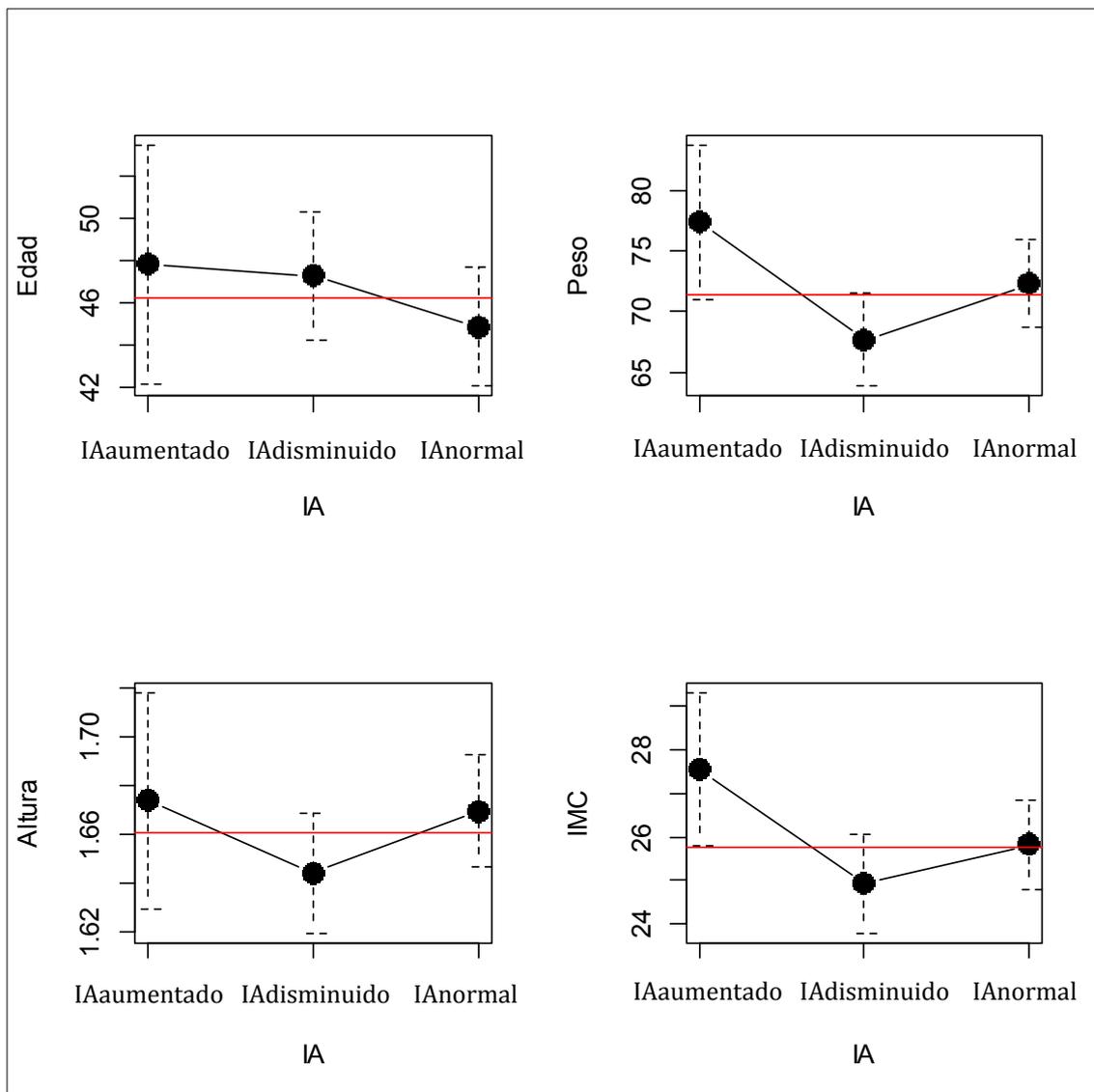


Figura 91. Medias de edad, peso, altura e IMC por IAfactB.

Riskowski y colaboradores (23) emplearon el IA modificado para clasificar los tipos de pies en su estudio. este se calcula con la misma relación que el IA pero empleando las presiones obtenidas en una plataforma en vez de las áreas. Al tener una población de estudio muy amplia (n=1856) calcularon sus propios cortes dividiendo su muestra en quintiles clasificando como pie plano y pie cavo al 20% situado al principio y al final respectivamente y como Pie Recto (arco normal) al 60% del medio. La media que obtuvieron fue $0,115 \pm 10$ y los valores para el Pie

Recto fueron de 0,031-0,16, pero no permiten una comparación directa con las nuestras por que no existe, o no encontramos, un estudio que correlacione los resultados de los métodos de valoración del arco empleados en cada uno de los estudios.

Menz y colaboradores (24) emplearon el mismo método para establecer los distintos tipos de pie en su muestra, pero en su estudio utilizaron el IA (aunque, a diferencia con nuestro estudio, calculado sobre imágenes obtenidas con plataforma de presiones). Los valores que obtuvieron para pie recto (arco normal) fueron 0,120-0,261 en mujeres y 0,135-0,272 en hombres. El límite para el pie cavo (inferior) difiere mucho del descrito por Cavanagh y Rodgers (80) en ambos casos. Debido al sistema empleado en este estudio no se puede realizar una comparación directa con los datos del nuestro. Hay que tener en cuenta, además, que existe dificultad al categorizar los pies cavos en huellas obtenidas con plataformas de presiones (179).

En el estudio de González (29), empleando el índice de Chippaux, el porcentaje mayor fue para el pie plano tanto en total, como para hombres y para mujeres por separado, mientras que utilizando el Ángulo de Clarke, fue para el pie cavo también para las tres variables, aunque seguido muy de cerca por el pie normal. Es de destacar la inconsistencia entre ambas mediciones empleadas y que el mayor porcentaje no recaiga en el intervalo de normalidad.

Pita y colaboradores (115), por su parte presentan las cifras del tipo de pie por separado (pie izquierdo y pie derecho), con resultados muy similares para ambos pies. El orden de mayor a menor porcentaje en ambos casos es el siguiente: pie normal, pie cavo y pie plano. Para el total de la muestra la prevalencia del pie plano fue de 26,62% frente al 15,2% de nuestro estudio. La diferencia puede deberse a que la edad media en su estudio era muy superior a la del nuestro y a los distintos métodos para clasificar el tipo de pie. En su estudio el 25% de las mujeres y el 28% de los hombres presentaban pie plano mientras que en el nuestro el 9,4% de las mujeres y el 5,8% de los hombres presentaban pie plano. Además encontraron una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de pie plano y el IMC (OR=1,37) y la edad (OR=1,029), de modo que cuanto mayores eran estos mayor era la posibilidad de tener pie plano. Sin embargo no encontraron asociación para el género. En la Figura 91 se puede observar que nuestros datos también muestran una tendencia en el mismo sentido, sin que sea estadísticamente significativa.

Pérez (27) encontró los siguientes porcentajes para los tipos de pie según la huella en el pie derecho (el estudiado por nosotros): normal 48,50%, plano 23,20% y cavo 28,20%. Mientras que el porcentaje de pie normal es similar al observado en nuestro trabajo, sus otros dos porcentajes son muy igualados, mientras que en el nuestro destaca un porcentaje elevado de pie cavo. Las diferencias se pueden deber a los distintos métodos para la tipificación de las huellas y a que la edad media de su muestra es mucho más elevada. También objetivó un efecto independiente

asociado a la presencia de pie plano del IMC y la edad, de modo que si aumentan estos también lo hace el primero. El género, sin embargo, no está asociado.

5.3.2 . Características sociodemográficas de la muestra y tipo de pie.

En la Tabla 51 se presentan el número total de personas que marcaron cada una de las distintas opciones para nivel educativo, actividad profesional, situación familiar y el porcentaje del total que representan.

Para el nivel educativo, el 1 equivale a estudios Primarios incompletos, el 2 a Estudios Primarios, el 3 Secundarios, el 4 estudios de Tercer Grado o Medios y el 5 Superiores. Una amplia mayoría de personas marcaron el 4 (31,2%) o el 3 (30,4%).

Para la actividad profesional el 1 equivale a estudiante, el 2 a autónomo, el 3 a trabajador por cuenta ajena, el 4 a en paro y el 5 a jubilado. La mayoría de las personas de la muestra (66,7%) marcaron el 3.

En cuanto a la situación familiar el 1 equivale a soltero/a, el 2 a separado/a o divorciado/a, el 3 a viudo/a, el 4 a viviendo en pareja y el 5 a casado/a. La mayoría de las personas de la muestra marcaron el 5 (50%), seguido por el 4 (25,4%).

En los gráficos de las Figuras 92, 93 y 94 se presenta la distribución de la muestra para las variables anteriores según el género en forma de gráfico de barras.

	Valor marcado	Total grupo N=138	Mujeres N=106	Hombres N=32
Nivel de educación	1	5 (3.6)	4 (2.9)	1 (0.7)
	2	25 (18.1)	16 (11.6)	9 (6.5)
	3	42 (30.4)	31 (22.5)	11 (8.0)
	4	43 (31.2)	35 (25.4)	8 (5.8)
	5	9 (6.5)	20 (14.5)	3 (2.2)
Actividad profesional	1	2 (1.4)	2 (1.4)	0 (0.0)
	2	25 (18.1)	17 (12.3)	8 (5.8)
	3	92 (66.7)	71 (51.4)	21 (15.2)
	4	10 (7.2)	8 (5.8)	2 (1.4)
	5	9 (6.5)	8 (5.8)	1 (0.7)
Situación familiar	1	19 (13.8)	11 (8.0)	8 (5.8)
	2	9 (6.5)	8 (5.8)	1 (0.7)
	3	6 (4.3)	5 (3.6)	1 (0.7)
	4	35 (25.4)	29 (21.0)	6 (4.3)
	5	69 (50.0)	29 (38.4)	16 (11.6)

Tabla 51. Nivel educativo, actividad profesional y situación familiar en total y por género.
Total (porcentaje del total).

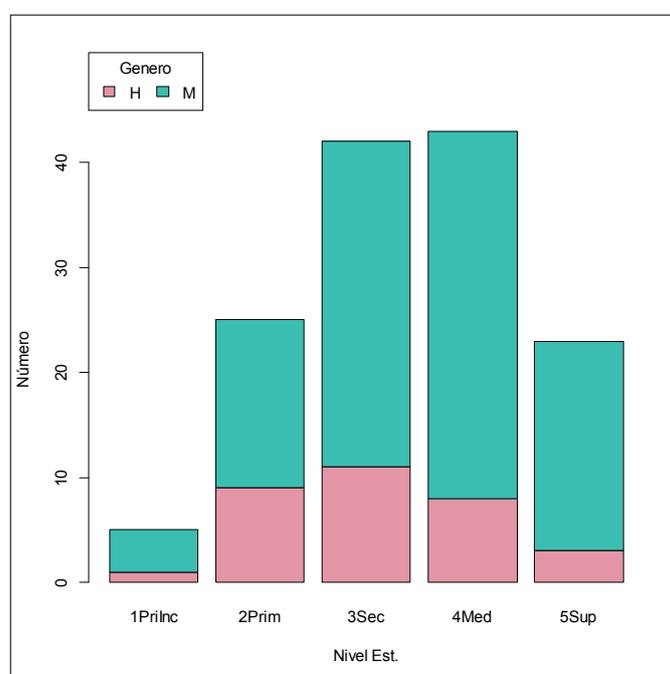


Figura 92. Nivel educativo por género.

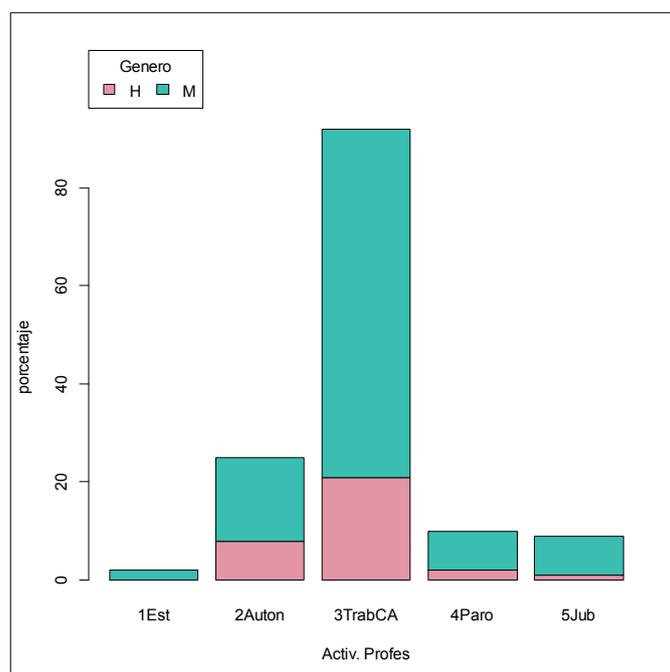


Figura 93. Actividad profesional por género.

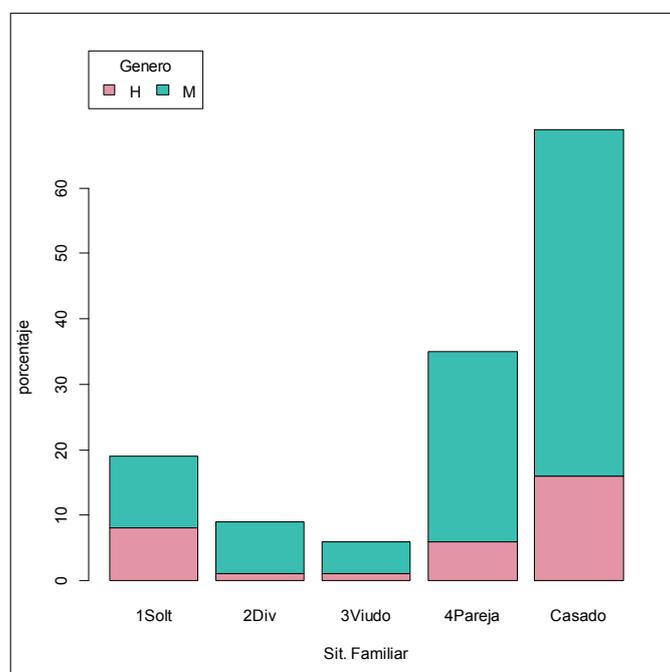


Figura 94. Situación familiar por género.

En el estudio de González (29) el 2,8% de los participantes no tenían estudios, el 7,2% tenían el primer grado incompleto, el 42,2% el primer grado, el 32,1% el segundo grado y el 15,7% estudios universitarios, unos resultados muy similares a los nuestros.

