UFLO UNIVERSIDAD

FACULTAD DE ACTIVIDAD FISICA Y DEPORTE

Evaluación de la eficacia de un sistema de entrenamiento de alta intensidad para mejorar la flexibilidad de la columna y miembros inferiores en adultos jóvenes (18-38 años) físicamente activos

Estudiante: **Fernández Bernard, Cecilia Hortensia**

Legajo: 26746

Director: Dr. Farinola, Martin Gustavo

Tesis para acceder al título de maestría en actividad física y deportes

2025

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

PARA LA PUBLICACIÓN DE OBRAS EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL DE LA UFLO UNIVERSIDAD

RIUFLO - *Repositorio Institucional de la Universidad de Flores* - fue creado para gestionar y mantener una plataforma digital de acceso libre y abierto para la difusión de la creación intelectual de la Universidad de Flores.

El autor cede a la Universidad de forma gratuita pero no exclusiva, los derechos de reproducción, de distribución y de comunicación pública de su obra, a través del RIUFLO. Por lo tanto, la Universidad adopta para los ítems allí depositados la Licencia Creative Commons atribución - no comercial - compartir igual 4-0 internacional y siempre requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría. De solicitar otras limitaciones, el autor podrá detallarlas en forma expresa o a través de la elección de otro modelo de Licencia.

Autorizo la publicación de la obra:

Desde la fecha: 2025

Dentro de los 6 meses posteriores a su aceptación

Otro plazo mayor detallar/justificar:

Lugar y fecha: CABA, 16 de junio de 2025

Firma y aclaración del autor:

Cecilia Hortensia Fernandez Bernard

UFLO
UNIVERSIDAD DE FLORES

13/06/2025, Buenos Aires

Miembros del COMITÉ ACADÉMICO

Maestría en Actividad Física y Deporte

Quien suscribe, Dr. Farinola, Martín Gustavo, como Director de la Tesis titulada *Evaluación de la eficacia de un sistema de entrenamiento de alta intensidad para mejorar la flexibilidad de la columna y miembros inferiores en adultos jóvenes (18-38 años) físicamente activos*, llevada a cabo por la maestranda Fernández Bernard, Cecilia Hortensia certifica que el proceso de investigación se encuentra finalizado. A partir de ello se solicita se desarrollen los mecanismos administrativos para la evaluación del Comité Académico.

Firma Director/a

Resumen

En la presente investigación se analizó la incidencia de un plan de entrenamiento conocido como Sistema de Flexibilidad Segura® sobre la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de hombres y mujeres de entre 18 y 38 años físicamente activos. El sistema en cuestión representa una modalidad innovadora de trabajo físico, que utiliza los métodos ya conocidos para el entrenamiento de la flexibilidad.

Para alcanzar este objetivo se adoptó un enfoque cuantitativo, de diseño pre-experimental, con una muestra de 19 alumnos de ambos géneros, que cursaban el Profesorado de Educación Física en una institución de CABA, quienes fueron elegidos mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. El entrenamiento duró tres meses, con sesiones de una hora con una frecuencia de dos veces por semana.

Los resultados obtenidos corroboraron la hipótesis principal, según la cual el entrenamiento basado en el SFS mejora significativamente la flexibilidad de columna y miembros inferiores de los participantes. Se observaron diferencias estadísticamente significativas en todas las pruebas físicas aplicadas (Sit and Reach, Spagat Frontal, Spagat Lateral Derecho e Izquierdo y Test de Flop), con un tamaño del efecto grande.

En todos los test aplicados se halló que el paso del tiempo y la continuidad del entrenamiento habían influido positivamente en la adquisición de la flexibilidad. Asimismo, se evidenció que el sexo había ejercido una interacción significativa con el tratamiento solo en la prueba Sit and Reach, donde las mujeres reportaron un mayor nivel de flexibilidad que los hombres. Por otra parte, no se encontraron relaciones significativas entre la flexibilidad de columna y miembros inferiores y la edad, el índice de masa corporal o el nivel de aptitud física, aunque sí se identificaron asociaciones significativas entre aquella variable y la longitud de segmentos o la talla en algunas de las pruebas realizadas.

Palabras clave: Sistema de Flexibilidad Segura – Flexibilidad – Columna – Miembros inferiores – Adultos jóvenes.

