

# ¿Penaliza el tipo de suelo en la prueba de agilidad-velocidad de las FFAA?

Godoy-López J. R.<sup>1</sup>

*Sanid. mil. 2022; 78 (2): 82-88, ISSN: 1887-8571*

## RESUMEN

**Introducción:** La agilidad-velocidad es una de las cualidades más importantes para el militar. El test empleado para su evaluación en las Fuerzas Armadas (FFAA) se desarrolla habitualmente en asfalto. El tipo de superficie es un elemento que puede influir en la marca y en la posibilidad de sufrir una lesión. El objetivo de este estudio es analizar cómo afecta la superficie y su estado al resultado de la prueba.

**Material y método:** Se realizó un estudio descriptivo con control de un grupo, formado por 30 alumnos de la Escuela Central de Educación Física.

Durante 2 días, separados 48 horas, realizaron la prueba de agilidad-velocidad tres veces en cinco superficies distintas (asfalto, hormigón, sintético, hierba y tierra) en seco un día y en mojado el otro. La pausa entre cada recorrido era de 9' y entre cada superficie de 12'. Tres cronometradores experimentados registraron el mejor tiempo empleado en cada superficie.

**Resultados:** Respecto al asfalto, las marcas empeoraban en todas las superficies, de forma significativa ( $p < 0,01$ ) en hierba (+3,6%), asfalto mojado (+5,64%), hormigón pulido (+11,03%) y tierra (+21,1%), con tamaños del efecto moderado a grande ( $0,44 < r < 0,85$ ). Respecto al asfalto mojado, los tiempos también empeoraban, significativamente ( $p < 0,01$ ,  $0,36 < r < 0,86$ ) en hormigón pulido seco (+5,1%), tierra mojado (+6,32%), hierba mojado (+8,84%) y hormigón pulido mojado (+30,1%).

No se registró ninguna lesión.

**Conclusiones:** Los resultados obtenidos sugieren que, en cualquier condición climatológica, el asfalto es la superficie en la que mejor marca se obtiene en el test de agilidad-velocidad de las FFAA, aunque en mojado la pérdida de rendimiento es significativa.

**PALABRAS CLAVE:** agilidad, militares, test, rendimiento, superficie.

## Does the type of surface adversely affect the performance of the military speed agility test of the armed forces?

### ABSTRACT

**Introduction:** Agility is one of the most important qualities for the military members. The test performed for its evaluation in the Armed Forces is usually carried out on asphalt. The type of surface is an element that can influence the record and the possibility of injury. The objective of this study is to analyze how the surface and its condition affect the test result.

**Material and method:** A descriptive study was carried out with control of a group, made up of 30 students from the Central School of Physical Education.

During 2 days, 48 hours apart, they performed the agility-speed test three times on five different surfaces (asphalt, concrete, synthetic, grass and soil) in dry one day and in wet the other. The pause between each set was 9' and between each surface 12'. Three experienced timekeepers recorded the best time spent on each surface.

**Results:** Regarding asphalt, times registered worsened on all surfaces, significantly ( $p < 0.01$ ) on grass (+ 3.6%), wet asphalt (+ 5.64%), polished concrete (+11, 03%) and soil (+ 21.1%), with moderate to large effect sizes ( $0.44 < r < 0.85$ ).

Regarding wet asphalt, times also worsened, significantly ( $p < 0.01$ ,  $0.36 < r < 0.86$ ) in dry polished concrete (+ 5.1%), wet soil (+ 6.32%), wet grass (+ 8.84%) and wet polished concrete (+ 30.1%).

No injuries were recorded.

**Conclusions:** The results obtained suggest that, in any weather condition, asphalt is the surface on which the best time is obtained in the agility-speed test of the Armed Forces, although the loss of performance is significant when wet.

**KEY WORDS:** agility, military, test, performance, surface.

1. Juan Ramón Godoy López. Comandante de Infantería Escuela Central de Educación Física, Toledo.

**Dirección para correspondencia:** Comandante de Infantería Juan Ramón Godoy López. Escuela Central de Educación Física (Academia de Infantería), c/ Cuesta de S. Servando s/n 45071 Toledo. Email: jgodoylo@et.mde.es

Recibido: 28 de julio de 2021

Aceptado: 23 de agosto de 2021

doi: 0.4321/S1887-85712022000200005

## INTRODUCCIÓN

Los escenarios actuales en los que se van a desenvolver los militares pueden ser tanto simétricos (contra un ejército definido) como asimétricos (zonas urbanas con presencia de civiles y enemigo desconocido)<sup>1,2</sup>. El combate asimétrico se caracteriza por la combinación de movimientos lentos y rápidos, con un mayor número de sprints y cambios de dirección, movimien-

## ¿Penaliza el tipo de suelo en la prueba de agilidad-velocidad de las FFAA?

tos realizados a velocidad máxima con menores distancias de carrera y aumento de la frecuencia cardíaca media<sup>2</sup>.