En cuanto al estudio de la posible relación entre las características sociodemográficas de la muestra y el IA, se puede observar en la Tabla 52 el número total y el porcentaje del total que representan de las personas que marcaron cada una de las distintas opciones para Nivel Educativo, actividad profesional y situación familiar y su distribución según los tres grupos del IA (IAfactB).

	Valor marcado	Total grupo N=138	IA Aumentado N=51	IA Normal N=66	IA Disminuido N=21
Nivel de educación	Primar inc	5 (3,6)	1 (0,7)	2 (1,4)	2 (1,4)
	Primarios	25 (18,1)	9 (6,5)	12 (8,7)	4 (2,9)
	Secundarios	42 (30,4)	16 (11,6)	20 (14,5)	6 (4,3)
	3º Grado	43 (31,2)	18 (13,0)	20 (14,5)	5 (3,6)
	Superiores	23 (16,7)	7 (5,1)	12 (8,7)	4 (2,9)
Actividad profesional	Estudiante	2 (1,4)	2 (1,4)	0 (0,0)	0 (0,0)
	Autónomo	25 (18,1)	6 (4,3)	16 (11,6)	3 (2,2)
	Cuenta ajena	92 (66,7)	39 (28,3)	39 (28,3)	14 (10,1)
	En paro	10 (7,2)	4 (2,9)	4 (2,9)	2 (1,4)
	Jubilado	9 (6,5)	0 (0,0)	7 (5,1)	2 (1,4)
Situación familiar	Soltero/a	19 (13,8)	7 (5,1)	8 (5,8)	4 (2,9)
	Separ- Divor	9 (6,5)	3 (2,2)	5 (3,6)	1 (0,7)
	Viudo/a	6 (4,3)	4 (2,9)	2 (1,4)	0 (0,0)
	Viv pareja	35 (25,4)	16 (11,6)	17 (12,3)	2 (1,4)
	Casado/a	69 (50,0)	21 (15,2)	34 (24,6)	14 (10,1)

Tabla 52. Nivel de educación, actividad profesional y situación familiar por IAfactB. Total (porcentaje).

La representación gráfica para las variables sociodemográficas según el IA se puede ver en las Figuras 95, 96 y 97.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactB y Nivel de Educación) proporciona un estadístico de 3,613 y el p-valor es 0,8902 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactB y actividad profesional) proporciona un estadístico de 12,996 y el p-valor es 0,112 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactB y situación familiar) proporciona un estadístico de 8,2076 y el p-valor es 0,4135 por lo que se acepta la hipótesis de independencia de las dos variables.

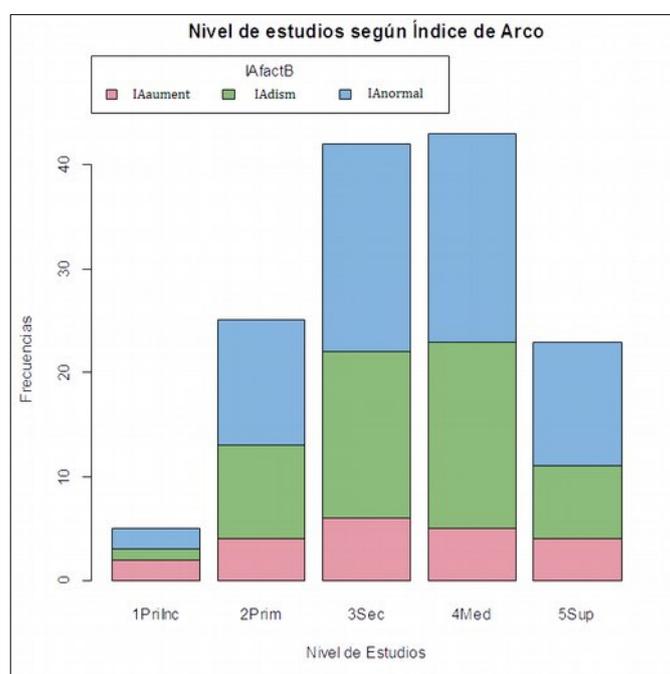


Figura 95. Gráfico de barras del Nivel Educativo según el IAfactB.

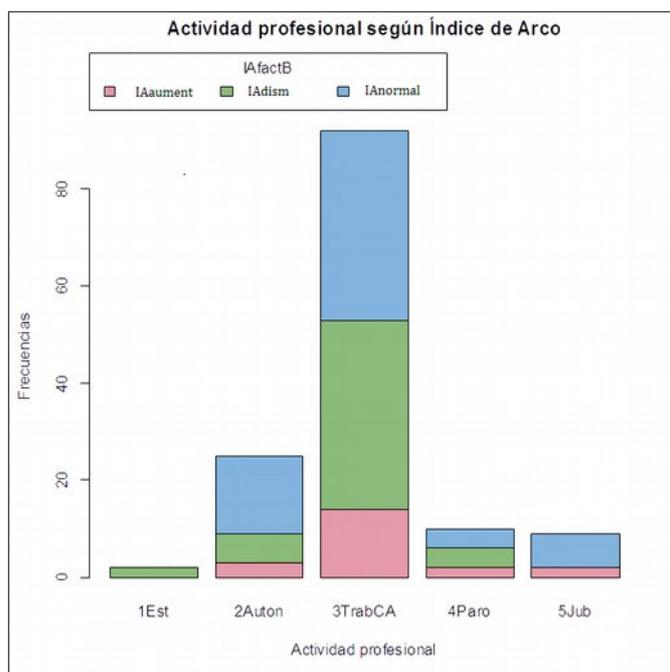


Figura 96. Gráfico de barras de actividad profesional según IAfactB.

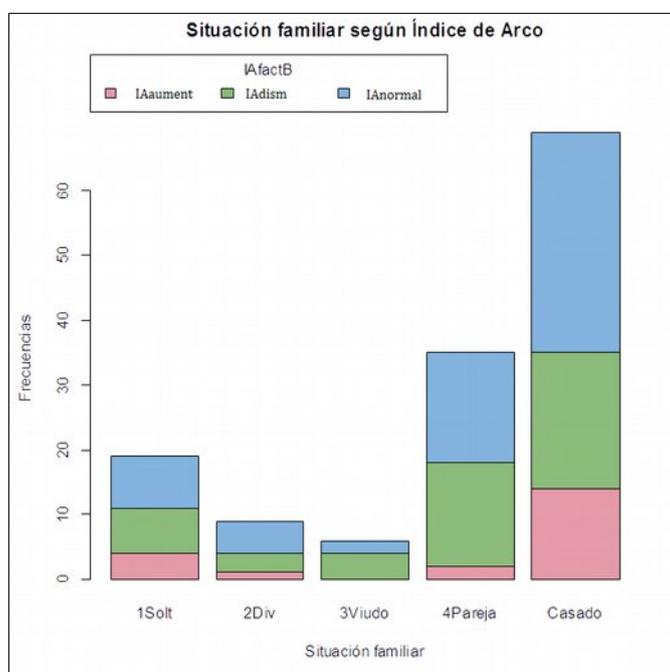


Figura 97. Gráfico de barras de Situación familiar según IAfactB.

Las condiciones de vida contribuyen al desarrollo de problemas en el pie (158). Estas se relacionan con las características sociodemográficas.

El bajo estatus socioeconómico está relacionado con el uso de calzado inapropiado en la gente mayor (158), con las consecuencias que este tipo de calzado tiene en la salud del pie, y por ende, en la calidad de vida (160,161).

En un estudio cualitativo en Nueva Zelanda las personas con enfermedades musculoesqueléticas crónicas expusieron que los cuidados podológicos especializados suponen una mejoría en los síntomas asociados a su patología del pie (166), pero que estos cuidados son caros, por lo que las características sociodemográficas personales pueden influir en el estado de salud de los pies.

5.3.3 . Características clínicas de la muestra y tipo de pie.

En la Tabla 53 se presentan el número total y el porcentaje de personas (del total) que marcaron cada una de las distintas opciones para las distintas enfermedades de base y/o factores de riesgo dadas en las opciones del CESP, según su tipo de pie. Cada persona puede marcar una o más opciones, por lo que para su estudio estadístico se procedió a una factorización en seis niveles, seleccionando las opciones del cuadro que pueden tener mayor influencia en el tipo de pie e incluyendo las variables “Dos presentes” y “Más de dos presentes” para los casos en los que los individuos seleccionan dos o más opciones.

Enfermedades de base o factores de riesgo	Total grupo N=138	IA bajo N=21	IA alto N=51	IA normal N=66
No presentes	41 (29,7)	8 (5,8)	16 (11,6)	17 (12,3)
Diabetes	4 (2,9)	1 (0,7)	0 (0,0)	3 (2,2)
Traumatismo	3 (2,2)	1 (0,7)	1 (0,7)	1 (0,7)
Menopausia	10 (7,2)	1 (0,7)	5 (3,6)	4 (2,9)
Alteraciones vasculares	5 (3,6)	0 (0,0)	2 (1,4)	3 (2,2)
Dos presentes	21 (15,2)	1 (0,7)	8 (5,8)	12 (8,7)
Más de dos presentes	13 (9,4)	2 (1,4)	7 (5,1)	4 (2,9)
Otros	41 (29,7)	7 (5,1)	12 (8,7)	22 (15,9)
TOTAL	138 (100)	21 (15,2)	51 (37,0)	66 (47,8)

Tabla 53. Número total y porcentaje del mismo de personas que marcan cada una de las distintas opciones para enfermedades de base o factores de riesgo.

La representación gráfica para las variable enfermedades de base y factores de riesgo según el IA se puede ver en la Figura 98 .

La mayoría de individuos marcó la opción “No presentes” (29,7%) con resultados similares para el IA alto (11,6%) y el IA normal (12,3%), mientras que para el IA bajo es menor (5,8%).

La segunda opción más marcada es “Otros” (29,7%), con un 5,1% en los del IA bajo, un 8,7% en los del IA alto y un 15,9% en los del IA normal.

La tercera opción más marcada es “Dos presentes”, seleccionada por el 15,2% de la muestra y con resultados muy similares para el IA alto y el IA normal (5,8% y 8,7% respectivamente), y muy inferior para el IA bajo (0,7%).

“Más de dos presentes” y “Menopausia” ocupan el cuarto y quinto puestos (9,4% y 7,2% del total), con resultados similares: 1,4% para IA bajo, 5,1% para IA alto y

2,9% para IA normal para la primera y un 0,7% para IA bajo, 3,6% para IA alto y 2,9% para IA normal en la segunda.

Continúan como opciones más marcadas, y por este orden: "Alteraciones vasculares" (3,6%), "Diabetes" (2,9%) y Traumatismo (2,2%). Los resultados por tipo de pie son bajos en todos los casos.

El test Chi-cuadrado de Pearson de independencia de las dos variables (IAfactB y Enfermedades y factores de riesgo) proporciona un estadístico de 10,456 y el p-valor es 0,7282 por lo que se acepta claramente la hipótesis de independencia de las dos variables. Es probable que la alta variabilidad de respuestas y el tamaño muestral influyeran en los resultados.

Pita y colaboradores (115) , sin embargo, encontraron una asociación de la comorbilidad medida con el índice de Charlson con la presencia del pie plano en comparación con su ausencia (pie normal y pie cavo) (OR=1,217). Los distintos métodos empleados para la valoración de esta variable no permiten una comparación directa de los resultados.

López y colaboradores (153) encontraron una asociación estadísticamente significativa entre la presencia de patologías y los resultados de cada una de las siguientes dimensiones del CESP: dolor del pie ($76,06 \pm 20$ con patologías vs. $85,31 \pm 15,46$, $p=0,015$), función del pie ($83,80 \pm 16,96$ con patologías vs.

90,50±14,18 sin patologías, p=0,040), salud del pie (51,02±23,31 con patologías vs. 68,45±23,31 sin patologías, p=0,000) y función social (77,84±24,39 con patologías vs. 88,25±22,07 sin patologías, p=0,032).

Las personas mayores con comorbilidades presentes, tales como diabetes, neuropatías o problemas musculoesqueléticos tienen un riesgo mayor de desarrollar problemas en los pies comparados con individuos sanos (158).

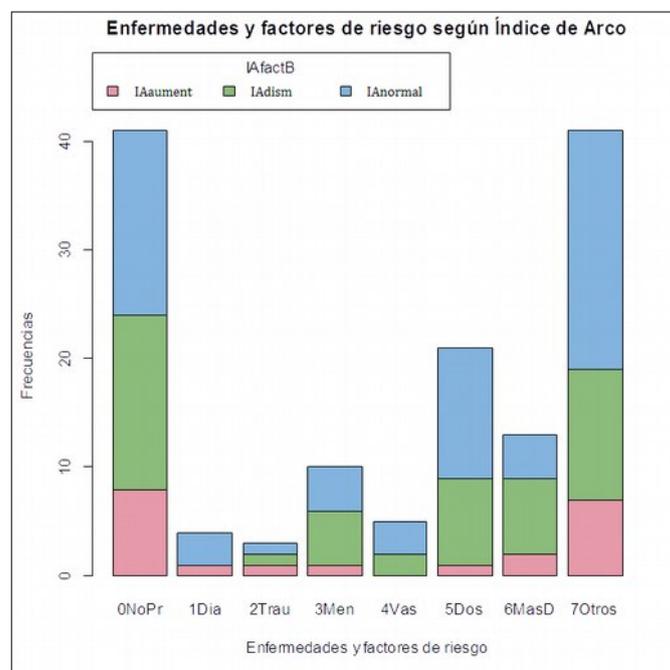


Figura 98. Gráfico de barras de Enfermedades y factores de riesgo según IAfactB.

5.4 . Limitaciones del estudio.

El método empleado para la valoración de la altura del arco tiene muchas ventajas incluyendo su validez, fiabilidad y que no requiere un equipamiento costoso para realizar las mediciones.

También existen limitaciones en el estudio que procedemos a analizar a continuación.

En cuanto al protocolo para la toma de huellas destacamos que la distribución del peso bajo los pies de los participantes no se estandarizó. Lo que se les pidió a los participantes es que permaneciesen de pie en una postura cómoda con los pies separados a la altura de los hombros, por lo que es posible que la distribución de la carga en el pie examinado variase entre los individuos.

Otra limitación se refiere a la factorización del IMC ya que al realizarla en los cuatro niveles estándar de estudio IMC1 (delgado), IMC2 (Normal), IMC3 (sobrepeso) e IMC4 (obeso), encontramos que en nuestra muestra solo hay un dato para IMC1, lo que supone una limitación a la hora de obtener conclusiones del análisis estadístico. Por este motivo la factorización del IMC se realizó en dos niveles Normal, que agrupa el IMC1 y el IMC2 y Sobrepeso, que agrupa el IMC3 y el IMC4 y que se denominó IMCfac (Tabla 16).