Área temática, Rama y Especialidad

Área temática: Ciencias de la actividad física

Rama: Fisiología del ejercicio

Especialidad: Evaluación Fisiológica

Tema: Entrenamiento de la flexibilidad en adultos jóvenes físicamente activos

UFLO
UNIVERSIDAD

Tabla de contenidos

1. Introducción……8

1.1 Formulación del problema……11

1.2 Antecedentes y relevancia cognitiva……11

1.2.1. Investigaciones sobre métodos de entrenamiento de la flexibilidad……12

1.2.2. Revisiones bibliográficas sobre la flexibilidad y su entrenamiento……18

1.2.3 Síntesis de los antecedentes……21

2. Marco Teórico……24

2.1. La flexibilidad como cualidad física……24

2.2. Flexibilidad y aptitud física……27

2.3. Entrenamiento de la flexibilidad……31

2.3.1. El entrenamiento desde la perspectiva del SFS……32

2.3.2 Factores que inciden en el desarrollo de la flexibilidad……33

2.4. La evaluación y la medición de la flexibilidad……35

3. Hipótesis……38

4. Objetivos……40

5. Materiales y diseño metodológico……42

5.1 Tipo de diseño……42

5.1.1 Procedimiento general……43

5.1.2 Descripción de los encuentros de entrenamiento mediante el SFS……43

5.2 Diseño del objeto……45

5.3 Matriz de coherencia interna de la propuesta de investigación……46

5.4. Instrumentos para la producción de datos……49

5.5 Universo y muestra……53

5.5.1 Criterios de selección de la muestra……53

5.6 Plan de tratamiento y análisis de los datos……54

6. Resultados……56

6.1 Descripción de la muestra……56

6.2 Evaluación de la efectividad del SFS……57

6.3 Influencia del paso del tiempo en el tratamiento……58

6.3.1 Sit and Reach……59

6.3.2 Test de Flop……60

6.3.3 Spagat Frontal……61

6.3.4 Spagat Lateral Derecho……62

6.3.5 Spagat Lateral Izquierdo……63

6.4 Relación entre la edad y la flexibilidad de los participantes……64

6.5 Diferencias de flexibilidad según sexo de los participantes……65

6.6 Relación entre la flexibilidad y el IMC……69

6.7 Relación entre longitud de segmentos, talla y flexibilidad……70

6.8 Relación entre flexibilidad y frecuencia de actividad física……73

7. Discusión……75

8. Limitaciones y futuras líneas de investigación……79

8. Conclusión……83

9. Referencias……84

1. Introducción

En el marco de la Maestría en Actividad Física y Deporte dictada en la Universidad de Flores (UFLO), y con el fin de optar a dicho título de posgrado, se realizó una investigación aplicada en el campo de la fisiología del ejercicio con el fin de discutir la eficacia de un sistema de entrenamiento de alta intensidad para mejorar la flexibilidad de adultos jóvenes físicamente activos.

En verdad, se trata de una modalidad de trabajo conocida como Sistema de Flexibilidad Segura®, en adelante SFS, que se difundió rápidamente en la última década desde su aparición en el ámbito local entre instructores y entrenadores físicos, pero que no cuenta con el respaldo científico suficiente que acredite su efectividad para alcanzar el propósito buscado[1].

La flexibilidad es una capacidad o cualidad[2] del cuerpo humano que condiciona la aptitud física y la salud de las personas (Gil Soares de Araújo, 2005), equiparable en importancia a las demás capacidades básicas de la motricidad: la fuerza, la velocidad y la resistencia (De la Reina Montero y Martínez de Haro, 2003). A su vez, y como ocurre con los componentes mencionados, la flexibilidad es entrenable, es decir, puede mejorarse mediante un plan de trabajo físico hasta alcanzar su mayor potencial (Muñoz Rivera, 2009).

En virtud de lo dicho, la flexibilidad favorece el movimiento corporal, aun cuando sea subestimada y no se ejercite lo suficiente, muchas veces aduciendo que no tiene incidencia directa sobre el rendimiento físico-deportivo (Di Santo, 2000). De hecho, Gil Soares Araujo (2005) ha constatado que la cantidad de publicaciones sobre flexibilidad en la literatura sobre entrenamiento y salud física es notoriamente inferior a las que tratan sobre otras variables físicas como la potencia aeróbica máxima, la fuerza, la resistencia y la composición corporal. De allí que el autor citado afirme no sorprenderle que “la discusión sobre la valoración y prescripción de los ejercicios de flexibilidad sea a menudo general” (p. 3).