La agilidad es la capacidad de minimizar el tiempo de transición de un patrón de movimiento a otro -cambios de dirección- incluyendo un componente cognitivo que deriva de la reacción frente a un estímulo externo<sup>3,4</sup>; además, en función de si el estímulo es conocido previamente o no, se puede distinguir entre agilidad planificada y reactiva<sup>5</sup>.

Esta cualidad se considera como uno de los factores críticos para que los combatientes aborden tareas de combate con eficacia<sup>6,7</sup>. No solo tiene influencia en el rendimiento físico del soldado, también existe una evidencia científica moderada de que un incremento del entrenamiento de la agilidad reduce los riesgos de lesión<sup>8,9</sup> y mejora los procesos cognitivos, como la memoria, la atención y la discriminación de estímulos<sup>10</sup>.

La Organización del Tratado del Atlántico Norte publicó el reglamento *Optimizing operational physical fitness*, en el que se hablaba de “preparación física operativa”, descrita como aquella preparación adecuada a los cometidos propios del militar que además previniese al personal de lesiones y las redujese<sup>11</sup>. Este documento hacía hincapié en la necesidad de evaluar la condición física del personal militar y, a tal efecto, recogía en un anexo las pruebas realizadas por los países que participaron en la redacción. Por paradójico que pueda parecer, pocos de estos países evaluaban la velocidad/agilidad.

En España, la evaluación de la condición física de los militares lleva realizándose desde 1927<sup>12,13</sup>. En esta evolución histórica siempre se ha realizado una prueba para medir la velocidad lineal. No obstante, en 2010, con la entrada en vigor de la Instrucción Técnica “Test General de Condición Física (TGCF)” para el Ejército de Tierra<sup>14</sup>, se empieza a utilizar el término de agilidad-velocidad, más acorde a la realidad del combate. Esta prueba, aunque no tiene en cuenta el componente cognitivo, sí los cambios de dirección.

Posteriormente, la Orden Ministerial (OM) 54/2014<sup>15</sup>, establecía las normas para el desarrollo de las pruebas físicas periódicas a realizar por todo el personal de las Fuerzas Armadas (FFAA), entre las cuales se incluye la evaluación de la velocidad mediante una prueba específica (circuito de agilidad-velocidad, [CAV]) para edades inferiores a cuarenta y cinco años.

Si bien los test realizados no se utilizan para registrar o predecir la posibilidad de sufrir una lesión, son útiles para establecer los mínimos necesarios para desarrollar una actividad física demandante y para encuadrar al personal de una forma más eficiente<sup>16</sup>. Según los últimos datos publicados por el Ministerio de Defensa<sup>17</sup>, en el año 2019, un 7,3% de las lesiones deportivas en las FFAA ocurren en las pruebas de evaluación de la condición física. Aunque no está determinado con exactitud ni el tipo de lesión, ni en qué pruebas y por qué motivo se han producido esas lesiones, dos de los test se basan en la carrera, que es la actividad normalmente asociada con una mayor incidencia lesional en esta población<sup>18</sup>. El rendimiento en estas modalidades depende, además de un calentamiento correcto, de dos aspectos esenciales inherentes a la superficie: la tracción y la amortiguación de la misma<sup>19</sup>. Ambas características hacen que la energía aplicada por el deportista en cada paso se disipe o se reutilice en mayor o menor medida. Una reutilización óptima de la energía se traducirá en un mejor aprovechamiento de la fuerza de impulso poste-

rior, lo que repercute en una mejor marca, en un menor desgaste físico y en la capacidad de poder prolongar esa actividad, disminuyendo la probabilidad de lesionarse<sup>20,21</sup>. Este último aspecto es fundamental para evitar daños en rodilla y tobillo, que suelen ser las regiones anatómicas donde más lesiones se producen en la población militar, junto a la región lumbar, tanto en personal desplegado en misiones internacionales como en territorio nacional<sup>16,18</sup>.

Pero además, la importancia de las marcas obtenidas reside en su repercusión en la vida profesional del militar, reflejándose en evaluaciones para el ascenso y la asignación de determinados destinos, o ante la posibilidad de iniciar un expediente para determinar si existe insuficiencia de condiciones psicofísicas, afectando fundamentalmente al personal no permanente<sup>15,22,23</sup>.

Evidentemente, para que exista una igualdad efectiva, los criterios de medición de las cualidades deben estar claramente establecidos. En el caso que nos ocupa, la prueba de agilidad-velocidad se realiza habitualmente en exteriores, debiendo situarse el circuito en una calle o superficie asfaltada regular y no deslizante<sup>15</sup>. Sin embargo, en función de dónde esté ubicada la base o acuartelamiento, las condiciones de realización pueden variar debido al clima o a la naturaleza del terreno.

El objetivo de este estudio es analizar cómo afecta la superficie en función del tipo de suelo y de la influencia meteorológica en la marca obtenida en el test de agilidad-velocidad.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un diseño cuantitativo descriptivo con control de un grupo seleccionado mediante un muestreo de conveniencia. En el estudio participaron 30 alumnos de la Escuela Central de Educación Física, cuyos datos antropométricos aparecen reflejados en la Tabla 1, habiendo sido seleccionados de entre cincuenta aspirantes mediante una batería de pruebas teóricas y físicas iniciales. Todos los sujetos pertenecían a diferentes unidades operativas de las FFAA, con una experiencia de 10 años de servicio de media (DT = 7).