El ámbito del estudio es también una limitación a la hora de generalizar los resultados del mismo. Para evitar esto sería deseable abarcar un ámbito territorial mayor (nacional o internacional) e incluir en el estudio personas de diferentes etnias, culturas y con diversos estilos de vida.

Otra limitación es el tamaño muestral. Con la muestra utilizada en el estudio de las ocho variables respuesta del CESP se obtiene que no hay una diferencia significativa entre la media de los dos grupos de IAfactA (Normal y NoNormal). Dado que el grupo de IA aumentado se comporta de forma parecida al grupo con IA Normal, para encontrar diferencias significativas entre las medias de grupos, estas se deben de buscar entre el grupo con IA Normal y el grupo con IA disminuido.

Bajo el supuesto de que las diferencias entre medias que se han obtenido con la muestra del trabajo se mantuviesen, se ha calculado el tamaño muestral necesario para detectar como significativa una diferencia de medias de 5 unidades.

Suponiendo una DT en ambas poblaciones de 25, trabajando con un nivel de confianza $1-\alpha=0,95$ (probabilidad de aceptar que la diferencia entre las medias de los dos grupos es inferior a 5 cuando es cierto) y considerando dos supuestos:

1. El mismo tamaño muestral en ambos grupos (grupo con IA Normal y grupo con IA disminuido).
2. El tamaño del grupo con IA normal es el doble del tamaño del grupo con IA disminuido.

En la Tabla 54 se presentan los tamaños muestrales necesarios para detectar como significativa una diferencia de medias de 5 unidades en base a la potencia del contraste (probabilidad de detectar una diferencia entre las dos medias de 5 o superior cuando esa diferencia es cierta). Se han considerado potencias entre 0,70 y 0,95.

Potencia	Supuesto 1: $n_1=n_2$			Supuesto 2: $n_1=2 n_2$		
	n_1	n_2	n_T	n_1	n_2	n_T
0,70	310	310	620	466	233	699
0,75	348	348	696	522	261	783
0,80	394	394	788	590	295	885
0,85	450	450	900	676	338	1014
0,90	527	527	1054	790	395	1185
0,95	651	651	1302	976	488	1464

Tabla 54. Tamaño muestral necesario para detectar una diferencia de 5 entre las dos medias en diferentes supuestos. (En rojo una elección razonable).

Una elección razonable es trabajar con una potencia de 0,80. Según la Tabla 54 será necesario trabajar con una muestra de 394 individuos del grupo con IA normal y una muestra de 394 del grupo con IA disminuido. Teniendo en cuenta que hay tres grupos (IA normal, aumentado y disminuido) se necesita una muestra total con tamaño de 1200 – 1500 individuos.

Trabajando con este tamaño muestral y si se mantuviesen las diferencias obtenidas con la muestra del estudio se encontrarían diferencias significativas entre la media del grupo con IA normal y la media del grupo con IA disminuido en las siguientes variables: dolor del pie, calzado, salud del pie y actividad física.

Si bajo los mismos supuestos se quieren detectar diferencias significativas de medias de 3, entonces se necesita el tamaño muestral indicado en la Tabla 55. Para una potencia de 0,80 se necesita un tamaño muestral de 3300 individuos. En este

supuesto también se encontrarían diferencias significativas en las variables función del pie y función social además de las cuatro señaladas en el párrafo anterior.

Potencia	Supuesto 1: $n_1=n_2$			Supuesto 2: $n_1=2 n_2$		
	n_1	n_2	n_T	n_1	n_2	n_T
0,70	859	859	1718	1288	644	1926
0,75	965	965	1930	1448	724	2172
0,80	1092	1092	2184	1638	819	2457
0,85	1248	1248	2496	1872	936	2808
0,90	1461	1461	2922	2192	1096	3288
0,95	1806	1806	3612	2710	1355	4065

Tabla 55. Tamaño muestral necesario para detectar una diferencia de 3 entre las dos medias en diferentes supuestos. (En rojo una elección razonable).

Los cálculos de las Tablas 54 y 55 han sido hechos con el programa EPIDAT.

Todo lo anterior es relativo al contraste de igualdad de medias de dos grupos (test de la t para muestras independientes). Si se generaliza el problema y se contrasta la hipótesis de igualdad de medias en los tres grupos (IA Normal, IA disminuido e IA aumentado) se utiliza el test F del ANOVA. En este caso, se puede calcular de forma aproximada, el tamaño muestral necesario para detectar como significativas diferencias de medias de ∇ y considerando una determinada potencia.

Bajo los siguientes supuestos: el tamaño muestral en los tres grupos es el mismo ($n_1=n_2=n_3=n_{Grupo}$), la DT de la variable en estudio es 25, la probabilidad de error de tipo I es $\alpha=0,05$, esto es, la probabilidad de rechazar la igualdad de las tres medias cuando es cierto es de 0,05.

Fijado la “mínima diferencia significativa” en $\nabla=5.63$, y la potencia del contraste $\Pi(\nabla)=0.80$ lo que significa que la probabilidad de rechazar la igualdad de medias de los tres grupos cuando exista, al menos, entre dos de ellos, una diferencia mayor a ∇ es 0,80.

Bajo estos supuestos son necesarios los siguientes tamaños muestrales:

- Si $\nabla=5$ se necesita un tamaño muestral de grupo $n_{\text{Grupo}}=356$, por tanto el tamaño de la muestra es $n_{\text{Total}}=1068$.
- Si $\nabla=3$ se necesita un tamaño muestral de grupo $n_{\text{Grupo}}=988$, por tanto el tamaño de la muestra es $n_{\text{Total}}=2964$.

Como se puede apreciar, los tamaños muestrales necesarios para obtener diferencias estadísticamente significativas, siempre bajo el supuesto de que las diferencias obtenidas en este estudio se mantuviesen, son difíciles de obtener en el marco de un estudio de iniciativa particular.

5.5 . Posibles líneas de investigación.

En relación con las limitaciones del presente estudio arriba mencionadas, una posible investigación futura sería el estudio de la relación entre el tipo de pie según la altura del arco y la calidad de vida de las personas adultas en un ámbito territorial mayor, incrementando el tamaño de la muestra e incluyendo personas de diferentes etnias, culturas, ámbitos territoriales y con diversos estilos de vida.

También el estudio de dicha relación en personas mayores, bajo los mismos supuestos sería un estudio interesante debido a los cambios estructurales que tienen lugar con el proceso de envejecimiento.

Otra línea de investigación de interés sería el estudio de la influencia de la altura del arco en la calidad de vida según la salud de los pies en deportistas con alta demanda del miembro inferior, ya sea, por ejemplo, por impactos repetitivos, como corredores, por el uso de calzados específicos como futbolistas o escaladores o por practicar su actividad descalzos, como en numerosas artes marciales. El conocer, si existiesen, las diferencias en los resultados de los distintos dominios según el tipo de pie permitiría establecer actuaciones para intentar prevenir los distintos problemas asociados a dichas variaciones.

Por otro lado, mediante el uso del CESP se podrían estudiar distintos factores sospechosos influir en la calidad de vida según la salud del pie en diversos grupos

poblacionales. Un ejemplo sería estudiar si existen diferencias en la calidad de vida según la salud del pie entre los trabajadores que puedan escoger su modelo de calzado laboral frente a los que el calzado es proporcionado por la empresa como modelo único. El interés de dicho estudio estaría justificado por la relación entre el tipo de calzado, entre ellos el laboral, y diversas patologías. Otra posibilidad sería estudiar si existen diferencias en la calidad de vida según la salud del pie entre personas operadas de HV y personas no operadas. El interés de dicho estudio radicaría en mejorar el conocimiento sobre el estado de salud general y en particular del pie de las personas con HV y si estas difieren con los de las personas operadas.

6 . Conclusiones

Tras analizar los resultados y una vez realizada la discusión de los mismos procedemos a exponer las conclusiones del presente estudio.

El perfil antropométrico es el siguiente: la muestra analizada estaba compuesta por un 76,81% de mujeres y un 23,19% de hombres. La media de edad fue de 46,20 años, la de peso 71,36kg, la de estatura 1,66m y la del IMC 25,76kg/m².

La media para el IA fue de 0,214. Un 47,8% de la muestra presentó un IA normal, un 37,0% un IA aumentado y un 15,2% un IA disminuido.

En cuanto a las características sociodemográficas, el 5% tenían estudios primarios incompletos, el 18,1% estudios primarios, el 30,4% estudios secundarios, el 31% estudios de tercer grado y el 16,7% estudios superiores. El 1,4% de la muestra era estudiante, el 18,1% autónomo, el 66,7% trabajador por cuenta ajena, el 7,2% estaba en paro y el 6,5% estaba jubilado. Según su situación familiar el 13,8% estaba soltero/a, el 6,5% separado/a-divorciado/a, el 4,3% viudo/a, el 25,4% viviendo en pareja y el 50% casado.

Las características clínicas de la muestra son las siguientes: el 29,7% declararon no tener ninguna enfermedad o factor de riesgo, el 2,9% eran diabéticos, el 2,2% habían sufrido algún traumatismo importante, el 7,2% tenían menopausia, el 3,6% alteraciones vasculares, el 15% dos condiciones presentes, el 9,4% más de dos presentes y el 29,7% padecían otras patologías.

En el estudio descriptivo de las diferentes variables del CESP se observan diferencias en los resultados entre las personas con diferentes tipos de pie según la altura de su arco que no alcanzan la significación estadística.

En la sección de salud general del CESP no obtuvimos ninguna diferencia estadísticamente significativa para los dominios salud general, actividad física, función social y vitalidad entre los individuos con IA normal, aumentado o disminuido, por lo que no podemos afirmar que el tipo de pie según la altura del arco influya en dichos dominios en personas adultas.

En la sección de salud específica del pie del CESP no obtuvimos ninguna diferencia estadísticamente significativa para los dominios dolor del pie, función del pie y salud del pie. La única variable para la que obtuvimos una diferencia estadísticamente significativa fue la relativa al calzado, que demostró una relación lineal significativa, de modo que cuanto mayor es la altura del arco del pie de la persona peor resultado refleja en esta variable. Además la comparación de medias más distantes también fue estadísticamente significativa, obteniendo peores resultados las personas con un IA disminuido en comparación con las personas con un IA aumentado, lo que, según las medias obtenidas y según la interpretación de los resultados de esta variable que dan los autores del FHSQ, indica que las personas con un arco del pie aumentado tienen problemas para seleccionar calzado adecuado, mientras que las personas con un arco del pie disminuido pueden conseguirlo con relativa facilidad.

En general, y como valoración global de los resultados obtenidos para los distintos dominios del CESP y de lo anteriormente expuesto, concluimos que, según los resultados del presente estudio, la altura del arco del pie valorada con el IA no influye en la calidad de vida de las personas adultas.

Bibliografía.

1. Gavidia V, Talavera M. Evolución de la definición de salud. *Didáctica las Ciencias Exp y Soc.* 2012;26(ISSN 0214.4379):161–75.
2. Villanueva AL. De la medicina tradicional a la medicina moderna. *Trebol* n°62 [Internet]. 2012;4–17. Available from: <http://www.mapfre.com/mapfrere/docs/html/revistas/trebol/n62/es/articulo1.html>
3. Guerrero L, León A. Aproximación al concepto de salud. Revisión histórica. *Fermentum Rev Venez Sociol y Antropol* [Internet]. 2008;18(53). Available from: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70517572010>
4. Organización Mundial de la Salud. Constitución de la Organización Mundial de la Salud. *Doc Básicos.* 2014;1–21.
5. López López D. Podología y salud: un análisis de las representaciones sociales de las enfermedades del pie desde una perspectiva psicosocial. García Mira, RA [Internet]. Universidad de A Coruña; 2011. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=22541>
6. López López D, García Mira R, Alonso Tajés F, López López L. Análisis del Perfil y Estilo de Vida de las personas con Patologías en los Pies. *Rev Int Ciencias Podol.* 2010;4(2):49–58.
7. WHO. Ottawa charter for health promotion. *Health Promot Int.* 1986;1(4):405.
8. Beard TC, Redmond S. Declaration of Alma-Ata. *Lancet.* 1979;313(8109):217–8.
9. López López D, Alonso Tajés F, García Mira R. Enfoque multidimensional de la percepción de la salud del pie en una población adulta. *Salud(i)Ciencia* [Internet]. 2014;21:35–9. Available from: <http://www.siic.info>
10. Bennett PC. Foot care: prevention of problems for optimal health. *Home Healthc Nurse* [Internet]. 2006 May [cited 2017 Jul 26];24(5):325–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16699346>
11. López-López D, García-Mira R, Palomo-López P, Sánchez-Gómez R, Ramos-Galván J, Tovaruela-Carrión N, et al. Attitude and knowledge about foot health: a spanish view. *Enfermagem* [Internet]. 2017;25. Available from: www.eerp.usp.br/rlae
12. Hill CL, Gill TK, Menz HB, Taylor AW. Prevalence and correlates of foot pain in a population-based study: the North West Adelaide health study. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2008;1(1):2. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=2547889&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>

13. Katsambas A, Abeck D, Haneke E, van de Kerkhof P, Burzykowski T, Molenberghs G, et al. The effects of foot disease on quality of life: Results of the Achilles Project. *J Eur Acad Dermatology Venereol*. 2005;19(2):191–5.
14. Menz HB, Dufour AB, Casey VA, Riskowski JL, McLean RR, Katz P, et al. Foot pain and mobility limitations in older adults: the Framingham Foot Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* [Internet]. 2013 Oct 1 [cited 2017 Jun 14];68(10):1281–5. Available from: <https://academic.oup.com/biomedgerontology/article-lookup/doi/10.1093/gerona/glt048>
15. Garrow AP, Silman AJ, Macfarlane GJ. The Cheshire Foot Pain and Disability Survey: a population survey assessing prevalence and associations. *Pain* [Internet]. 2004 Jul [cited 2017 Aug 31];110(1):378–84. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15275789>
16. Tong JWK, Kong PW. Association Between Foot Type and Lower Extremity Injuries: Systematic Literature Review With Meta-analysis. *J Orthop Sport Phys Ther* [Internet]. 2013;43(10):700-A8. Available from: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cin20&AN=104142117&site=ehost-live>
17. Douglas Gross K, Felson DT, Niu J, Hunter DJ, Guermazi A, Roemer FW, et al. Association of flat feet with knee pain and cartilage damage in older adults. Vol. 63, *Arthritis Care and Research*. 2011. p. 937–44.
18. Hagedorn C, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Menz HB, Casey VA, et al. Foot Disorders, Foot Posture, and Foot Function: The Framingham Foot Study. *PLoS One* [Internet]. 2017;8(9). Available from: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0074364>.
19. Teyhen D, Stoltenberg B, Collinsworth K. Dynamic plantar pressure parameters associated with static arch height index during gait. *Clinical* [Internet]. 2009 [cited 2017 Jun 2]; Available from: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003309000199>
20. Larsen E, Angermann P. Association of ankle instability and foot deformity. *Acfa Orthop Scand*. 1990;61(2):136–9.
21. Burns J, Crosbie J, Hunt A, Ouvrier R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin Biomech*. 2005;20(9):877–82.