[1] Se accede al sitio Web oficial del SFS mediante el siguiente enlace: https://flexibilidadsegura.com/

[2] Tal como advierten De la Reina Montero y Martínez de Haro (2003), existe un debate teórico sobre el significado de ambos vocablos, pero, al igual que ellos, en este trabajo se utilizarán indistintamente por razones de simplificación terminológica.

Más aún, a la escasez de datos antes referida debe añadirse el hecho de que las publicaciones sobre el entrenamiento de la flexibilidad se muestran ambivalentes respecto de los métodos de trabajo más convenientes para mejorar dicha cualidad. A su vez, la ausencia de índices de flexibilidad de diferentes poblaciones, a partir de variables como la edad, el sexo o el tipo de deporte practicado, ha generado algunas dificultades metodológicas al momento de valorar e interpretar los resultados obtenidos cuando se pone a prueba algún programa específico de entrenamiento.

Por otra parte, el estado de incertidumbre que genera la falta de consenso sobre la validez y utilidad de las técnicas disponibles para entrenar la flexibilidad aumenta cuando se combinan diversas técnicas y modalidades en un mismo plan de entrenamiento, que es la propuesta que caracteriza al sistema de entrenamiento analizado en este trabajo.

En efecto, diversos autores han probado por separado o de manera independiente la eficacia de algunos métodos para desarrollar la flexibilidad, como el método activo estático (Haab et al., 2018), el activo dinámico (Sánchez-Sánchez et al., 2009; Behm et al., 2011), el pasivo (Irurtiaa et al., 2010; Nishikawa et al., 2015), el balístico (Pereira Bacurau et al., 2009) y la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP) (Portilla-Dorado et al., 2019). Pero no se tienen evidencias de los efectos que produciría la conjunción de dos o más de las modalidades antes mencionadas en un mismo plan de entrenamiento.

En este contexto, el SFS aparece como una propuesta innovadora, en tanto que utiliza, precisamente, los métodos ya conocidos para el entrenamiento de la flexibilidad a través de una modalidad de trabajo físico que incluye fuerza y control muscular, y en donde se combina la flexibilidad con contracciones isométricas concéntricas y excéntricas.

Ahora bien, tal como se ha dicho ya, el SFS no ha sido validado científicamente, es decir, no ha sido probada o justificada empíricamente su utilidad para mejorar la flexibilidad ni se ha determinado el tiempo necesario de entrenamiento para obtener mejoras significativas de dicha cualidad.

Por lo anterior es comprensible que tampoco haya datos acerca de si existen diferencias significativas en los resultados alcanzados tras la aplicación del SFS según diversas variables como el sexo, el tipo de disciplina deportiva o atlética de los participantes, en caso de que

tengan alguna, o si el nivel de flexibilidad obtenido se correlaciona con el nivel de actividad física, la edad, la altura e incluso la longitud de segmentos.

De todo lo dicho, entonces, surge que la evaluación empírica del SFS es fundamental para contar con datos objetivos que convaliden su uso y confirmen que es un instrumento apto para mejorar la flexibilidad. En tal sentido, los resultados de este trabajo beneficiarán tanto a profesores de Educación Física como a entrenadores, cuya tarea principal es guiar, dirigir y asistir el entrenamiento y acondicionamiento físico de diversos grupos poblacionales con diferentes niveles de entrenamiento.

Además, conviene precisar que, si bien se decidió poner a prueba el SFS en una población estudiantil del nivel terciario, a saber, alumnos del Profesorado de Educación Física del ISEF n° 1, Dr. Enrique Romero Brest (CABA) por motivos de conveniencia metodológica -criterio de accesibilidad-, los datos podrían servir de base para futuros estudios, con otras poblaciones de diferente perfil socio-demográfico, físico y clínico.