**Tabla 1.** Características de los participantes en el estudio.

<i>n</i>	30
Edad (años aproximados)	32 ± 5
Peso Corporal (kg)	72,71 ± 11,84
Altura (m)	1,73 ± 0,08
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	24,26 ± 1,98

*Nota.* Datos reflejados en media ± desviación típica.

Como criterio de inclusión se consideró la ausencia de antecedentes de lesiones músculo-esqueléticas en tren superior, inferior o columna vertebral al menos durante los tres meses anteriores al estudio.

Se consideró criterio de exclusión, para cada superficie y condición, el no completar los tres recorridos estipulados conforme a la norma de ejecución técnica.

Todos los sujetos declararon por escrito que participaban en el estudio libremente y dieron su consentimiento para que sus

datos fueran incluidos en una base de datos anónima y utilizados para elaborar una estadística sobre el objetivo del presente estudio; por otra parte, se les aseguró que toda la información proporcionada sería tratada confidencialmente según la normativa de la LO 15/1999 de Protección de Datos de Carácter Personal. Además, dicho estudio fue desarrollado según las pautas éticas dictadas en la declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, para la investigación con seres humanos.

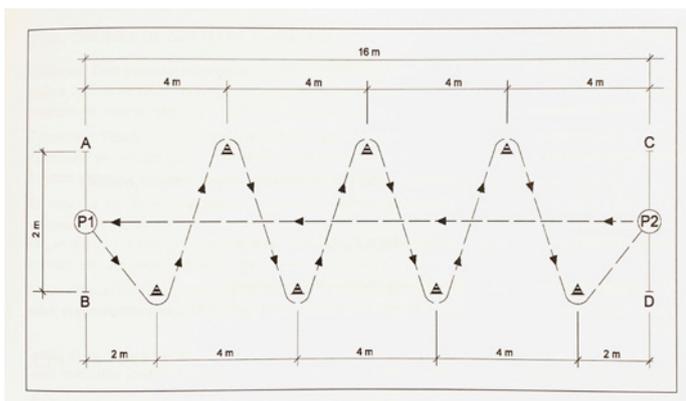
**Descripción de instrumentos**

- Consentimiento Informado (adaptado del ACSM<sup>24</sup>).
- Para las pruebas de evaluación física, se utilizaron:

Cronómetros Casio *HS-80TW-1EF* (CASIO COMPUTER CO., LTD. Tokyo 151-8543, Japón)  
 Cinta métrica de fibra de carrete *Freemans FM 013*. (FMI Limited Punjab, India)  
 Conos y pelotas de tenis.

**Descripción del diseño**

Los CAV (Figura 1) se realizaron en dos días diferentes separados entre sí 48 horas, iniciándose a la misma hora y con una temperatura exterior muy similar y homogénea (en torno a 18° C ambos días), en instalaciones de la Escuela Central de Educación Física (EGE, Toledo). El primer día se realizaba la prueba en seco y el segundo, en mojado. Previamente, los ejecutantes realizaban un calentamiento dirigido de 20 minutos, dividido en una parte genérica (5' basada en ejercicios de movilidad articular) y una parte específica (15' a base de estiramientos dinámicos y balísticos y tareas neuromusculares de fuerza y agilidad), similar al empleado en deportes de equipo<sup>25</sup>.



**Figura 1.** Esquema del CAV

Tras el calentamiento, cada participante realizaba tres veces cada circuito, en cada superficie (Figura 2) en el mismo orden (1° asfalto, 2° hormigón, 3° sintético, 4° hierba y 5° tierra). Entre cada repetición se dejaban 9' y entre cada superficie 12'. El orden de inicio en cada superficie se estipulaba de forma aleatoria, para asegurar los 9' de recuperación a cada alumno.



**Figura 2.** Superficies comparadas con asfalto (de izda. a dcha.: hormigón pulido -pista multideporte-, sintético -pista de atletismo-, hierba -campo de fútbol, corte a 3 cm- y tierra -circuito fondo-).

Tres cronometradores experimentados controlaban el tiempo de ejecución, ajustando a centésimas de segundo según la normativa de la Federación Internacional de Atletismo<sup>26</sup>. Se registró, por cada CAV, el mejor tiempo obtenido.

Para establecer las condiciones de mojado, se extrajeron los datos medios mensuales de lluvia en l/m<sup>2</sup> para esa localidad (Toledo) y día del año<sup>27</sup>, se llenaron recipientes con dicha cantidad y, previamente a la ejecución de cada recorrido, se repartió por la superficie mediante mochilas fumigadoras de la manera más homogénea posible.

Las variables analizadas fueron número de lesiones y tiempo de ejecución como variables dependientes cuantitativas, y superficie (asfalto, hormigón pulido, pavimento sintético, hierba y tierra) y estado (seco y mojado) como variables independientes cualitativas.