22. Kaufman KR, Brodine SK, Shaffer RA, Johnson CW, Cullison TR. The effect of foot structure and range of motion on musculoskeletal overuse injuries. Vol. 27, *The American journal of sports medicine*. 1999. p. 585–93.
23. Riskowski J, Dufour A, Hagedorn T, Hillstrom H, Casey V, Hannan M. Associations of Foot Posture and Function to Lower Extremity Pain: The Framingham Foot Study. *Arthritis Care Res*. 2013;65(11):1804–12.
24. Menz HB, Dufour AB, Riskowski JL, Hillstrom HJ, Hannan MT. Association of planus foot posture and pronated foot function with foot pain: The Framingham foot study. *Arthritis Care Res*. 2013;65(12):1991–9.
25. Anne Reilly K, Louise Barker K, Shamley D, Sandall S. Influence of foot characteristics on the site of lower limb osteoarthritis. *Foot ankle Int [Internet]*. 2006;27(3):206–11. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16539904>
26. Menz HB, Munteanu SE, Zammit G V., Landorf KB. Foot structure and function in older people with radiographic osteoarthritis of the medial midfoot. *Osteoarthr Cartil*. 2010;18(3):317–22.
27. Pérez García S. Patología podológica y calidad de vida en una muestra aleatoria poblacional. Pita Fernández, S. Universidad de A Coruña; 2015.
28. López López D, Mira RG, Tajés FA, López López L. Análisis de la Prevención Podológica. Un estudio a través de Internet. *Rev Int Ciencias Podol [Internet]*. 2012;6(2):63–72. Available from: http://dx.doi.org/10.5209/rev_RICP.2012.v6.n2.39315
29. González Martín M. Patología podológica en una muestra aleatoria poblacional. Pita Fernández S. [Internet]. Universidad de la Coruña; 2012. Available from: <http://hdl.handle.net/2183/10123>
30. Greenberg L, Davis H. Foot problems in the US. The 1990 National Health Interview Survey. *J Am Podiatr Med Assoc [Internet]*. 1993 Aug [cited 2017 Sep 5];83(8):475–83. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8366438>
31. Ware JE, Sherbourne CD. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36) I. Conceptual Framework and Item Selection. *Med Care*. 1992;30(6).
32. Garrow AP, Silman AJ, Macfarlane GJ. The cheshire foot pain and disability survey: A population survey assessing prevalence and associations. *Pain*. 2004;110(1–2):378–84.

33. Kelikian AS, Sarrafian SK, Sarrafian SK. Sarrafian's anatomy of the foot and ankle : descriptive, topographical, functional [Internet]. Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins; 2011 [cited 2017 Dec 7]. 759 p. Available from: https://books.google.es/books/about/Sarrafian_s_Anatomy_of_the_Foot_and_Ankl.html?id=I8h6bDR0SLMC
34. Uden H, Scharfbillig R, Causby R. The typically developing paediatric foot: how flat should it be? A systematic review. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2017 [cited 2018 Dec 7];10:37. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28814975>
35. Camarena CÁ, Villegas WP. Desarrollo y biomecánica del arco plantar. *Ortho-tips* [Internet]. 2010;6(4):215–22. Available from: <http://www.medigraphic.com/orthotips>
36. Forriol F, Pascual J. Footprint analysis between three and seventeen years of age. *Foot Ankle* [Internet]. 1990 Oct [cited 2018 Dec 7];11(2):101–4. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2265808>
37. Gijon-Nogueron G, Montes-Alguacil J, Alfageme-Garcia P, Cervera-Marin JA, Morales-Asencio JM, Martinez-Nova A. Establishing normative foot posture index values for the paediatric population: a cross-sectional study. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2016 Dec 26 [cited 2018 Dec 7];9(1):24. Available from: <http://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-016-0156-3>
38. Sharkey N a, Donahue SW, Ferris L. Biomechanical consequences of plantar fascial release or rupture during gait. Part II: alterations in forefoot loading. *Foot ankle Int / Am Orthop Foot Ankle Soc [and] Swiss Foot Ankle Soc* [Internet]. 1999;20(2):86–96. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10063976>
39. M. Larrosa Padró SMM. 2003 Alteraciones de la bóveda plantar Larrosa. *Rev Esp Reum.* 2003;30(489–98).
40. Ogalla JM, Zalacain A. Comunicaciones científicas. Goniometría. *Rev española Podol* [Internet]. 2015 [cited 2017 Dec 10]; Available from: <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/66772>
41. Lelièvre J, Lelièvre J-F. Patología del pie : fisiología-clínica : tratamientos médico, ortopédico y quirúrgico [Internet]. Masson; 1987 [cited 2017 Dec 5]. Available from: https://books.google.es/books?id=O-E0RAAACAAJ&dq=lelievre+patología+del+pie+1982&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj7wObjy_LXAhUCvhQKHbq6Cc0Q6AEIODAE

42. Cortés E. Geometría de equilibrio de estructuras en arco. *Am J Phys Educ.* 2008;2(2).
43. Kapandji AI. *Fisiología articular. Tomo2: Miembro Inferior.* Editorial Medica Panameri; 2010.
44. Kirby KA. Sistema de reparto de cargas del arco longitudinal del pie. *Rev Española Podol* [Internet]. 2017;28(1):37–45. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0210123817300075>
45. Hicks JH. The mechanics of the foot: II. The plantar aponeurosis and the arch. *J Anat* [Internet]. 1954;88(Pt 1):25–30.1. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1244640/>
46. Ker RF, Bennett MB, Bibby SR, Kester RC, Alexander RM. The spring in the arch of the human foot. *Nature* [Internet]. 1987;325(6100):147–9. Available from: <http://www.nature.com/articles/325147a0>
47. Murphy G a, Pneumaticos SG, Kamaric E, Noble PC, Trevino SG, Baxter DE. Biomechanical consequences of sequential plantar fascia release. *Foot ankle Int / Am Orthop Foot Ankle Soc [and] Swiss Foot Ankle Soc* [Internet]. 1998;19(3):149–52. Available from: <http://fai.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/107110079801900306>
48. Kelly LA, Kuitunen S, Racinais S, Cresswell AG. Recruitment of the plantar intrinsic foot muscles with increasing postural demand. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2012 Jan 1 [cited 2017 Dec 5];27(1):46–51. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21864955>
49. Kelly LA, Cresswell AG, Racinais S, Whiteley R, Lichtwark G. Intrinsic foot muscles have the capacity to control deformation of the longitudinal arch. *J R Soc Interface.* 2014;
50. McKeon PO, Hertel J, Bramble D, Davis I. The foot core system: a new paradigm for understanding intrinsic foot muscle function. *Br J Sports Med.* 2015;
51. Huang CK, Kitaoka HB, an KN, Chao EYS. Biomechanical Evaluation of Longitudinal Arch Stability. *Foot Ankle Int.* 1993;
52. NACHBAUER W, NIGG BM. Effects of arch height of the foot on ground reaction forces in running. *Med Sci Sport Exerc.* 1992;
53. Williams DS, McClay IS, Hamill J, Buchanan TS. Lower extremity kinematic and kinetic differences in runners with high and low arches. *J Appl Biomech.* 2001;

54. Zifchock RA, Davis I, Hillstrom H, Song J. The effect of gender, age, and lateral dominance on arch height and arch stiffness. *Foot ankle Int* [Internet]. 2006 May [cited 2017 Jun 7];27(5):367–72. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/107110070602700509>
55. Powell DW, Long B, Milner CE, Zhang S. Effects of vertical loading on arch characteristics and intersegmental foot motions. *J Appl Biomech*. 2012;
56. Buldt AK, Murley GS, Butterworth P, Levinger P, Menz HB, Landorf KB. The relationship between foot posture and lower limb kinematics during walking: A systematic review. *Gait and Posture*. 2013.
57. Buldt AK, Levinger P, Murley GS, Menz HB, Nester CJ, Landorf KB. Foot posture is associated with kinematics of the foot during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture*. 2015;
58. Dancloff, C., Forriol, F, Gomez Pellico L. Relación entre diferentes parámetros radiológicos de la huella plantar en el pie. *Rev esp Cir Ost*. 1989;151–8.
59. Murley GS, Menz HB, Landorf KB. A protocol for classifying normal-and flat-arched foot posture for research studies using clinical and radiographic measurements. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2009;2(2). Available from: <http://www.jfootankleres.com/content/2/1/22>
60. Steel Iii MW, Johnson KA, Dewitz MA, Istrup DM. Radiographic Measurements of the Normal Adult Foot.
61. Perera A, Guha A. Clinical and radiographic evaluation of the cavus foot. Surgical implications. *Foot and Ankle Clinics*. 2013.
62. Younger AS, Sawatzky B, Dryden P. Radiographic Assessment of Adult Flatfoot.
63. Kanatli U, Yetkin H, Cila E. Footprint and Radiographic Analysis of the Feet.
64. Chen CH, Huang MH, Chen TW, Weng MC, Lee CL, Wang GJ. The correlation between selected measurements from footprint and radiograph of flatfoot. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;
65. Inui K, Ikoma K, Imai K, Ohashi S, Maki M, Kido M, et al. Examination of the Correlation Between Foot Morphology Measurements Using Pedography and Radiographic Measurements. *J Foot Ankle Surg*. 2017;
66. Thomas JL, Kunkel MW, Lopez R, Sparks D. Radiographic values of the adult foot in a standardized population. *J Foot Ankle Surg*. 2006;

67. Lamm BM, Stasko PA, Gesheff MG, Bhave A. Normal Foot and Ankle Radiographic Angles, Measurements, and Reference Points. *J Foot Ankle Surg.* 2016;
68. Saltzman CL, Nawoczenski DA, Talbot KD. Measurement of the medial longitudinal arch. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;
69. Stearne SM, McDonald KA, Alderson JA, North I, Oxnard CE, Rubenson J. The Foot's Arch and the Energetics of Human Locomotion. *Sci Rep.* 2016;
70. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Murley GS, Levinger P, Menz HB. Centre of pressure characteristics in normal, planus and cavus feet. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2018 Dec 5 [cited 2018 Dec 6];11(1):3. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29441131>
71. Buldt AK, Forghany S, Landorf KB, Levinger P, Murley GS, Menz HB. Foot posture is associated with plantar pressure during gait: A comparison of normal, planus and cavus feet. *Gait Posture* [Internet]. 2018 May [cited 2018 Dec 6];62:235–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29573666>
72. Kim M-K. Foot pressure analysis of adults with flat and normal feet at different gait speeds on an ascending slope. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2015 Dec [cited 2018 Dec 6];27(12):3767–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26834348>
73. Louise O'brien D, Tyndyk M. Effect of arch type and Body Mass Index on plantar pressure distribution during stance phase of gait. *Acta Bioeng Biomech Orig Pap* [Internet]. 2014 [cited 2018 Dec 6];16(2). Available from: <http://www.actabio.pwr.wroc.pl/Vol16No2/15.pdf>
74. Zhai JN, Wang J, Qiu YS. Plantar pressure differences among adults with mild flexible flatfoot, severe flexible flatfoot and normal foot when walking on level surface, walking upstairs and downstairs. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2017 Apr [cited 2018 Dec 6];29(4):641–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28533601>
75. Queen RM, Mall NA, Nunley JA, Chuckpaiwong B. Differences in plantar loading between flat and normal feet during different athletic tasks. *Gait Posture* [Internet]. 2009 Jun [cited 2017 Jun 7];29(4):582–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636208004141>
76. Ledoux WR, Sangeorzan BJ, Rohr ES, Harp C, Ching RP. THE EFFECT OF FOOT TYPE ON PLANTAR PRESSURE [Internet]. 2004 [cited 2018 Dec 6]. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/266571034>

77. Hillstrom HJ, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Mootanah R, Dufour AB, et al. Foot type biomechanics part 1: structure and function of the asymptomatic foot. *Gait Posture* [Internet]. 2013 Mar [cited 2017 Jun 7];37(3):445–51. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636212003347>
78. Woźniacka R, Bac A, Matusik S, Szczygieł E, Ciszek E. Body weight and the medial longitudinal foot arch: High-arched foot, a hidden problem? *Eur J Pediatr*. 2013;172(5):683–91.
79. Chang H-W, Lin C-J, Kuo L-C, Tsai M-J, Chieh H-F, Su F-C. Three-dimensional measurement of foot arch in preschool children. *Biomed Eng Online* [Internet]. 2012;11(1):76. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3523967&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
80. Cavanagh PR, Rodgers MM. The arch index: A useful measure from footprints. *J Biomech*. 1987;20(5):547–51.
81. McCrory JL, Young MJ, Boulton AJM, Cavanagh PR. Arch index as a predictor of arch height. *Foot*. 1997;7(2):79–81.
82. Cavanagh PR, Morag E, Boulton AJ, Young MJ, Deffner KT, Pammer SE. The relationship of static foot structure to dynamic foot function. *J Biomech* [Internet]. 1997 Mar [cited 2017 Jun 9];30(3):243–50. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9119823>
83. Clarke HH. An Objective Method of Measuring the Height of the Longitudinal Arch in Foot Examinations. *Res Quarterly Am Phys Educ Assoc* [Internet]. 1933 Oct 1;4(3):99–107. Available from: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/23267402.1933.10626636>
84. Murat Ozer C, Professor Cagatay Barut A. Evaluation of football players' sole morphology ISMJ *International SportMed Journal* Evaluation of the sole morphology of professional football players. *Int Sport J Off J FIMS (International Fed Sport Med* [Internet]. 2012;13(1):8–17. Available from: <http://www.ismj.com>
85. Lara Diéguez S, Jesús A, Sánchez L, Luisa M, Sánchez Z, Martínez-López EJ. Análisis de los diferentes métodos de evaluación de la huella plantar Analysis of different methods to evaluate the footprint. 2011;19(19):49–53.
86. Staheli LT, Chew DE, Corbett M. The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults. *J Bone Joint Surg Am*. 1987 Mar;69(3):426–8.