Finalmente, resta consignar los propósitos buscados con esta investigación:

- Aportar un enfoque de entrenamiento innovador sobre la flexibilidad, en el sentido de que el SFS constituye una propuesta que contrasta notoriamente con los métodos clásicos o tradicionales, pero cuya validez reconoce y de los cuales se sirve para generar una modalidad de trabajo combinada o mixta.
- Contribuir con el desempeño profesional de instructores y entrenadores físicos en general, ampliando sus posibilidades de trabajo mediante una propuesta de entrenamiento de la flexibilidad que puede combinarse con otros componentes de la aptitud física.
- Concientizar a los profesores de Educación Física y licenciados en Actividad Física y Deporte sobre el valor e importancia del entrenamiento de la flexibilidad en relación a la aptitud física y el cuidado de la salud (con diferentes niveles de entrenamiento).
- Mostrar a los entrenadores y deportistas amateurs o profesionales la validez de un sistema de entrenamiento de la flexibilidad que podría modificar cualitativamente su forma habitual de entrenar dicha capacidad física.
- Promover la reflexión sobre la relación entre la flexibilidad y la salud.

1.1 Formulación del problema

¿Cuál es la incidencia de un plan de entrenamiento basado en el Sistema Flexibilidad Segura (SFS) sobre la flexibilidad de la columna y los miembros inferiores en hombres y mujeres físicamente activos, de entre 18 y 38 años de edad, luego de un periodo de 3 meses de entrenamiento?

1.2 Antecedentes y relevancia cognitiva

En este apartado se busca sintetizar el estado de conocimiento en torno al entrenamiento de la flexibilidad en las Ciencias del Deporte y la Actividad Física. Para la búsqueda de antecedentes se revisaron diferentes bases de datos: Latindex, Base-Search, Google Scholar, Redalyc, Dialnet, Researchgate y PubMed, teniendo como criterios de inclusión aquellos artículos o publicaciones científicas de acceso abierto, escritos en portugués, español o inglés en el periodo 2005-2024.

Los términos o palabras clave de acceso fueron: flexibilidad, evaluación, estiramiento, entrenamiento, sistema de flexibilidad segura, miembros inferiores, columna. Se excluyeron aquellos estudios realizados en el ámbito de la salud -hospitales y clínicas-, los estudios de caso único, los que tenían un diseño observacional o no experimental, y aquellos en los que participaran sujetos con una lesión física o con patología crónica de origen músculo-esquelético. También se obviaron las tesis o trabajos académicos presentados para optar por títulos de grado o pregrado y los que usaban como estrategia de análisis cuantitativo solo estadísticos descriptivos.

A continuación, se ofrece una sinopsis de los estudios más relevantes en relación con los objetivos de esta investigación. Los mismos se agruparon de la siguiente manera: en primer lugar, aparecen los estudios cuyo diseño metodológico implicó un trabajo de campo y en donde se midió la efectividad de algún método de entrenamiento de la flexibilidad -diseños experimentales-; en segundo lugar, se exponen los resultados de importantes revisiones bibliográficas que se efectuaron sobre el tema de la flexibilidad y su entrenamiento.

1.2.1. Investigaciones sobre métodos de entrenamiento de la flexibilidad

1.2.1.1. Paredes-Gómez y Potosí-Moya (2023) analizaron los efectos del entrenamiento con ejercicios nórdicos sobre la flexibilidad de la musculatura isquiotibial en deportistas de la Federación Deportiva de Imbabura (Ecuador), practicantes de diversas disciplinas: fútbol, básquet, atletismo, taekwondo y escalada deportiva. Del experimento participaron 60 deportistas varones, con una edad de 19±1,8, divididos entre el grupo control (31) y el grupo experimental (29). Ellos fueron evaluados antes y después del estímulo mediante el Sit and Reach. El grupo control mantuvo su entrenamiento habitual, en tanto que el grupo experimental recibió un protocolo estandarizado de ejercicios nórdicos durante 7 semanas, adicional a su entrenamiento de rutina.

Los resultados demuestran que los ejercicios nórdicos mejoran la flexibilidad, puesto que se evidenció un aumento significativo de la misma (p=<0,05) en el grupo experimental entre la evaluación inicial y final a diferencia de lo ocurrido en el grupo control (p=>0,05). Con todo, cabe aclarar que cuando se analizaron las diferencias entre disciplinas dentro del grupo experimental, solo los deportistas de escalada y atletismo habían registrado cambios significativos (p=<0,05) tras el tratamiento. Tal hallazgo fue valorado positivamente, en tanto que son disciplinas que demanda un importante rango de movimiento para la realización del gesto deportivo.