Se procedió al tratamiento y análisis de datos con el programa estadístico SPSS, versión 22.0 para Windows. Se utilizó la prueba Saphiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos, la de Levene para comprobar la homogeneidad de las varianzas, y el test de Kruskall-Wallis y la prueba de Mann-Whitney, tomando como referencias las superficies "Asfalto" y "Asfalto mojado", para el cálculo de diferencias significativas entre las medias de los resultados, considerando grupos independientes porque no todos los mismos participantes completaron todos los recorridos. Posteriormente se aplicó la corrección de Bonferroni, con un nivel de significancia de 0,01 (0,05/5). Se calculó el tamaño del efecto (0,1 = bajo, 0,3 = medio y 0,5 = alto) mediante la fórmula  $r = Z / \sqrt{N}$ <sup>28</sup>.

**RESULTADOS**

Los ejecutantes que finalmente completaron los tres recorridos estipulados en cada una de las superficies figuran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Participantes que completaron los tres recorridos por superficie.

	A	A <sub>m</sub>	S	S <sub>m</sub>	Hp	Hp <sub>m</sub>	H	H <sub>m</sub>	T	T <sub>m</sub>
n	26	28	25	28	27	27	26	27	25	27

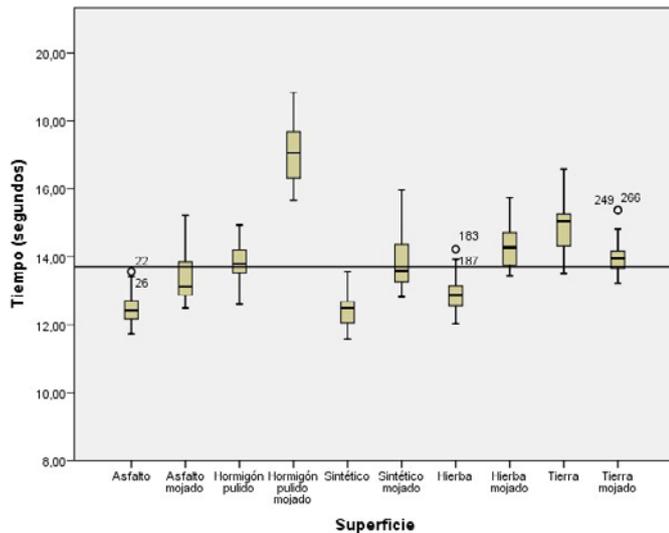
*Nota.* A (asfalto), S (sintético), Hp (hormigón pulido), H (hierba), T (tierra). <sub>m</sub> (mojado).

No se produjo ninguna lesión durante la realización del estudio.

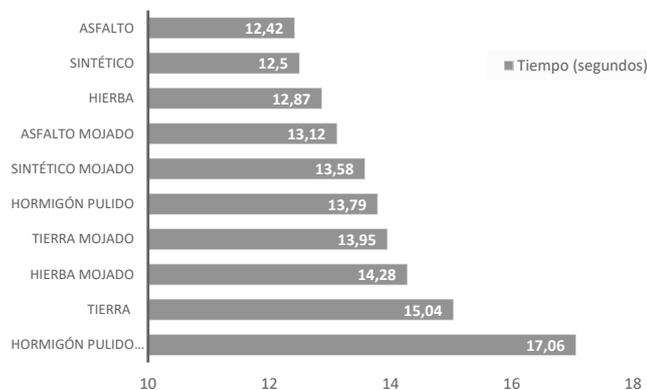
La Figura 3 muestra la distribución de las marcas en función del tipo de superficie.

Comparando idénticas superficies con climatología adversa (seco-mojado), se observa un empeoramiento de la marca en mojado, con la excepción de la prueba realizada en tierra.

## ¿Penaliza el tipo de suelo en la prueba de agilidad-velocidad de las FFAA?



**Figura 3.** Distribución de marcas obtenidas en función de la superficie



**Figura 4.** Relación de tiempos obtenidos en función de la superficie

Según la Figura 4, los mejores tiempos se consiguen en asfalto y en pavimento sintético, seguidos de los tiempos invertidos en hierba. Se observa la mayor pérdida de rendimiento en hormigón pulido mojado, tierra y hierba mojado. Los datos obtenidos para cada superficie se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Tiempos (segundos) por superficie.

	A	S	Hp	H	T
Seco	12,42 ± 0,61	12,50 ± 0,73	13,79 ± 0,79	12,87 ± 0,67	15,04 ± 0,98
Mojado	13,12 ± 1,04	13,58 ± 1,12	17,06 ± 1,40	14,28 ± 1,00	13,95 ± 0,56

*Nota.* Mediana (Me) ± rango intercuartil (IQR); A (asfalto), S (sintético), Hp (hormigón pulido), H (hierba), T (tierra).

El tiempo invertido en la realización del CAV se vio afectado significativamente en las superficies secas incluyendo asfalto mojado,  $H(5) = 95,84, p < 0,05$ . Igualmente, el tiempo invertido en la realización del CAV se vio afectado significativamente en las superficies mojadas incluyendo hormigón pulido seco,  $H(5) = 85,50, p < 0,05$ .