87. Kimura² LK, Summary, Arnaldo José Hernandez¹, Marcos Henrique Ferreira Laraya³ EF. Calculation of Staheli ' S Plantar Arch Index and Prevalence of Flat Feet : a Study With 100 Children Aged 5-9 Years. 2007;15(2):68–71.
88. Hernández Corvo R. Morfología funcional deportiva : Sitema locomotor [Internet]. Paidotribo; 1989 [cited 2017 Jul 22]. 458 p. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=35962>
89. Rueda Sánchez M. Podología : los desequilibrios del pie [Internet]. Paidotribo; 2004 [cited 2017 Jul 23]. 286 p. Available from: <https://www.casadellibro.com/libro-podologia-los-desequilibrios-del-pie/9788480197830/983713>
90. Menz HB, Fotoohabadi MR, Wee E, Spink MJ. Visual categorisation of the arch index: a simplified measure of foot posture in older people. J Foot Ankle Res [Internet]. 2012;5(1):10. Available from: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=3388464&tool=pmcentrez&rendertype=abstract>
91. Wong CK, Weil R, de Boer E. Standardizing Foot-Type Classification Using Arch Index Values. Physiother Canada [Internet]. 2012 Jul [cited 2017 May 31];64(3):280–3. Available from: <http://utpjournals.press/doi/10.3138/ptc.2011-40>
92. Menz HB, Munteanu SE. Validity of 3 Clinical Techniques for the Measurement of Static Foot Posture in Older People. J Orthop Sport Phys Ther. 2005;
93. Menz HB, Morris ME. Clinical determinants of plantar forces and pressures during walking in older people. Gait Posture [Internet]. 2006 Oct [cited 2017 Jul 22];24(2):229–36. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16214340>
94. Nilsson MK, Friis R, Michaelsen MS, Jakobsen PA, Nielsen RO. Classification of the height and flexibility of the medial longitudinal arch of the foot. J Foot Ankle Res [Internet]. 2012 Feb 17 [cited 2017 Jun 7];5(1):3. Available from: <http://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1757-1146-5-3>
95. Mootanah R, Song J, Lenhoff MW, Hafer JF, Backus SI, Gagnon D, et al. Foot Type Biomechanics Part 2: are structure and anthropometrics related to function? Gait Posture [Internet]. 2013 Mar [cited 2017 Jun 7];37(3):452–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636212003359>

96. Riskowski JL, Dufour AB, Hagedorn TJ, Hillstrom HJ, Casey VA, Hannan MT. Associations of foot posture and function to lower extremity pain: results from a population-based foot study. *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2013 Nov [cited 2017 Jun 9];65(11):1804–12. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/acr.22049>
97. Cowan DN, Jones BH, Robinson JR. Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. *Arch Fam Med* [Internet]. 1993 Jul [cited 2017 Jun 7];2(7):773–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7906597>
98. Barnes A, Wheat J, Milner C. Association between foot type and tibial stress injuries: a systematic review. *Br J Sports Med.* 2007;42(2):93–8.
99. Hegedus EJ, Cook C, Fiander C, Wright A. Measures of arch height and their relationship to pain and dysfunction in people with lower limb impairments. *Physiother Res Int.* 2010;15(3):160–6.
100. Shultz SP, Song J, Kraszewski AP, Hafer JF, Rao S, Backus S, et al. An investigation of structure, flexibility, and function variables that discriminate asymptomatic foot types. *J Appl Biomech.* 2017;33(3):203–10.
101. Yates B, White S. The Incidence and Risk Factors in the Development of Medial Tibial Stress Syndrome among Naval Recruits. *Am J Sports Med.* 2004;
102. Burns J, Keenan A-M, Redmond A. Foot Type and Overuse Injury in Triathletes. *J Am Podiatr Med Assoc.* 2005;
103. Jonely H, Brismée J-M, Sizer PS, James CR. Relationships between clinical measures of static foot posture and plantar pressure during static standing and walking. *Clin Biomech (Bristol, Avon)* [Internet]. 2011 Oct [cited 2017 Jun 9];26(8):873–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0268003311001197>
104. Bennett P, Patterson C. The foot health status questionnaire (FHSQ): a new instrument for measuring outcomes of foot care. *Australas J Pod Med.* 1998;32:55–9.
105. Bennett PJ, Patterson C, Wearing S, Baglioni T. Development and validation of a questionnaire designed to measure foot-health status. *J Am Podiatr Med Assoc.* 1998;88(9):419–28.
106. Sirera-Vercher MJ, Sáez-Zamora P, Sanz-Amaro MD. Traducción y adaptación transcultural al castellano y al valenciano del Foot Health Status Questionnaire. *Rev Esp Cir Ortop Traumatol.* 2010;54(4):211–9.

107. Bennett PJ, Patterson C. The Foot Health Status Questionnaire measuring outcomes of footcare. *Comp Gen Pharmacol*. 1998;32(3):87–92.
108. Foot Health Status Questionnaire — FHSQ [Internet]. [cited 2018 Sep 30]. Available from: <https://www.fhsq.org/new-products/foot-health-status-questionnaire>
109. Cuesta-Vargas A, Bennett P, Jimenez-Cebrian AM, Labajos-Manzanares MT. The psychometric properties of the Spanish version of the Foot Health Status Questionnaire. *Qual Life Res*. 2013;22(7):1739–43.
110. Ferreira AFB, Laurindo IMM, Rodrigues PT, Ferraz MB, Kowalski SC, Tanaka C. Brazilian version of the foot health status questionnaire (FHSQ-BR): cross-cultural adaptation and evaluation of measurement properties. *Clinics (Sao Paulo)*. 2008;63(5):595–600.
111. M.J. Sirera-Vercher PS-Z and MDS-A. Translation , transcultural adaptation to Spanish , to Valencian language of the Foot Health Status Questionnaire. *Rev Española Cirugía Ortopédica y Traumatol* [Internet]. 2010;54(4):211–9. Available from: [http://dx.doi.org/10.1016/S1988-8856\(10\)70235-2](http://dx.doi.org/10.1016/S1988-8856(10)70235-2)
112. López López D, Bouza Prego M de LÁ, Requeijo Constenla A, Saleta Canosa JL, Bautista Casasnovas A, Tajés FA. The impact of foot arch height on quality of life in 6-12 year olds. *Colomb medica (Cali, Colomb* [Internet]. [cited 2017 Jun 14];45(4):168–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25767305>
113. López López D, López Martínez NZ, Losa Iglesias ME, Rodríguez Sanz D, Palomo López P, Becerro de Bengoa Vallejo R. Impact on quality of life related to foot health in a sample of menopausal women: a case-control observational study. *Climacteric* [Internet]. 2016;19(5):501–5. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27338169>
114. López DL, Rivas López M, Bouza Prego MDLÁ, María Mónaco L, Losa Iglesias ME, Saleta Canosa JL, et al. Quality of life impact related to foot health in a sample of sea workers. *J Tissue Viability*. 2015;24(4):146–52.
115. Pita-fernandez S, Gonzalez-martin C, Alonso-tajes F, Seoane-pillado T. Flat Foot in a Random Population and its Impact on Quality of Life and Functionality. *J Clin Diagnostic Res*. 2017;11(4):22–7.
116. Jelinek HF, Fox D. Foot Health and Elevated Body Mass Index. *Foot Ankle Online J*. 2009;2(8):10–3.

117. Menz HB, Auhl M, Tan JM, Levinger P, Roddy E, Munteanu SE. Effectiveness of Foot Orthoses Versus Rocker-Sole Footwear for First Metatarsophalangeal Joint Osteoarthritis: Randomized Trial. *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2016 May [cited 2017 Jun 14];68(5):581–9. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/acr.22750>
118. Menz HB, Levinger P, Tan JM, Auhl M, Roddy E, Munteanu SE. Rocker-sole footwear versus prefabricated foot orthoses for the treatment of pain associated with first metatarsophalangeal joint osteoarthritis: study protocol for a randomised trial. *BMC Musculoskelet Disord* [Internet]. 2014 Mar 15 [cited 2017 Jun 14];15(1):86. Available from: <http://bmcmusculoskeletdisord.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2474-15-86>
119. Menz HB, Frescos N, Munteanu SE. Effectiveness of off-the-shelf footwear in reducing foot pain in Australian Department of Veterans' Affairs recipients not eligible for medical grade footwear: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 2013 Apr 23 [cited 2017 Jun 14];14(1):106. Available from: <http://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1745-6215-14-106>
120. Sullivan J, Pappas E, Adams R, Crosbie J, Burns J. Determinants of footwear difficulties in people with plantar heel pain. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2015 Dec 18 [cited 2017 Jun 14];8(1):40. Available from: <http://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13047-015-0102-9>
121. Ye L, Mei Q, Li M, Gu M, Ai Z, Tang K, et al. A comparative efficacy evaluation of ultrasound-guided pulsed radiofrequency treatment in the gastrocnemius in managing plantar heel pain: a randomized and controlled trial. *Pain Med* [Internet]. 2015 Apr 1 [cited 2017 Jun 14];16(4):782–90. Available from: <https://academic.oup.com/painmedicine/article-lookup/doi/10.1111/pme.12664>
122. Cotchett MP, Munteanu SE, Landorf KB. Effectiveness of trigger point dry needling for plantar heel pain: a randomized controlled trial. *Phys Ther* [Internet]. 2014 Aug 1 [cited 2017 Jun 14];94(8):1083–94. Available from: <https://academic.oup.com/ptj/article-lookup/doi/10.2522/ptj.20130255>
123. Hanselman AE, Tidwell JE, Santrock RD. Cryopreserved human amniotic membrane injection for plantar fasciitis: a randomized, controlled, double-blind pilot study. *Foot ankle Int* [Internet]. 2015 Feb [cited 2017 Jun 14];36(2):151–8. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1071100714552824>

124. Schulhofer SD. Short-term benefits of ultrasound-guided corticosteroid injection in plantar fasciitis. *Clin J Sport Med* [Internet]. 2013 Jan [cited 2017 Jun 14];23(1):83–4. Available from: <http://content.wkhealth.com/linkback/openurl?sid=WKPTLP:landingpage&an=00042752-201301000-00014>
125. Young MA, Cook JL, Webster KE. The effect of topical wheatgrass cream on chronic plantar fasciitis: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Complement Ther Med* [Internet]. 2006 Mar [cited 2017 Jul 24];14(1):3–9. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965229905000798>
126. Bergin SM, Munteanu SE, Zammit G V, Nikolopoulos N, Menz HB. Impact of first metatarsophalangeal joint osteoarthritis on health-related quality of life. *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2012 Nov [cited 2017 Jun 14];64(11):1691–8. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/acr.21729>
127. Munteanu SE, Zammit G V, Menz HB, Landorf KB, Handley CJ, Elzarka A, et al. Effectiveness of intra-articular hyaluronan (Synvisc, hylan G-F 20) for the treatment of first metatarsophalangeal joint osteoarthritis: a randomised placebo-controlled trial. *Ann Rheum Dis* [Internet]. 2011 Oct 1 [cited 2017 Jun 14];70(10):1838–41. Available from: <http://ard.bmj.com/cgi/doi/10.1136/ard.2011.153049>
128. Beeson P, Phillips C, Corr S, Ribbans WJ. Hallux rigidus: a cross-sectional study to evaluate clinical parameters. *Foot (Edinb)* [Internet]. 2009 Jun [cited 2017 Jun 14];19(2):80–92. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958259208001193>
129. Gilheany MF, Landorf KB, Robinson P. Hallux valgus and hallux rigidus: a comparison of impact on health-related quality of life in patients presenting to foot surgeons in Australia. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2008 Dec 11 [cited 2017 Jun 14];1(1):14. Available from: <http://jfootankleres.biomedcentral.com/articles/10.1186/1757-1146-1-14>
130. López DL, Callejo González L, Losa Iglesias ME, Canosa JLS, Sanz DR, Lobo CC, et al. Quality of Life Impact Related to Foot Health in a Sample of Older People with Hallux Valgus. *Aging Dis* [Internet]. 2016;7(1):45–52. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26816663><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC4723233>

131. Maher AJ, Metcalfe SA. A report of UK experience in 917 cases of day care foot surgery using a validated outcome tool. *Foot (Edinb) [Internet]*. 2009 Jun [cited 2017 Jun 14];19(2):101–6. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958259209000054>
132. Taylor NG, Metcalfe SA. A review of surgical outcomes of the Lapidus procedure for treatment of hallux abductovalgus and degenerative joint disease of the first MCJ. *Foot (Edinb) [Internet]*. 2008 Dec [cited 2017 Jun 14];18(4):206–10. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095825920800059X>
133. Maher AJ, Metcalfe SA. First MTP joint arthrodesis for the treatment of hallux rigidus: results of 29 consecutive cases using the foot health status questionnaire validated measurement tool. *Foot (Edinb) [Internet]*. 2008 Sep [cited 2017 Jun 14];18(3):123–30. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958259208000382>
134. Bennett PJ, Patterson C, Dunne MP. Health-Related Quality of Life Following Podiatric Surgery. *J Am Podiatr Med Assoc [Internet]*. 2001;91(4):164–73. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11319246>
135. Riskowski JL, Hagedorn TJ, Hannan MT. Measures of foot function, foot health, and foot pain: American Academy of Orthopedic Surgeons Lower Limb Outcomes Assessment: Foot and Ankle Module (AAOS-FAM), Bristol Foot Score (BFS), Revised Foot Function Index (FFI-R), Foot Health Status Questionnaire. *Arthritis Care Res*. 2011;63(SUPPL. 11).
136. Landorf KB, Keenan A-M. An Evaluation of Two Foot-Specific, Health-Related Quality-of-Life Measuring Instruments. *Foot Ankle Int [Internet]*. 2002;23(6):538–46. Available from: <http://fai.sagepub.com/content/23/6/538.abstract>
137. Menz HB, Auhl M, Ristevski S, Frescos N, Munteanu SE. Comparison of the responsiveness of the foot health status questionnaire and the Manchester foot pain and disability index in older people. *Health Qual Life Outcomes [Internet]*. 2014 Oct 25 [cited 2017 Jun 14];12(1):158. Available from: <http://hqlo.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12955-014-0158-4>
138. IGE. IGE - Instituto Galego de Estatística [Internet]. [cited 2018 Dec 7]. Available from: <https://www.ige.eu/web/index.jsp?idioma=gl>
139. Pita Fernandez S. Determinación del tamaño muestral [Internet]. *Unidad de Epidemiología Clínica y Bioestadística. CHUAC. CAD ATEN PRIMARIA*. 1996 [cited 2018 Oct 21]. p. 3:138-14. Available from: <https://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>