1.2.1.2. Ciurlizza Escobar et al. (2023) estudiaron el efecto a corto plazo de las técnicas de deslizamiento neurodinámico (TDN) en la flexibilidad de los músculos isquiosurales (IS) de 16 futbolistas universitarios varones, con edades comprendidas entre los 18 y 26 años, divididos en dos grupos: el que recibió la intervención basada en TDN para miembros inferiores y el grupo control, que recibió una terapia placebo. La variable de resultado fue la Flexibilidad Isquiosural Máxima (FIM), para cuya medición se usaron goniómetros que permitieron registrar la elevación de las piernas con la rodilla extendida, antes, al finalizar la intervención y luego de 15 minutos.

En el análisis estadístico de la Flexibilidad Isquiosural Máxima (FIM) se empleó la prueba t de Student para muestras independientes, mostrando que el Grupo Experimental (GE) incrementó la flexibilidad con una media de 18,2 ± 10,2º en comparación al Grupo Control (GC) con una media de 1,8 ± 8º. La diferencia significativa fue de 16,4º (p < 0,001), con un

tamaño del efecto grande (d de Cohen= 1,8). De esta manera, se concluyó que la TDN mejora la flexibilidad a corto plazo de los IS. Además, mediante la t para muestras emparejadas se efectuaron comparaciones intragrupales, las cuales fueron significativas solo para el grupo experimental (p<0,001), ya que en el grupo control se confirmó la hipótesis nula (p=0,397), lo que demuestra que el protocolo placebo no generó cambios importantes en los sujetos. Análogos resultados se hallaron al analizar el efecto en la flexibilidad de los IS del miembro inferior derecho e izquierdo por separado. El aumento de flexibilidad fue significativo en cada caso sólo en el grupo experimental.

1.2.1.3. Warneke et al. (2023) investigaron si la flexibilidad de los flexores plantares dependía de la duración y el volumen del entrenamiento de estiramiento durante 6 semanas. La muestra estuvo formada por 80 sujetos de ambos sexos con edad promedio=26.4 (± 4.6) años, quienes fueron divididos en cuatro grupos, que realizaron un entrenamiento de estiramiento diario de 10 min (IG10), 30 min (IG30) y 1 h (IG60) y un grupo de control (GC). La flexibilidad se midió en la articulación de la rodilla flexionada y extendida. Para realizar el estiramiento se les proporcionó una ortesis de estiramiento de los músculos de la pantorrilla. La intensidad del estiramiento se controló mediante un goniómetro, el cual también se utilizó para determinar el ángulo que representa el valor inicial durante la prueba previa.

Se realizaron dos procedimientos de prueba para investigar el rango de movimiento en el tobillo superior con la articulación de la rodilla flexionada y extendida. El rango de movimiento con la articulación de la rodilla flexionada se evaluó mediante el goniómetro en la ortesis (ORTH) y el rango de movimiento con la articulación de la rodilla extendida se evaluó utilizando el estiramiento de la rodilla a la pared (KtW).

Los resultados mostraron mejoras significativas en la flexibilidad en los tres grupos de intervención a través del KtW (d = 0,97-1,49, p < 0,001) y a través de ORTH (d = 0,38-1,27, p < 0,001) en comparación con GC. Sin embargo, no se registraron diferencias significativas entre los grupos de intervención (p = 0,09-0,99) en el KtW, pero sí cuando se midió el ROM a través de ORTH (p = 0,001-0,03, d = 0,16-1,27).

1.2.1.4. Rezzonico (2022) evaluó la eficacia de un programa para el desarrollo de la flexibilidad en atletas de Boxeo y Muay Thai, en particular, el efecto sobre el rango de

movimiento articular y la producción de velocidad de los golpes rectos de puño. Se empleó un diseño preexperimental con una muestra no probabilística de 10 deportistas. Un sondeo preliminar evidenció que la flexibilidad era inferior en las áreas del tobillo, hombro y muñeca. El programa duró 6 semanas, e incluía el uso de los métodos dinámico, estático y FNP para el entrenamiento de dichas zonas. También se evaluaron las velocidades pico alcanzadas por los participantes en golpes de puño rectos lanzados al aire. La evaluación de los niveles de flexibilidad de los participantes se realizó mediante el método Flexitest, en tanto que la velocidad de ejecución de golpes rectos aislados y en combinaciones se midió con acelerómetros Hykso Punch Trackers.