Comparando el asfalto, tanto seco como mojado, con el resto de superficies, se obtuvieron los datos reflejados en la Tabla 4.

**Tabla 4:** Comparativa entre las superficies.

Referencia	Superficie comparada	Variación en la marca (%)	U	r
Asfalto vs	Sintético	+ 0,60	316	-0,02
	Hierba	+ 3,60*	166	-0,44
	Asfalto mojado	+ 5,64*	92	-0,64
	Hormigón pulido	+ 11,03*	49	-0,74
	Tierra	+ 21,10*	4	-0,85
Asfalto mojado vs	Sintético m	+ 3,51	246	-0,31
	Hormigón pulido	+ 5,10*	221	-0,36
	Tierra m	+ 6,32*	191	-0,44
	Hierba m	+ 8,84*	118	-0,59
	Hormigón m	+ 30,10*	0	-0,86

*Nota.* \*  $p < 0,01$  corrección de Bonferroni (0,05/5)

Tomando “Asfalto” como referencia, se observó que los tiempos no fueron significativamente diferentes cuando se utilizaba pavimento sintético. Sin embargo, en el resto de superficies, los tiempos invertidos fueron significativamente peores en hierba, asfalto mojado, hormigón pulido y tierra, con tamaños del efecto de moderado a grande.

Siendo “Asfalto mojado” la referencia, los tiempos empeoraban cuando se utilizaba pavimento sintético mojado, aunque no existían diferencias significativas. Sin embargo, al igual que en seco, cuando se realizaba en el resto de superficies, los tiempos invertidos fueron significativamente peores en hormigón pulido seco, tierra mojado, hierba mojado y hormigón pulido mojado, con tamaños del efecto de moderado a grande.

## DISCUSIÓN

Este estudio fue diseñado para analizar la influencia del tipo de superficie en el tiempo de ejecución de la prueba de agilidad de las FFAA. La finalidad es la de proporcionar información válida a los tribunales evaluadores que permita adaptar la prueba del CAV a las características de los acuartelamientos y a las condiciones climatológicas.

Actualmente existe cierta controversia a la hora de analizar el rendimiento de agilidad, ya que los test que se usan para su evaluación suelen ser adaptados a cada especialidad deportiva y a la superficie de juego particular, con lo que no existen demasiados estudios que comparen los efectos de diferentes tipos de suelo sobre una misma prueba<sup>29</sup>.

Tampoco el test CAV coincide con otros test ampliamente utilizados en el mundo de la salud y el rendimiento. Sí se puede descomponer en una serie de acciones parecidas: 1) reacción frente a un estímulo conocido, 2) cambio de posición y giro de 153° (recorriendo 1,73 m), 3) aceleraciones de un cono a otro, separados entre sí 2,8 m, 4) deceleraciones con cambios de apoyo para sortear cada cono y última deceleración (1,73 m) con cambio de posición (de pie a agachado con tres apoyos) y de dirección y, por último 5) aceleración y velocidad lineal en la

parte final del recorrido de 16 m. Estos cambios de dirección y posición se asemejan a muchas de las acciones que se pueden observar en aquellos deportes en los que hay que desplazar el propio cuerpo ante la necesidad de reaccionar frente a un oponente y/o un objeto móvil, como los de contacto o en los que hay una pelota o balón en juego<sup>30</sup>.

En superficies secas, los resultados obtenidos en el presente estudio muestran que el rendimiento, de mayor a menor, se ha obtenido en asfalto, sintético, hierba, hormigón y tierra.

En una revisión sobre el rendimiento y las lesiones en tenis profesional y recreativo en las superficies siguientes: tierra batida, arena, sintética, asfalto, fieltro y alfombra caucho, el autor llegó a la conclusión de que la marca mejoraba de forma genérica en los suelos que menos deslizaban, al ser mayor la fuerza aplicada por los deportistas como consecuencia de un mayor coeficiente de tracción<sup>31</sup>. Una revisión posterior sobre el mismo deporte, ampliaba el estudio a un mayor número de pavimentos, incluyendo hierba natural y artificial, y hormigón, reforzando la hipótesis de mejora de rendimiento en superficies más duras<sup>32</sup>. Otro estudio posterior, en el que deportistas de diferentes especialidades completaban un test de agilidad de 20 m. sobre distintas superficies, indicaba que la dureza del suelo implicaba una mayor actividad neuromuscular, reflejándose en el resultado<sup>33</sup>.

Otro deporte que suele desarrollarse en suelos diferentes es el fútbol. Un estudio sobre la influencia de la superficie de juego en el rendimiento de futbolistas amateurs (con edades medias en torno a los 22 años) analizó varias pruebas de agilidad adaptadas al fútbol en tres superficies (tierra, césped natural y artificial), encontrando diferencias significativas entre la hierba natural (donde se obtuvieron los peores tiempos) y el resto de suelos<sup>34</sup>.