140. Consent I. El consentimiento informado en Podología : Legislación , concepto y estructura. Rev Int Ciencias Podol [Internet]. 2010 [cited 2017 Jun 17];4(1):17–23. Available from:
<https://revistas.ucm.es/index.php/RICP/article/viewFile/RICP1010120017A/18564>
141. ÁreaCalc [Internet]. Available from: <https://previa.uclm.es/profesorado/xaguado/ASIGNATURAS/BMD/3-PRACTICAS/Practicas2.htm>
142. IBM SPSS Statistics V22.0 [Internet]. Available from:
http://www-01.ibm.com/common/ssi/ShowDoc.wss?docURL=/common/ssi/rep_ca/9/897/ENUS213-309/index.html&request_locale=en
143. R: The R Project for Statistical Computing [Internet]. Available from:
<https://www.r-project.org/>
144. Rcmdr.com [Internet]. Available from: <https://www.rcommander.com/>
145. EPIDAT - Consellería de Sanidade - Servizo Galego de Saúde [Internet]. Available from: <https://www.sergas.es/Saude-publica/EPIDAT?idioma=es>
146. Centers of disease control. Body mass index: Considerations for practitioners. Cdc [Internet]. 2011;4. Available from:
www.cdc.gov/obesity/downloads/bmiforpractitioners.pdf
147. Chu WC, Lee SH, Chu W, Wang TJ, Lee MC. The Use of Arch Index to Characterize Arch Height: A Digital Image Processing Approach. IEEE Trans Biomed Eng. 1995;42(11):1088–93.
148. R. Cao, F. Mario, S. Naya, M. Presedo, M. Vázquez, J.A. Vilar JMV. Introducción a la estadística y sus aplicaciones. Pirámide., editor. 2001.
149. Vilar Fernández JM. Modelos Estadísticos Aplicados. Publicaciones de la UDC, monografía 101. Segunda edición. 2006.
150. Butterworth PA, Urquhart DM, Landorf KB, Wluka AE, Cicuttini FM, Menz HB. Foot posture, range of motion and plantar pressure characteristics in obese and non-obese individuals. Gait Posture [Internet]. 2015 Feb [cited 2017 Jun 9];41(2):465–9. Available from:
<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966636214007772>

151. Menz HB, Dufour AB, Katz P, Hannan MT. Foot Pain and Pronated Foot Type Are Associated with Self-Reported Mobility Limitations in Older Adults: The Framingham Foot Study. *Gerontology* [Internet]. 2016 Dec 9 [cited 2017 Jun 7];62(3):289–95. Available from: <http://www.karger.com/?doi=10.1159/000442089>
152. Thomas MJ, Roddy E, Zhang W, Menz HB, Hannan MT, Peat GM. The population prevalence of foot and ankle pain in middle and old age: A systematic review. *Pain* [Internet]. 2011;152(12):2870–80. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pain.2011.09.019>
153. López DL, Rivas López M, Bouza Prego MDLÁ, María Mónaco L, Losa Iglesias ME, Saleta Canosa JL, et al. Quality of life impact related to foot health in a sample of sea workers. *J Tissue Viability*. 2015;
154. Lucas R, Cornwall M. Influence of foot posture on the functioning of the windlass mechanism. *Foot* [Internet]. 2017 Mar [cited 2018 Nov 13];30:38–42. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28259028>
155. Lee J-E, Park G-H, Lee Y-S, Kim M-K. A Comparison of Muscle Activities in the Lower Extremity between Flat and Normal Feet during One-leg Standing. *J Phys Ther Sci* [Internet]. 2013 Sep [cited 2018 Nov 13];25(9):1059–61. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24259915>
156. Hunt AE, Smith RM. Mechanics and control of the flat versus normal foot during the stance phase of walking. *Clin Biomech* [Internet]. 2004 May [cited 2018 Nov 18];19(4):391–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15109760>
157. Smith TF, Green DR. Pes cavus. In: McGlamry's comprehensive textbook of foot and ankle surgery. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2001. p. 66.
158. Ikpeze TC, Omar A, Elfar JH. Evaluating Problems With Footwear in the Geriatric Population. *Geriatr Orthop Surg Rehabil* [Internet]. 2015 Dec 13 [cited 2018 Nov 13];6(4):338–40. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26623172>
159. López-López D, Marañón-Medina J, Losa-Iglesias ME, Calvo-Lobo C, Rodríguez-Sanz D, Palomo-López P, et al. The influence of heel height related on quality of life on the foot in a sample of women. *Rev Assoc Med Bras* [Internet]. 2018 Apr [cited 2018 Nov 13];64(4):324–9. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30133611>

160. López-López D, Expósito-Casabella Y, Losa-Iglesias M, Bengoa-Vallejo RB de, Saleta-Canosa JL, Alonso-Tajes F. Impact of shoe size in a sample of elderly individuals. *Rev Assoc Med Bras* [Internet]. 2016 Nov [cited 2018 Nov 13];62(8):789–94. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27992021>
161. McRitchie M, Branthwaite H, Chockalingam N. Footwear choices for painful feet – an observational study exploring footwear and foot problems in women. *J Foot Ankle Res* [Internet]. 2018 Dec 31 [cited 2018 Nov 13];11(1):23. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29881464>
162. Palomo-López P, Becerro-de-Bengoa-Vallejo R, Losa-Iglesias ME, Rodríguez-Sanz D, Calvo-Lobo C, López-López D. Footwear used by older people and a history of hyperkeratotic lesions on the foot. *Medicine (Baltimore)* [Internet]. 2017 Apr [cited 2018 Nov 13];96(15):e6623. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28403112>
163. Menz HB, Roddy E, Marshall M, Thomas MJ, Rathod T, Peat GM, et al. Epidemiology of Shoe Wearing Patterns Over Time in Older Women: Associations With Foot Pain and Hallux Valgus. *Journals Gerontol Ser A Biol Sci Med Sci* [Internet]. 2016 Dec [cited 2018 Nov 13];71(12):1682–7. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26834078>
164. Branthwaite H, Chockalingam N, Greenhalgh A. The effect of shoe toe box shape and volume on forefoot interdigital and plantar pressures in healthy females [Internet]. 2013 [cited 2018 Nov 17]. Available from: <http://www.jfootankleres.com/content/6/1/28>
165. Anderson J, Williams AE, Nester CJ. A narrative review of musculoskeletal problems of the lower extremity and back associated with the interface between occupational tasks, feet, footwear and flooring. *Musculoskeletal Care* [Internet]. 2017 Dec [cited 2018 Nov 13];15(4):304–15. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28032439>
166. Hendry GJ, Brenton-Rule A, Barr G, Rome K. Footwear Experiences of People With Chronic Musculoskeletal Diseases. *Arthritis Care Res (Hoboken)* [Internet]. 2015 Aug [cited 2018 Nov 13];67(8):1164–72. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25604616>

167. Menz HB, Dufour AB, Casey VA, Riskowski JL, Mclean RR, Katz P, et al. Foot Pain and Mobility Limitations in Older Adults: The Framingham Foot Study. *Journals Gerontol Med Sci Cite J as J Gerontol A Biol Sci Med Sci Adv Access Publ.* 2013;68(10):1281–5.
168. Um G-M, Wang J-S, Park S-E. An analysis on muscle tone of lower limb muscles on flexible flat foot. *J Phys Ther Sci [Internet].* 2015 Oct [cited 2018 Nov 13];27(10):3089–92. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26644650>
169. Karimi MT, Fereshtehnejad N, Pool F. The Impact of Foot Insole on the Energy Consumption of Flat-Footed Individuals During Walking. *Foot Ankle Spec [Internet].* 2013 Feb 5 [cited 2018 Nov 13];6(1):21–6. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22956661>
170. Ng SK, Cicuttini FM, Davis SR, Bell R, Botlero R, Fitzgibbon BM, et al. Poor general health and lower levels of vitality are associated with persistent, high-intensity low back pain and disability in community-based women: A prospective cohort study. *Maturitas [Internet].* 2018 Jul 1 [cited 2018 Nov 18];113:7–12. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29903650>
171. Kendall JC, Bird AR, Azari MF. Foot posture, leg length discrepancy and low back pain--their relationship and clinical management using foot orthoses--an overview. *Foot (Edinb) [Internet].* 2014 Jun [cited 2017 Jun 9];24(2):75–80. Available from: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0958259214000121>
172. Wimmelmann CL, Hegelund ER, Folker AP, Just-Østergaard E, Osler M, Mortensen EL, et al. Prospective Associations of the Short Form Health Survey Vitality Scale and Changes in Body Mass Index and Obesity Status. *J Obes [Internet].* 2018 [cited 2018 Nov 18];2018:3671953. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30155289>
173. Pita-Fernandez S, Gonzalez-Martin C, Seoane-Pillado T, Pertega-Diaz S, Perez-Garcia S, Lopez-Calvino B. Podiatric medical abnormalities in a random population sample 40 years or older in Spain. *J Am Pod Med Assoc.* 2014;104(6):574–82.
174. Menz HB, Dufour AB, Katz P, Hannan MT. Foot pain and pronated foot type are associated with self-reported mobility limitations in older adults: The framingham foot study. *Gerontology.* 2016;62(3):289–95.

-
175. Otsuka R, Yatsuya H, Miura Y, Murata C, Tamakoshi K, Oshiro K, et al. [Association of flatfoot with pain, fatigue and obesity in Japanese over sixties]. *Nihon Koshu Eisei Zasshi* [Internet]. 2003 Oct [cited 2018 Nov 13];50(10):988–98. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14639960>
 176. Arjella R, van Scheppingen EM, de VKC j. m, ten HGI j. m, ZEHBW van M. Motivations for Health and Their Associations With Lifestyle, Work Style, Health, Vitality, and Employee Productivity. *J Occup Environ Med* [Internet]. 2014 May 1 [cited 2018 Nov 18];56(5):540–6. Available from: <https://insights.ovid.com/pubmed?pmid=24806567>
 177. WHO. Obesidad y sobrepeso [Internet]. [cited 2018 Dec 6]. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
 178. Aranceta-Bartrina J, Serra-Majem L, Foz-Sala M, Moreno-Esteban B, Colaborativo SEEDO G, Barbany M, et al. Prevalencia de obesidad en España * El Grupo Colaborativo Español para el Estudio de la Obesidad está formado por los siguientes miembros: J. Aranceta [Internet]. *460 Med Clin (Barc)*. 2005 [cited 2018 Dec 7]. Available from: <http://www.doyma.es>
 179. González AP. Evidencia científica de los métodos de medición de la altura del arco del pie. 2014.

Producción científica

- López-López, D., Vilar-Fernández, J. M., Barros-García, G., Losa-Iglesias, M. E., Palomo-López, P., Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R., & Calvo-Lobo, C. (2018). Foot Arch Height and Quality of Life in Adults: A Strobe Observational Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(7), 1555. <http://doi.org/10.3390/ijerph15071555>
- 49 Congreso Nacional de Podología. 5 y 6 de Octubre de 2018, Santiago de Compostela.
- “Biomecánica de la postura, marcha y carrera”. 1-3 de Junio de 2018, Fuengirola (Málaga).
- “The Podiatry Institute: 2º taller de técnicas quirúrgicas”. 23-26 de Agosto de 2017, Vigo.
- “Director de instalaciones de radiodiagnóstico”. 21-23 de Abril de 2017 CONSENUR-INFOCITEC, Vigo.
- “2ª Taller de técnicas quirúrgicas y disección del pie”. 17 y 18 de Marzo de 2017, Vigo.
- “Interpretación analítica de los marcadores bioquímicos en infecciones de tejidos blandos”. 18 de Febrero de 2017, UCM (Madrid).

- “Jornadas Gallegas de Podología: patología del primer radio”. 18 y 19 de Noviembre de 2016, Santiago de Compostela.

Anexos

Anexo A: formulario de recogida de datos.

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA
Escola Internacional de Doutoramento

Tesis Doctoral:
Impacto de la altura del arco en la calidad de vida en adultos.

Criterios de exclusión verificados:

Trauma previo severo en el pie que modifique su morfología, historial de cirugía osteoarticular en el pie previo, deformaciones o alteraciones en el pie distintas a la altura del arco, negativa a firmar el consentimiento informado y/o incapacidad a la hora de comprender las instrucciones del estudio y llevarlo a cabo.

Número de cuestionario: Filiado en base de datos:
Filiado en podograma:

Género: H / M

Edad:

Nº Calzado: INDICE DEL ARCO

Longitud del pie: cm.

Altura: m.

Peso: Kg. IMC:

Antecedentes médicos y quirúrgicos:

1 / 5

Anexo B: formulario de consentimiento informado.

**Formulario de consentimiento informado para la participación
en la Tesis "Impacto de la altura del arco en la calidad de vida en
adultos".**

Nombre y apellidos: _____.

Dni: _____.

Declaro:

- Que el Podólogo Gonzalo Barros García (Col. 715) me ha pedido mi consentimiento para la participación en un estudio destinado a la elaboración de la Tesis Doctoral "Impacto de la altura del arco en la calidad de vida en adultos".
- Que esto implica la recogida de manera anónima de datos de filiación, antecedentes médicos y quirúrgicos, número de calzado, longitud del pie, altura, peso y la cumplimentación del formulario "Cuestionario del estado de salud del pie" (Foot Health Status Questionnaire, en su versión original), para su tratamiento informático mediante programas estadísticos.
- Que me han explicado y comprendo que significa que la investigación haya sido aprobada por el Comité de Investigación y Ética de la Universidade da Coruña, (número de expediente CE 27/2016).
- Que he preguntado y me han aclarado todas mis dudas en lenguaje claro y sencillo, y que me han mostrado y explicado todas los formularios y mediciones en los que consiste el estudio.
- Que comprendo que puedo revocar mi consentimiento en cualquier momento del proceso, tanto antes de la recogida de datos, como durante la misma.
- Además doy mi consentimiento para que se realicen fotografías durante las mediciones, manteniendo mi identidad oculta y con fines académicos o científicos.

Y en tales condiciones

CONSIENTO

En participar en el estudio "Impacto de la altura del arco en la calidad de vida en adultos".

En A Coruña a __ de _____ de 20 __.