Los resultados obtenidos mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los rangos articulares pre y post programa de entrenamiento de la flexibilidad en las articulaciones de tobillo y hombro. Por el contrario, no se observaron diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los gestos evaluados al medir la velocidad de los golpes rectos de puño. La fuerza de asociación resultó de baja a nula al correlacionar la flexibilidad y producción de velocidad de los gestos.

1.2.1.5. Takeuchi y Nakamura (2021) investigaron la duración óptima del estiramiento estático de alta intensidad en los isquiotibiales en una muestra de 14 varones sanos (20,8 ± 0,6 años; 170,7 ± 6,5 cm; 66,4 ± 9,9 kg) que se sometieron a estiramientos estáticos de alta intensidad durante tres duraciones diferentes (10, 15 y 20 s). La intensidad del estiramiento estático se estableció en el punto máximo de incomodidad. El experimento se prolongó tres semanas. Los participantes asistieron una vez a la semana para someterse a los estiramientos, cuya duración iba aumentando de una semana a otra.

Para examinar el cambio en la flexibilidad y la fuerza se midieron el rango de movimiento, el torque pasivo máximo, el torque pasivo relativo, la rigidez de la unidad músculo-tendón, el torque máximo de la flexión isocinética de la rodilla y el ángulo de la rodilla al torque máximo de la flexión isocinética de la rodilla. Para evaluar la evolución temporal del dolor se utilizó una escala de calificación numérica.

En sus resultados encontraron que el rango de movimiento ($p < 0,01$), el torque pasivo máximo ($p<0,01$) y el ángulo de la rodilla en el torque máximo aumentaron en todas las intervenciones. El torque pasivo relativo ($p < 0,01$) y la rigidez de la unidad músculo-

tendinosa (P<0,01) disminuyeron en todas las intervenciones. El torque máximo disminuyó después de 10 s de estiramiento (p<0,05). La escala de calificación numérica durante el estiramiento fue de 8 a 9 niveles en todas las intervenciones. El dolor desapareció inmediatamente después de las mediciones posteriores (mediana= 0).

Los resultados muestran que la rigidez de la unidad músculo-tendinosa disminuyó independientemente de la duración del estiramiento estático de alta intensidad. Sin embargo, el torque máximo de la flexión isocinética de la rodilla disminuyó después de 10 s de estiramiento estático de alta intensidad, aunque no hubo cambios después de más de 15 s de estiramiento.

1.2.1.6. Portilla-Dorado et al. (2019) estudiaron los cambios en la potencia del salto después de implementar dos programas de entrenamiento de la flexibilidad de la musculatura isquiosural[3] en deportistas de fútbol sala (n=23). Si bien los programas de entrenamiento tenían como objetivo directo modificar la potencia del salto, de modo indirecto se dirigían a mejorar la flexibilidad de la musculatura isquiosural[4]. La intervención se realizó durante ocho semanas, con tres sesiones semanales.

Se usó un diseño experimental con evaluaciones antes y después de la intervención. Las técnicas empleadas para el entrenamiento de la flexibilidad fueron la facilitación neuromuscular propioceptiva y el uso del rodillo de espuma. Los programas se ejecutaron durante el calentamiento de los deportistas previo a la fase central; el estímulo de entrenamiento de la flexibilidad tenía una duración de 15 min y un tiempo de ejecución por

[3] Nótese que los autores emplean el término flexibilidad para referirse a la musculatura isquiosural, lo que evidencia un uso lato, no propio o específico, de aquél término. Desde nuestra perspectiva, y como se muestra más adelante en el marco teórico, la flexibilidad involucra a las articulaciones y a los músculos. Estos últimos pueden estirarse o elongarse, fenómeno que suele denominarse mediante la expresión “elasticidad muscular”.

4 En este antecedente los autores prefieren el término isquiosural a isquiotibial. Si bien ambos son usados como sinónimos frecuentemente, es posible plantear una diferencia conceptual entre los mismos. Los músculos isquiotibiales son llamados así porque se sitúan en la parte posterior del muslo, y se extienden desde el hueso isquión de la pelvis a la tibia, en la pierna. Con todo, este conjunto de músculos debería llamarse isquiosural, palabra cuya composición léxica sirve para englobar a los músculos que se insertan en el isquión y se prolongan hasta la pantorrilla (*sural* – relativo a la pantorrilla). Así, pues, estos músculos no se extienden solo hasta la tibia, sino que también alcanzan al peroné, por lo que deberían llamarse isquiosurales. Frente al dilema de usar uno u otro término, en el apartado de antecedentes se decidió respetar la decisión de cada autor y no imponer el término más apropiado -musculatura isquiosural-, conforme la explicación ofrecida antes.

ejercicio de 30 s. Las pruebas de salto de los futbolistas se evaluaron con electromiografía de los isquiosurales y pruebas de flexibilidad antes y después de la intervención.