En un análisis sobre el rendimiento en una prueba de agilidad con niños en edad escolar en distintas superficies (sintéticas, hierba, tierra, hormigón y asfalto), los sujetos obtuvieron las mejores marcas en asfalto, seguidas de superficie sintética, tierra batida, hierba y hormigón<sup>35</sup>.

Nuestro estudio coincide con todos los anteriores en que la superficie más dura -asfalto seco- es en la que se obtienen las mejores marcas. Existen discrepancias en cuanto al resto de superficies, asemejándose sobre todo nuestros datos al trabajo realizado con los escolares, si bien la edad es muy distinta, así como el test. En nuestro caso, las diferencias existentes podrían explicarse por el tipo de pavimento: 1) la pista sintética era del material conocido vulgarmente como tartán y 2) la tierra no era batida; sin ser arena, no tenía el grado de compactación que pueden presentar los campos de juego de los estudios descritos, aunque ciertos investigadores indican que no existen diferencias significativas entre una y otra superficies en cuanto a agilidad se refiere<sup>20</sup>.

Si existen pocos estudios que analicen cómo varía el rendimiento deportivo en agilidad en función del tipo de suelo, apenas los hay que comparen idénticas superficies en condiciones climáticas opuestas, esto es, en seco y mojado; además, casi todos se refieren únicamente a lesiones y a deportes que se realizan en tierra o hierba, ofreciendo resultados contradictorios.

De forma genérica, en una revisión sobre lesiones del ligamento cruzado anterior, muy relacionadas con acciones de cam-

bios de dirección y deceleración, los investigadores encontraron que la influencia del clima seco (y, por extensión, el terreno de juego) favorecía la aparición de esta lesión<sup>36</sup>.

En rugby, se realizó durante una temporada un registro de las lesiones sufridas por los jugadores y la comparación posterior con el estado del terreno de juego. La conclusión a la que llegaron los autores fue que no había una asociación significativa estuviese el terreno seco o mojado<sup>37</sup>.

Otro estudio en el que se realizaron pruebas específicas de agilidad a futbolistas en terreno seco y mojado, afirmaba que no existían diferencias significativas en las marcas obtenidas en función del estado del campo<sup>38</sup>.

En tenis, un grupo de investigadores midió la tracción que se producía en un campo sintético en comparación con tierra batida en seco y mojada. Los mejores resultados los ofrecía la tierra mojada, seguida de tierra seca y suelo sintético<sup>39</sup>.

En nuestro estudio, comparando la misma superficie en uno y otro estado, se obtiene significativamente peor rendimiento en mojado (desde un 5 a un 20%) asemejándose a las pérdidas observadas en un estudio realizado en fútbol<sup>40</sup>; la excepción la constituye la tierra mojada respecto a seca, pero en este caso vendría explicado por la mayor compactación del suelo, coincidiendo con estudios ya comentados<sup>32-34</sup>.

Respecto a la relación entre marca obtenida en superficies distintas en seco y mojado, lo reflejado en nuestro estudio no coincide con los estudios mencionados sobre la tracción<sup>32-34</sup> aunque, de nuevo, puede deberse a que el tipo de suelo no es exactamente el mismo en ambos estudios.

No se han registrado lesionados durante la ejecución del estudio, siendo las bajas motivadas por una incorrecta ejecución, no por acumulación de fatiga, considerada como uno de los factores que pueden aumentar la probabilidad de sufrir una lesión en la población militar<sup>41</sup>. Trabajos recientes indican que una mejor preparación del soldado, medida en pruebas de evaluación de la condición física se traduce en una menor incidencia lesional<sup>42</sup>. En este sentido, el hecho de que los participantes tengan unas marcas superiores a la media del Ejército<sup>43</sup>, refuerza la evidencia moderada que relaciona un buen desempeño en agilidad con la disminución en la probabilidad de riesgo de lesión<sup>9</sup>.

### Limitaciones del estudio

Las principales limitaciones han sido los tipos de superficies analizadas, que presentaban muchos años de antigüedad y unas condiciones alejadas de los criterios técnicos actuales<sup>44</sup>; además, faltaría incluir otro tipo de superficie, que es el hormigón poroso. También hay que tener en cuenta que las instalaciones pueden ser distintas en función del acuartelamiento.

Respecto a los participantes en el estudio, el tamaño muestral no ha sido muy elevado y no se ha tenido en cuenta la percepción de los ejecutantes, que pudiera haber permitido obtener más información -aunque subjetiva- sobre el índice de fatiga. Tampoco se ha considerado el tipo de calzado.

En estudios futuros se necesitaría proporcionar recomendaciones prácticas en la línea avanzada por este documento, haciéndolas extensibles a otras unidades de las FFAA. Además, sería necesario analizar la posible incidencia lesional de esta prueba.

## CONCLUSIONES

La superficie en la que se desarrolla la prueba de agilidad-velocidad es determinante en la marca obtenida, existiendo grandes diferencias en función del tipo del suelo y de la climatología.