El podólogo:

El paciente:

Anexo C: formulario de protección de datos.**DOCUMENTO INFORMATIVO PARA PACIENTES SOBRE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL**

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley Orgánica 15/1999, de 13 de diciembre, de Protección de Datos de Carácter Personal (LOPD), se le informa acerca de los siguientes puntos:

- **GONZALO BARROS GARCIA** es, a los efectos de la LOPD, Responsable del Fichero en el que se incluirán los datos por usted facilitados. La dirección del Responsable del Fichero es Carretera de Circunvalación, 8 3º D, 15002, A Coruña (A Coruña).
- Los datos facilitados a **GONZALO BARROS GARCIA** se integrarán en un fichero responsabilidad del mismo, fichero que se encuentra debidamente inscrito en el Registro General de Protección de Datos de la Agencia Española de Protección de Datos, y el tratamiento y almacenamiento de tales datos está sujeto a la normativa establecida en la Ley de Protección de Datos de Carácter Personal 15/1999 y su Reglamento de desarrollo 1720/2007.
- La finalidad para la que se recaban los datos será la correspondiente en cada caso concreto, pero tendrá por objeto gestionar el servicio prestado por la clínica al paciente dentro del marco de la relación existente entre ambos y/o fines académicos o científicos.
- Respecto de los datos personales recabados, se respetará en todo momento el principio de calidad recogido en el art.4 LOPD, esto es, serán adecuados, pertinentes y no excesivos en relación con el ámbito y la finalidad para la que se obtienen.
- El paciente podrá ejercitar los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición en los términos establecidos en la LOPD dirigiéndose a **GONZALO BARROS GARCIA** en Carretera de Circunvalación, 8 3º D, 15002, A Coruña (A Coruña).

El Director y Responsable de Seguridad :

Nombre del paciente: _____.

DNI : _____.

En A Coruña a ___ de _____ de 20__.

Anexo D: informe del Comité de Ética.



COMITÉ DE ÉTICA DA INVESTIGACIÓN
UNIVERSIDADE DA CORUÑA



CE 27/2016

**INFORME
DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA UNIVERSIDAD DE A CORUÑA**

El Comité de Ética de la Universidad de A Coruña (CE-UDC), reunido en sesión ordinaria de 28 de noviembre de 2016, y una vez estudiada la documentación presentada por D. Daniel López López, codirector de la Tesis Doctoral que, bajo el título "*Impacto de la altura del arco del pie en la calidad de vida en adultos*", se encuentra realizando D. Gonzalo Barros García, estima que el estudio presentado para la elaboración de su memoria doctoral respeta las exigencias y los principios éticos y la normativa jurídica aplicables.

Por todo lo anterior, acordó por unanimidad, en el ámbito de sus competencias,
INFORMAR FAVORABLEMENTE

La viabilidad del estudio a realizar por el doctorando D. Gonzalo Barros García.

El Comité de Ética de la Universidad de A Coruña velará por el respeto de las exigencias y los principios éticos y la normativa jurídica aplicables durante el desarrollo del correspondiente estudio de investigación.

Y para que conste a los efectos oportunos, firma el presente informe en A Coruña, a 28 de noviembre de 2016.




Comité de Ética
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

Fdo.: Rafael Colina Garcia
Presidente del CE-UDC



Article

Foot Arch Height and Quality of Life in Adults: A Strobe Observational Study

Daniel López-López ¹ , Juan Manuel Vilar-Fernández ², Gonzalo Barros-García ¹,
Marta Elena Losa-Iglesias ³ , Patricia Palomo-López ^{4,*} ,
Ricardo Becerro-de-Bengoa-Vallejo ⁵ and Cesar Calvo-Lobo ⁶

¹ Research, Health and Podiatry Unit, Department of Health Sciences, Faculty of Nursing and Podiatry, Universidade da Coruña, 15403 Ferrol, Spain; daniellopez@udc.es (D.L.-L.); gonzalo_barros@yahoo.es (G.B.-G.)

² Modeling, Optimization and Statistical Inference Research Group, Universidade da Coruña, 15071 A Coruña, Spain; juan.vilar@udc.es

³ Faculty of Health Sciences, Universidad Rey Juan Carlos, 28922 Alcorcón, Spain; marta.losa@urjc.es

⁴ University Center of Plasencia, Universidad de Extremadura, 10600 Plasencia, Spain

⁵ Facultad de Enfermería, Fisioterapia y Podología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, Spain; ribebeva@ucm.es

⁶ Nursing and Physical Therapy Department, Faculty of Health Sciences, Universidad de León, Ponferrada, 24401 León, Spain; ccall@unileon.es

* Correspondence: patibiom@unex.es

Received: 14 June 2018; Accepted: 19 July 2018; Published: 23 July 2018



Abstract: Background: Variations in the foot structure related with the high or low arch are identified common lower limb conditions, and it is supposed to be the effect on the quality of life (QoL) associated to foot health in adults. Here we aimed to determine the relationships between relatively high and low feet arches and QoL. Methods: A cross-sectional study was carried out. Among 138 adults enrolled in the study, 66 had a high arch, 21 had a low arch, and 51 were within the normal range. Changes related to the foot structure were analyzed using Area Calc version 2.6 software, and data obtained using the Foot-Health-Status-Questionnaire (FHSQ), whose domains were compared between foot arch groups by means of the one-way analysis of variance (ANOVA). Results: The results of the FHSQ comparison between the three groups within the sample population did not show any statistically significant difference ($p > 0.05$) for any domains of specific foot (pain, function, general health and footwear) and general (general health, physical activity, social function and vigor) health-related QoL. Conclusions: Specific foot and general health-related QoL did not seem to be influenced by the foot arch height between high, normal and low feet arches heights. Nevertheless, further studies with higher sample sizes and matched-paired groups should be carried out.

Keywords: adult; flatfoot; foot disease; flat foot; quality of life

1. Introduction

The foot structure performs a key role in maintaining gait posture and balance. Therefore, most common variations in foot structure result in orthopedic conditions. Relatively high (cavus foot, talipes foot or pes cavus) or low (flatfoot or pes planus) medial longitudinal arches (MLAs) can result in musculoskeletal disorders affecting the lower limb and foot function [1–4].

Although the prevalence of foot structure problems has been reported as 46% to 80% in clinical practice and institutional settings [5,6], how foot structure problems affect functional impairment and foot and ankle pain in the adult population has been poorly studied.

Furthermore, the MLA is a complex structure, whose development is influenced by sex, type of footwear, use of shoes, walking barefoot, and body mass index (BMI), which might affect balance, flexibility, and stability in the foot [7,8]. A decreased arch increase the risk of hallux valgus, hammer or overlapping toes, medial tibial stress syndrome, patellofemoral pain, metatarsalgia, hallux rigidus, Taylor's bunion, and lower back pain [9–12]. An increased arch might lead to difficulty in putting on footwear, hammertoes, metatarsalgia, sesamoiditis, plantar heel pain, corns and keratosis, ankle sprains, and stress fractures [13–16].

These changes in foot structure are associated with high cost, increased economic burden, and represent a serious public health concern because of the necessity of surgery and associated pain in other regions (lower limb, hip, and knee), as well as gait disturbance, risk of falling, and neurological alterations [17–19].

The relationship between QoL and foot health problems in adults has been poorly studied. Here we aimed to determine whether relatively high and low feet arches affect quality of life (QoL). We hypothesized that variations in foot structure would negatively affect QoL.

2. Materials and Methods

2.1. Design and Sample

A cross-sectional study was carried out. A total of 138 adults (18–64-year-old) part in this descriptive observational investigation carried out at a private podiatric medicine & surgery center where give a treat of foot and ankle disorders in the city of A Coruña, localized in the northwest of Spain during thirteen months, since February 2016–March 2017.

Study participants were selected using a non-randomized and successive sampling technique. The mean age of the participants was 46.20 ± 11.37 years. The inclusion criteria were: >18-year-old; healthy adults without medical problems; and providing informed consent. The exclusion criteria were: Trauma in the lower limb, previous history of foot and limb surgery, neurological problems, autoimmune disease, loss of partial autonomy in daily life activities, pharmacotherapy, refusal to provide written consent, and inability to following the research guidelines.

2.2. Procedure

All podiatric medical examinations, measurements, and controls from recorded were made by an only the identical experienced medical podiatry using the same protocol. First, every subject was consulted about their medical status, including age, sex, actual and previous activities sporting, medical history and family history, and other conditions problems.

The second step was an anthropometric assessment of features, which included height, weight, and BMI [20].

Next, we determined the footprint of each participant using the photopodogram method [21]. This tool consists of painting the sole of the foot with paper developer liquid and asking each participant to stand in a bipedal position on white paper on a flat horizontal area for 60 s [22]. The footprints thus obtained were analyzed using AreaCalc v2.6 software [21]. This method has been shown to be reliable, with an intraclass correlation coefficient of 0.96–0.99 [21,23]. Next, following the protocol by Cavanagh and Rodgers, we determine the index arch in three types of the foot, which included low arch (<0.21), normal arch (0.21–0.26), and high arch (>0.26) [22]. In a final step, subjects were asked to complete the Foot-Health-Status-Questionnaire (FHSQ) [22]. This validated tool on QoL is intended to measure foot condition on a scale from zero (poorest) to one-hundred (best) [24]. Also, the FHSQ contains three sections, with four domains or subscales for each section. The first includes foot pain, foot function, footwear, and overall foot health. The second assesses general health, physical activity, social capacity, and vigor. The third collects socio-demographic data and medical records. This instrument recorded an upper degree validity with alfa of Cronbach 0.89–0.95 and upper retest reliability with an intraclass correlation coefficient of 0.74–0.92 [25].

2.3. Ethical Considerations

The Institutional Research and Ethical Committee at the public University of Coruña approved this study (C.E. 27/2016). We adhered to the principles of the Declaration of Helsinki always and all participants provided informed consent before being enrolled in our research.

2.4. Sample Size Calculation

The sample frame was analyzed using Clinical Epidemiology Research software, University of Coruña (<http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/9muestras2.asp>) [26]. The statistical treatment was based on adults living in the city of Coruña, Northwest Spain, with an estimated population of ~150,000 adults.

Considering a two-tailed test, an alfa level of 0.05, a desired might analysis of 95% with a beta level of 20%, a precision of 4% for proportion of 50% ($p = 0.5$), and calculating a loss of healthy adults of 15%, we estimated that at least 114 subjects should be analyzed. A total of 138 adults people participated in this observational research.

2.5. Statistical Analysis

The IBM software package IBM SPSS statistical software (Version 22.0, IBM Corp., Armonk, NY, USA) for Windows was used to analyze the data. Categorical data were shown as frequencies and percentages, while quantitative data were described as mean and standard deviation (SD), according to the Shapiro-Wilk normality test. For the quantitative variables, between-group comparisons were performed by the one-way analysis of variance (ANOVA) for independent samples. The Chi-Squared test (χ^2) was used for categorical data. FHSQ scores were obtained from the FHSQ Data Analysis Software (Version 1.03, Care Quest, Brisbane, Australia). In all the analyses, $p < 0.05$ (with a 95% confidence interval) was considered statistically significant.

3. Results

A total of 138 participants completed all research stages. Demographic and social characteristics are shown in Tables 1 and 2, respectively. No significant sociodemographic differences ($p > 0.05$) were found between groups, except for sex distribution ($p < 0.001$).

Table 1. Demographic characteristics of the sample population.

Demographic Characteristics	Total Group Mean (SD) 95% CI N = 138	Low Arch Mean (SD) 95% CI N = 66	Normal Arch Mean (SD) 95% CI N = 51	High Arch Mean (SD) 95% CI N = 21	One-Way Anova p-Value (F Statistic)
Sex, f/m (%)	106/32 (76.8/23.2) *	45/21 (62.8/31.8) *	48/3 (94.1/5.9) *	13/8 (61.9/38.1) *	<0.001 (13.955) **
Age (years)	46.20 (11.370) 44.29–48.12	47.29 (10.834) 44.25–50.34	44.85 (11.437) 42.04–47.66	47.81 (2.719) 42.14–53.48	0.726 (0.864)
Weight (kg)	71.359 (14.478) 68.922–73.796	67.696 (13.600) 66.983–65.000	72.273 (14.724) 68.653–75.892	77.381 (13.912) 71.047–83.715	0.080 (1.453)
Height (cm)	1.661 (0.092) 1.645–1.676	1.644 (0.088) 1.620–1.669	1.670 (0.093) 1.645–1.692	1.674 (0.097) 1.630–1.719	0.111 (1.384)
BMI (kg/m ²)	25.756 (4.148) 25.058–26.454	24.940 (4.041) 23.803–26.076	25.817 (4.187) 24.788–26.847	27.546 (3.871) 25.784–29.308	0.604 (1.004)

Abbreviations: ANOVA, analysis of variance; BMI, body mass index; f, female; SD, standard deviation. In all the analyses, $p < 0.05$ (with a 95% confidence interval) was considered statistically significant. * Frequencies and percentages were used. ** Chi-squared test and χ^2 statistic were used.

Table 2. Social characteristics of the sample population.

SocioDemographic Characteristics	Subcategory	Total Group n (%) N = 138	Low Arch n (%) N = 51	Normal Arch n (%) N = 66	High Arch n (%) N = 21	Chi-Squared p-Value (χ^2)
Education level	I. primary	5 (3.6)	1 (0.7)	2 (1.4)	2 (1.4)	0.890 (3.613)
	C. primary	25 (18.1)	9 (6.5)	12 (8.7)	4 (2.9)	
	Secondary	42 (30.4)	16 (11.6)	20 (14.5)	6 (4.3)	
	Degree	43 (31.2)	18 (13.0)	20 (14.5)	5 (3.6)	
	S. degree	23 (16.7)	7 (5.1)	12 (8.7)	4 (2.9)	
Professional activity	Student	2 (1.4)	2 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	0.112 (12.996)
	freeland	25 (18.1)	6 (4.3)	16 (11.6)	3 (2.2)	
	employed	92 (66.7)	39 (28.3)	39 (28.3)	14 (10.1)	
	unemployed	10 (7.2)	4 (2.9)	4 (2.9)	2 (1.4)	
	Retired	9 (6.5)	0 (0.0)	7 (5.1)	2 (1.4)	
Civil status	Single	19 (13.8)	7 (5.1)	8 (5.8)	4 (2.9)	0.413(8.207)
	divorced	9 (6.5)	3 (2.2)	5 (3.6)	1 (0.7)	
	widowed	6 (4.3)	4 (2.9)	2 (1.4)	0 (0.0)	
	couple	35 (25.4)	16 (11.6)	17 (12.3)	2 (1.4)	
	married	69 (50.0)	21 (15.2)	34 (24.6)	14(10.1)	

Abbreviations: C, complete; I, incomplete; S, superior. In all the analyses, $p < 0.05$ (with a 95% confidence interval) was considered statistically significant.

The results of the FHSQ comparison between the three groups within the sample population did not show any statistically significant difference ($p > 0.05$) and are shown in Table 3.

Table 3. Comparisons of F.H.S.Q scores for the cases and control groups.