Se encontró un aumento significativo en la altura del salto con contramovimiento *(Counter Movement Jump,* CMJ) y del salto Abalakov en el grupo que utilizó el rodillo de espuma, en tanto que con la técnica de facilitación neuromuscular se logró un aumento en los valores del salto Abalakov y en el unipodal derecho en comparación con el grupo de control, con diferencias que presentaban significación estadística ($p<0,05$).

1.2.1.7 Haab et al. (2018) investigaron el efecto de un programa de entrenamiento de estiramiento estático estandarizado de 10 semanas sobre la flexibilidad y el inicio de actividad electromiográfica (actividad EMG) en adultos mayores y jóvenes. Una electromiografía permite conocer el grado de estiramiento que ha recibido un músculo. Por eso es que, cuando se estira un músculo, el reflejo consecuente se puede medir a través de una señal electromiográfica, también llamada actividad EMG. Un estiramiento muscular se puede considerar pasivo (sin actividad EMG) cuando la señal EMG no se mueve significativamente desde su valor basal. El inicio de EMG se define como la actividad EMG que se desvía significativamente de su línea de base.

Se realizaron estiramientos estáticos de los músculos isquiotibiales. La muestra estuvo compuesta por un total de 12 sujetos mayores (edad: 65,1 ± 7,9 años) y 13 adultos jóvenes (edad: 24 ± 4 años). Los participantes eran atletas recreativos, estaban libres de trastornos degenerativos diagnosticados del sistema músculo-esquelético, no tenían lesiones pasadas en los músculos isquiotibiales, y ninguno había realizado antes un programa regular de estiramiento.

El entrenamiento se efectuó 3 veces por semana (3 repeticiones de 60 s por cada miembro inferior), para lo cual los sujetos se paraban frente a una silla y colocaban la pierna para estirar sobre la misma. Luego debían doblar la parte superior del cuerpo hacia adelante hasta que se sintiera un intenso dolor en la parte posterior del muslo. Antes de la recolección de datos, se colocaron los electrodos de EMG. Hubo previamente un calentamiento de 3 min en un ergómetro de bicicleta (Ergo-Fit, Ergo 1500 Cycle) a una cadencia con 70 $rev \cdot min^{-1}$ (RPM) y un Watt por kilogramo de peso corporal (1 $W \cdot kg^{-1}$ PC). La

intensidad se basó en el nivel de rendimiento del grupo mayor. El ángulo articular se midió usando un potenciómetro integrado en el eje rotatorio del brazo de palanca.

No se encontraron diferencias significativas entre los adultos jóvenes y los adultos mayores, ni en el rango máximo de movimiento, ni en el inicio de EMG absoluto y relativo. El rango máximo de movimiento máximo mejoró como se esperaba en ambos grupos de edad. El inicio absoluto de EMG no difirió entre los grupos de edad y no cambió significativamente entre las mediciones previas y posteriores a la prueba. Además, el inicio relativo de EMG disminuyó en ambos grupos de edad entre las mediciones previas y posteriores a la prueba.

1.2.1.8 Nishikawa et al. (2015) evaluaron comparativamente el efecto inmediato del estiramiento pasivo y activo sobre la elasticidad de los isquiotibiales en tres sesiones. La muestra estuvo conformada por 54 sujetos jóvenes sanos, que fueron asignados aleatoriamente a uno de tres grupos (2 grupos de tratamiento y 1 grupo de control). La elasticidad se midió con el método AKET (active knee-extension test o prueba de extensión activa de rodilla), que tiene una alta fiabilidad. Los sujetos se colocaron en posición supina con la cadera y la rodilla derechas flexionadas a 90°, y su lordosis lumbar se sostuvo con un rodillo lumbar. Desde esa posición, se realizó la extensión de la rodilla. La rodilla se extendió hasta el punto de resistencia leve o justo por debajo del umbral del mioclono. El evaluador midió el ángulo de la rodilla (grados desde la extensión completa) en las tres sesiones usando un inclinómetro.