El mayor rendimiento en la prueba se obtiene en una superficie asfaltada seca (en su significado literal) ateniéndose estrictamente al criterio establecido por la Orden Ministerial. En caso de que por cualquier circunstancia no se pudiese realizar sobre asfalto seco, otra opción válida sería utilizar pavimento sintético, del empleado en las pistas de atletismo, ya que el incremento en el tiempo empleado en el test es irrelevante.

Las condiciones climatológicas adversas afectan significativamente al resultado, traduciéndose en una pérdida de rendimiento. Sin embargo, si no se dispone de instalaciones a cubierto pavimentadas en asfalto o material sintético, es preferible realizar la prueba en asfalto mojado -asumiendo en torno a un 5% del incremento de la marca- antes que en hormigón pulido seco, suelo habitual en las superficies cubiertas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Comandante D. David Paredes López, al Alférez D. Javier García Martínez, al Brigada D. Roberto Rodrigo Domínguez, y al XXXIII Curso de Monitores de Educación Física de la Escuela Central de Educación Física por hacer posible este estudio.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ryan A. About the bears and the bees: Adaptive responses to asymmetric warfare. En: Minai A, Braha D, Bar-Yam Y (eds.). *Unifying Themes in Complex Systems*. Berlin: Springer 2010:588-5.
- Clemente-Suárez VJ, Robles-Pérez JJ. Mechanical, physical, and physiological analysis of symmetrical and asymmetrical combat. *J Strength Cond Res*. 2013;27(9):2420-6.
- Sheppard JM, Young WB. Agility literature review: Classifications, training and testing. *J Sports Sci*. 2006;24(9):919-32.
- Paul DJ, Gabbett TJ, Nassis GP. Agility in team sports: Testing, training and factors affecting performance. *Sports Med*. 2016;46(3):421-42.
- Eke C, Stirling L. Effect of rater expertise on subjective agility assessment. En: International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. Cham: Springer, 2017:3-14.
- Robson S, Lytell M, Sims C, Pezard S, Manacapilli T, Anderson A, et al. Fit for duty?: evaluating the physical fitness requirements of battlefield airmen. *Rand Health Q*. 2018;7(2):1-46.
- Huang HC, Nagai T, Lovalekar M, Connaboy C, Nindl BC. Physical fitness predictors of a warrior task simulation test. *J Strength Cond Res*. 2018;32(9):2562-8.
- Dijkema I, Perry S, Zimmermann W, Lucas C, Stuiver M. Effects of agility training on body control, change of direction speed and injury attrition rates in Dutch recruits: A pilot study. *J Mil Veterans Health*. 2019;27(2):28-40.
- De la Motte SJ, Lisman P, Gribbin TC, Murphy K, Deuster PA. Systematic review of the association between physical fitness and musculoskeletal injury risk: part 3-Flexibility, power, speed, balance, and agility. *J Strength Cond Res*. 2019;33(6):1723-35.
- Lennemann LM, Sidrow KM, Johnson EM, Harrison CR, Vojta CN, Walker TB. The influence of agility training on physiological and cognitive performance. *J Strength Cond Res*. 2013;27(12):3300-9.
- OTAN TR-HFM-080. *Optimizing operational physical fitness*. Research and Technology Organization, 2009.
- Rodríguez JL. La evaluación física en el Ejército de Tierra. *Ejército*. 2011;847:41-50.
- García JM. Análisis de la evolución histórica de la evaluación de la aptitud física en el Ejército de Tierra español. *EmásF*. 2012;6:46-54.
- Instrucción Técnica 03/10. *Test General de la Condición Física*. Mando de Adiestramiento y Doctrina del Ejército de Tierra, 2010.
- Orden Ministerial 54/2014, de 11 de noviembre, por la que se establecen las pruebas físicas periódicas a realizar por el personal de las Fuerzas Armadas. *BOD* 19-11-2014, nº 226, pag. 27637.
- Molloy JM, Pendergrass TL, Lee IE, Hauret KG, Chervak MC, Rhon DI. Musculoskeletal injuries and United States Army readiness. Part II: Management challenges and risk mitigation initiatives. *Mil Med*. 2020;185(9-10):e1472-80.
- Estadística de accidentes en las Fuerzas Armadas 2019. [Internet]. Recuperado a partir de: <https://publicaciones.defensa.gob.es/estadistica-de-accidentes-en-las-fuerzas-armadas-2019.html>
- Wise SR, Trigg SD. Optimizing health, wellness, and performance of the tactical athlete. *Curr Sports Med Rep*. 2020;19(2):70-75
- Stefanyshyn D, Wannop J. Sports surfaces and performance. En: Dixon S, Fleming P, James I, Carre M (eds.). *The Science and Engineering of Sport -Surfaces*. New York: Routledge 2015:118-130.
- Katkat, D. Ergonomic sport surfaces in terms of life-long sports. *Life Sci J*. 2013;10(12s):288-92.
- Gallardo L, García-Unanue J, Haxaire P, Villacañas V, Colino E, Sánchez-Sánchez J. Effect of extrinsic factors and structural components on sport functionality of artificial turf surfaces. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol*. 2019;233(1):135-44.
- Ruiz, MG. Pruebas físicas, ¿para qué? *Rev Gen Mar*. 2016; 270(5): 909-17.
- Ley 39/2007, de 19 de noviembre, de la carrera militar. *BOE* 20-11-2007, nº 278, pag. 47336.
- Thompson PD, Arena R, Riebe D, Pescatello LS. ACSM's new preparticipation health screening recommendations from ACSM's guidelines for exercise testing and prescription. *Curr Sports Med Rep*. 2013;12(4):215-7.
- Sadigursky D, Braid JA, De Lira DNL, Machado BAB, Carneiro RJF, Colavolpe PO. The FIFA 11+ injury prevention program for soccer players: a systematic review. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 2017;9(1):1-8.
- Reglamento de competición y técnico (ed. 2020) World Athletics. [Internet]. Recuperado a partir de: <https://bit.ly/2vdoEDu>.
- Estadística de las variables meteorofenológicas. *Estadística Anual* 2020. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). [Internet]. Recuperado a partir de: <https://bit.ly/3eZ1isj>
- Field A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. 3rd ed. London: 2009.
- Oliveira LDS, de Holanda VSB, de Brito-Gomes JL, Pontes NEC, de Souza GG, Aniceto RR, Pérez-Gómez J. Are there any differences in the agility performance tests among goalkeepers depending on the type of surface? A crossover study. *Hum Mov Sci*. 2019;20(4):59-67.
- Alfaro-Jiménez D, Salicetti-Fonseca A, Jiménez-Díaz J. Efecto del entrenamiento pliométrico en la fuerza explosiva en deportes colectivos: un metaanálisis. *Pensar en Movimiento* [Internet]. 2018;16(1):1-35. Recuperado a partir de: [https:// bit.ly/ 3mjx87E](https://bit.ly/3mjx87E).
- Nigg B. Injury and performance on tennis surfaces. The effect of tennis surfaces on the game of tennis. En: Werd MB, Knight LE y Langer PE (eds.). *Athletic Footwear and Orthoses in Sports Medicine*. Cham: Springer, 2017:285-92.
- Martin C, Prioux J. Tennis playing surfaces: The effects on performance and injuries. *J Med Sci Tennis*. 2016;21(1):11-9.
- Hales ME, Johnson JD. The influence of sport-field properties on muscle-recruitment patterns and metabolic response. *Int J Sports Physiol Perform*. 2019;14(1):83-90.
- Diez O, Burillo P. Influencia de la superficie de juego en el rendimiento de futbolistas amateurs: hierba natural, césped artificial y tierra. *AGON*, 2012;2(2):106-14.
- Konar A, Mondal S, Chatterjee S, Lahiri S. Shuttle run performance induced injury rates of school boys on different sport surfaces. *Eur Biophys J*. 2014;1(4):33.
- Alentorn-Geli E, Mendiguchia J, Samuelsson K, Musahl V, Karlsson J, Cugat R, et al. Prevention of anterior cruciate ligament injuries in sports-Part I: Systematic review of risk factors in male athletes. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2014;22(1):3-15.
- Lee AJ, Garraway WM. The influence of environmental factors on rugby football injuries. *J Sports Sci*. 2000;18(2):91-5.