Domains F.H.S.Q	Total Group Mean (SD) 5% CI N = 138	Low Arch Mean (SD) 95% CI N = 66	Normal Arch Mean (SD) 95% CI N = 51	High Arch Mean (SD) 95% CI N = 21	One-Way Anova p-Value (F Statistic)
Foot pain	70.99 (23.18)	67.44 (25.41)	73.16 (21.52)	72.77 (22.58)	1.481
	67.09–74.89	60.29–74.59	67.87–78.45	62.49–83.05	0.070
Foot function	77.49 (27.79)	74.39 (29.61)	71.23 (26.50)	84.23 (27.29)	1.047
	72.81–82.17	66.06–82.72	71.23–84.26	71.80–96.65	0.439
Footwear	46.62 (30.18)	41.67 (28.92)	46.46 (32.09)	59.13 (23.99)	0.899
	41.54–51.70	33.53–49.80	38.57–54.35	48.20–70.05	0.673
Foot health	48.17 (27.00)	42.84 (27.59)	51.71 (26.89)	50.00 (24.98)	1.244
	43.63–52.72	35.08–50.60	45.10–58.31	38.63–61.37	0.207
General health	65.65 (23.71)	65.88 (26.09)	66.67 (22.42)	61.90 (22.27)	0.997
	61.66–69.64	58.54–73.22	61.16–72.18	51.77–72.04	0.515
Physical activity	82.45 (23.21)	77.12 (28.28)	85.27 (20.10)	86.51 (16.16)	1.297
	78.54–86.35	69.17–85.08	80.33–90.21	79.15–93.86	0.164
Social function	81.43 (21.79)	79.17 (24.96)	82.58 (20.32)	83.33 (18.26)	0.857
	77.76–85.10	72.15–86.19	77.58–87.57	75.02–91.64	0.738
Vigor	52.26 (20.35)	50.74 (22.00)	53.31 (17.55)	52.68 (24.81)	1.381
	48.84–55.69	44.55–56.92	49.00–57.63	41.39–63.97	0.112

Abbreviations: F.H.S.Q, Foot Health Status Questionnaire; SD, standard deviation. In all the analyses, $p < 0.05$ (with a 95% confidence interval) was considered statistically significant.

4. Discussion

Here we aimed to determine the relationship between having relatively high or low arched feet and QoL. This was achieved using a self-reported FHSQ in the adult population. Our alternative hypothesis has shown to be refused and the foot arch height (high, normal and low arch) did not seem to be related to QoL impairments related to the foot and overall health.

Previously to comparing the findings in this sections, it is worth showing that the various groups are meaningful in the adults and representative with anterior reports in the literature review that have

associated with MLA with non-symptomatic foot [27], plantar pressure, and foot arch height [28,29], children and impact of MLA [30], concluding that changes in MLA can lead to health problems.

By definition, the volunteers with various degrees of MLA were classified according to the protocol designed by Cavanagh and Rodgers [22] related to index arch, in agreement with previous studies that have analyzed these factors to show standard assessment of this condition and contributed to medical diagnostic and medical treatment of the foot problems [31,32].

Thus, the relationship between FHSQ values showed similar findings with the high, normal or low arch of the participants. Despite there were not statistically significant differences between foot arch height, in the first section present lower scores in the footwear and foot health domains suggesting that adults could experience more foot problems in terms of can putting shoes and believe that their feet are in a poor state of health, without differences as regards MLA [33–36], highlighting the importance of regular foot checks in this population.

Too, in the second section, this subjects presented lower points in the vigor may be related to restriction in the day a day to realizing sports activities and these findings are similar to other research.

This study has several limitations. Notably, this research resulted many people from another place in the world. A random sampling design would have increased the power of this study. Also, the impact of other cultural factors and the economic status on MLA-related QoL could have been included. Lastly, although a sample size calculation was carried out, consecutive sampling bias should be considered, and a simple randomization sampling process would be better for future studies. Finally, due to our sample showed statistically differences in sex distribution and the number of participants in each group was not balanced, further studies with higher sample sizes and matched-paired groups should be carried out. Therefore, variations in foot structure related to MLA may be an important issue and requires further research to identify the best interventions for preventing and controlling limb problems in this population.

5. Conclusions

Specific foot and general health-related QoL did not seem to be influenced by the foot arch height between high, normal and low feet arches heights. Nevertheless, further studies with higher sample sizes and matched-paired groups should be carried out.

Author Contributions: D.L.-L., J.M.V.-F., G.B.-G., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., P.P.-L. and C.C.-L. conceived and designed the experiments; D.L.-L., G.B.-G., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., C.C.-L., performed the experiments; D.L.-L., J.M.V.-F., G.B.-G., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., and C.C.-L., analyzed the data; D.L.-L., J.M.V.-F., G.B.-G., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., P.P.-L. and C.C.-L., contributed reagents/materials/analysis tools; D.L.-L., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., P.P.-L. and C.C.-L., Writing-Original Draft Preparation, D.L.-L., J.M.V.-F., G.B.-G., R.B.-d.-B.-V., M.L.-I., P.P.-L. and C.C.-L. Writing-Review & Editing.

Acknowledgments: All people that participated in this research.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Hossain, P.M.; Naushaba, H.; Ashfaque, R.M.; Choudhury, S.S. Types of Foot Arch of Adult 2 Bangladeshi Male. *Am. J. Med. Sci. Med.* **2013**, *1*, 52–54. [[CrossRef](#)]
2. Knapik, J.J.; Trone, D.W.; Tchandja, J.; Jones, B.H. Injury-Reduction Effectiveness of Prescribing Running Shoes 4 on the Basis of Foot Arch Height: Summary of Military Investigations. *J. Orthop. Sport Phys. Ther.* **2014**, *44*, 805–812. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Pita-Fernández, S.; González-Martín, C.; Seoane-Pillado, T.; López-Calviño Pértega-Díaz, S.; Gil-Guillén, V. Validity of Footprint Analysis to 8 Determine Flatfoot Using Clinical Diagnosis as the Gold Standard in a Random Sample Aged 40 Years and 9 Older. *J. Epidemiol.* **2015**, *25*, 148–154. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
4. Tong, J.W.K.; Kong, P.W. Association between Foot Type and Lower Extremity Injuries: Systematic Literature 11 Review With Meta-analysis. *J. Orthop. Sport. Phys. Ther.* **2013**, *43*, 700–714. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

5. Abegaz, B.A.; Awoke, D.G. Factors affecting foot arch development in Northern Ethiopia. *Anatomy* **2017**, *11*, 26–29. [CrossRef]
6. Pauk, J.; Ezerskiy, V.; Raso, J.V.; Rogalski, M. Epidemiologic factors affecting plantar arch development in 15 children with flat feet. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2012**, *102*, 114–121. [CrossRef] [PubMed]
7. Kirby, K.A. Foot and Lower Extremity Biomechanics IV: Precision Intricast Newletters 2009–2013. 2013. Available online: <https://www.axon.es/axon/LibroFicha.asp?Libro=100438&T=FOOT+AND+LOWER+EXTREMITY+BIOMECHANICS+IV%3A+PRECISION+INTRICAST+NEWSLETTERS%2C+2009-2013> (accessed on 20 July 2018).
8. Delgado, A.L.; Aguado, X.; Jiménez, O.E.; Mecerreyes, L.; Alegre, L.M. Foot morphology in Spanish school children according to sex and age. *Ergonomics* **2014**, *57*, 787–797. [CrossRef] [PubMed]
9. Hagedorn, T.J.; Dufour, A.B.; Riskowski, J.L.; Hillstrom, H.J.; Menz, H.B.; Casey, V.A.; Hannan, M.T. Foot Disorders, Foot Posture and Foot Function: The 22 Framingham Foot Study. *PLoS ONE* **2013**. [CrossRef] [PubMed]
10. Neal, B.S.; Griffiths, I.B.; Dowling, G.J.; Murley, G.S.; Munteanu, S.E.; Smith, M.M.F.; Barton, C.J. Foot posture as a risk factor for lower limb overuse injury: A 24 systematic review and meta-analysis. *J. Foot Ankle Res.* **2014**, *7*, 55. [CrossRef] [PubMed]
11. Yates, B.; White, S. The Incidence and Risk Factors in the Development of Medial Tibial Stress Syndrome 26 among Naval Recruits. *Am. J. Sports. Med.* **2004**, *32*, 772–780. [CrossRef] [PubMed]
12. Menz, H.B.; Dufour, A.B.; Riskowski, J.L.; Hillstrom, H.J.; Hannan, M.T. Foot posture, foot function and low back pain: The Framingham Foot Study. *Rheumatology* **2013**, *52*, 2275–2282. [CrossRef] [PubMed]
13. Maynou, C.; Szymanski, C.; Thiounn, A. The adult cavus foot. *EFORT Open Rev.* **2017**, *2*, 221–229. [CrossRef] [PubMed]
14. Burns, J.; Crosbie, J.; Hunt, A.; Ouvrier, R. The effect of pes cavus on foot pain and plantar pressure. *Clin. Biomech.* **2005**, *20*, 877–882. [CrossRef] [PubMed]
15. Helliwell, T.R.; Tynan, M.; Hayward, M.; Klenerman, L.; Whitehouse, G.; Edwards, R.H. The pathology of the 34 lower leg muscles in pure forefoot pes cavus. *Acta Neuropathol.* **1995**, *89*, 552–559. [CrossRef] [PubMed]
16. Korpelainen, R.; Orava, S.; Karpakka, J.; Siira, P.; Hulkko, A. Risk Factors for Recurrent Stress Fractures in 37 Athletes. *Am. J. Sports. Med.* **2001**, *29*, 304–310. [CrossRef] [PubMed]
17. Troiano, G.; Nante, N.; Citarelli, G.L. Pes planus and pes cavus in Southern Italy: A 5 years study. *Ann. Ist. Super. Sanita* **2017**, *53*, 142–145. [CrossRef] [PubMed]
18. Holmes, J.R.; Hansen, S.T. Foot and ankle manifestations of Charcot-Marie-Tooth disease. *Foot Ankle* **1993**, *14*, 476–486. [CrossRef] [PubMed]
19. Reilly, K.A.; Barker, K.L.; Shamley, D.; Sandall, S. Influence of Foot Characteristics on the Site of Lower Limb 43 Osteoarthritis. *Foot. Ankle. Int.* **2006**, *27*, 206–211. [CrossRef] [PubMed]
20. Centers of Disease Control. Body Mass Index: Considerations for Practitioners. CDC. 2011, 4. Available online: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Body+Mass+Index:+Considerations+for+46+Practitioners#3%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Body+mass+index:47+Considerations+for+practitioners#3> (accessed on 16 December 2016).
21. Elvira, J.L.L.; Vera-García, F.J.; Meana, M. Subtalar joint kinematic correlations with footprint arch index in race walkers. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **2008**, *48*, 225–234. [PubMed]
22. Cavanagh, P.R.; Rodgers, M.M. The arch index: A useful measure from footprints. *J. Biomech.* **1987**, *20*, 547–551. [CrossRef]
23. Elvira, V.G.F.J.; Meana, M.; García, J.A. Análisis biomecánico del apoyo plantar en la marcha atlética. relación entre la huella plantar, ángulos de la articulación subastragalina y presiones plantares. *Mot. Eur. J. Hum. Mov.* **2008**, *20*, 41–60.
24. Bennett, P.J.; Patterson, C.; Wearing, S.; Baglioni, T. Development and validation of a questionnaire designed to 1 measure foot-health status. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **1998**, *88*, 419–428. [CrossRef] [PubMed]
25. Bennett, P.J.; Patterson, C.; Dunne, M.P. Health-related quality of life following podiatric surgery. *J. Am. Podiatr. Med. Assoc.* **2001**, *91*, 164–173. [CrossRef] [PubMed]
26. Pita, F.S. Determinación del tamaño muestral. *Cad. Aten. Primaria* **1996**, *3*, 138–152.
27. Sarah, P.S.; Jinsup, S.; Andrew, P.K.; Jocelyn, F.H.; Smita, R.; Sherry, B.; Rajshree, M.H.; Howard, J.H. An Investigation of Structure, Flexibility, and Function Variables 8 that Discriminate Asymptomatic Foot Types. *J. Appl. Biomech.* **2017**, *33*, 203–210. [CrossRef]

28. Buldt, A.K.; Forghany, S.; Landorf, K.B.; Murley, G.S.; Levinger, P.; Menz, H.B. Centre of pressure characteristics in 10 normal, planus and cavus feet. *J. Foot Ankle Res.* **2018**, *11*, 3. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Periyasamy, R.; Anand, S. The effect of foot arch on plantar pressure distribution during standing. *J. Med. Eng. Technol.* **2013**, *37*, 342–347. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. López, L.D.; Bouza, P.M.L.Á.; Requeijo, C.A.; Saleta, C.J.L.; Bautista Casasnovas, A.; Tajés, F.A. The impact of foot arch height on quality of life in 6–12 year olds. *Colomb Medica* **2014**, *15*, 168–172.
31. Sánchez Ramirez, C. Caracterización Morfológica del Arco Plantar Longitudinal Medial del Pie en una 17 Población Chilena. *Int. J. Morphol.* **2017**, *35*, 85–91. [[CrossRef](#)]
32. Jimenez-Ormeño, E.; Aguado, X.; Delgado-Abellan, L.; Mecerreyes, L.; Alegre, L.M. Changes in Footprint with 19 Resistance Exercise. *Int. J. Sports Med.* **2011**, *32*, 623–628. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
33. Palomo-López, P.; Becerro-de-Bengoa-Vallejo, R.; Losa-Iglesias, M.E.; Rodríguez-Sanz, D.; Calvo-Lobo, C.; López, D. Footwear used by older people and a history of hyperkeratotic lesions on the foot: A prospective 22 observational study. *Medicine* **2017**, *96*, 6623. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
34. López-López, D.; Martínez-Vázquez, M.; Losa-Iglesias, M.E.; Calvo-Lobo, C.; Rodríguez-Sanz, D.; Palomo-López, P.; Becerro, B.V.R. Foot health-related quality of life among 24 elderly with and without lesser toe deformities: A case–control study. *Patient Prefer. Adherence* **2018**, *12*, 25. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
35. Rodríguez-Sanz, D.; Tovaruela, C.N.; López-López, D.; Palomo-López, P.; Romero-Morales, C.; Navarro-Flores, E.; Calvo-Lobo, C. Foot disorders in the elderly: A mini-review. *Dis. Mon.* **2017**, *8*. [[CrossRef](#)]
36. López, D.L.; Losa, I.M.E.; Becerro de Bengoa Vallejo, R.B.; López, P.P.; Ponce, Á.M.; Medrano, A.S.; Tajés, F.A. Optimal choice of footwear in the 29 elderly population. *Geriatr. Nurs.* **2015**, *36*, 458–461. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]



© 2018 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).