38. Polito LFT, de Moura Carneiro Y, Moscaleski LA, Junior AJF, Zanetti MC, de Sá Pinto CG, et al. Shuttle run agility test in soccer athletes of under-10 category with dry and wet conditions field. *Int J Sports Sci.* 2017;7(2):45-9.
39. Clarke J, Carre MJ, Damm L, Dixon S. The development of an apparatus to understand the traction developed at the shoe-surface interface in tennis. *Proc Inst Mech Eng P J Sport Eng Technol.* 2013;227(3):149-60.
40. De Clercq D, Debuyck G, Sheets-Singer A, Gerlo J, Rambour S, Segers V, et al. Boot-turf interaction during a 180° cutting movement on artificial turf when wet and dry. In *Football Biomechanics*. En: Nunome H, Hennig E y Smith N (eds.). *Football Biomechanics*. London: Routledge, 2017:141-52.
41. Teyhen D, Bergeron MF, Deuster P, Baumgartner N, Beutler AI, de la Motte SJ, et al. Consortium for health and military performance and American College of Sports Medicine Summit: utility of functional movement assessment in identifying musculoskeletal injury risk. *Curr Sports Med Rep.* 2014;13(1):52-63.
42. Teyhen DS, Goffar SL, Shaffer SW, Kiesel K, Butler RJ, Tedaldi AM, et al. Incidence of musculoskeletal injury in US Army unit types: a prospective cohort study. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2018;48(10):749-57.
43. España, Ministerio de Defensa. MV3 -101. Manual del sistema de evaluación física individual del Ejército de Tierra 2010.
44. Durá JV, Gimeno S, Martínez A, Zamora T. Normalización de los equipamientos para el deporte: Seguridad y calidad en la gestión de instalaciones deportivas. *Ing Territ.* 2004;66:52-9.