Los sujetos en el grupo de estiramiento pasivo extendieron la rodilla por un examinador mientras estaban acostados en posición supina con 90° de flexión de cadera. En la misma posición, los sujetos en el grupo de estiramiento activo extendieron su propia rodilla. Los estiramientos se realizaron en tres series del estiramiento asignado. Cada estiramiento se mantuvo durante 10 s en el punto donde se sintió la tensión en los músculos isquiotibiales, y luego la pierna se bajó lentamente (durante 10 s). Los sujetos en el grupo control no realizaron estiramientos.

Los resultados de este estudio demuestran que tanto el estiramiento activo como el pasivo fueron efectivos para mejorar la elasticidad de los isquiotibiales en comparación con el grupo de control. Además, el grupo de estiramiento pasivo mostró una mejora significativa en la flexibilidad en comparación con el grupo de estiramiento activo.

1.2.2. Revisiones bibliográficas sobre la flexibilidad y su entrenamiento

1.2.2.1 Fernández-Lázaro et al. (2022) realizaron una revisión sistemática con el objeto de recopilar la evidencia existente sobre el impacto que tiene en el sistema musculoesquelético de deportistas el uso del rodillo de espuma o Foam Roller (FR), un instrumento de liberación miofascial autoinducida, para aplicar presión de forma directa sobre la musculatura diana-, más precisamente los efectos del FR en el rango articular de movimiento (ROM), la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado (DOMS) en deportistas de alto rendimiento, mayores de edad, en ausencia de patologías agudas y/o crónicas.

Basándose en las directrices PRISMA, examinaron estudios indexados en Web of Science, Cochrane y PubMed, para evaluar Se incluyeron artículos originales publicados desde el 2018 hasta el 30 de septiembre de 2022, con diseño de ensayo controlado o pre-post intervención, en los que se comparó la intervención de FR con un grupo control. De los 141 registros identificados en la búsqueda, apenas 10 estudios cumplieron los criterios de inclusión y exclusión establecidos. Estos estudios muestran que el uso de FR por parte de deportistas de alto rendimiento genera mejoras significativas sobre el ROM y la flexibilidad, y efectos notablemente beneficiosos sobre el DOMS y la fuerza, sin efectos adversos en el tejido miofascial.

En cuanto a la flexibilidad, específicamente, se encontraron tres estudios que evaluaban los efectos del FR sobre esta cualidad en atletas de alto rendimiento. La investigación de Rey et al. (2019) demostró la eficacia del FR sobre la flexibilidad de columna lumbar y de Isquiotibiales de jugadores de fútbol; Richman et al. (2019) hallaron este efecto, pero en relación con la flexibilidad de los flexores de cadera, cuádriceps, aductores, tensor de la fascia lata, glúteos, isquiotibiales, flexores plantares y flexores dorsales. Sulowska-Daszyk y Skiba (2022) reportaron un aumento significativo ($p < 0,05$) de la flexibilidad en el tensor de la fascia lata, y aumentos sustanciales no significativos ($p > 0,05$) en los músculos piriforme y aductores en el Grupo que recibió el tratamiento, conformado por corredores de larga distancia.

1.2.2.2. Merino-Marban et al. (2014) analizaron la bibliografía disponible sobre la eficacia de programas de estiramiento isquiosural en mayores de 60 años. Se concentraron en

aquellos artículos que presentaban los resultados de diseños experimentales o cuasi-experimentales, y que habían sido publicados en las bases de datos PubMed, Scopus, Sport Discus, Medline e ISI Web of Science, desde su inicio hasta agosto de 2013. Los programas evaluados eran muy heterogéneos en cuanto a la técnica de estiramiento usada, la duración del entrenamiento y la frecuencia de sesiones (s.): a) Técnica activa asistida, 8 semanas (sem.), 3 s./sem.; b) Técnica pasiva, 6 semanas, 5 s./sem.; c) Técnica pasiva asistida y FNP asistido, 13 semanas, 2 s./sem.; Técnica activa asistida, ocho semanas, 2 s./sem.

Los resultados obtenidos en los cuatro estudios incluidos revelan que estos programas mejoran la flexibilidad de la musculatura isquiosural en las personas de 60 o más años. La duración de los tratamientos fue muy variable, oscilando de 6 a 13 semanas, y con frecuencias de sesiones semanales también heterogéneas, ya que dos programas exigían dos sesiones por semana, uno demandó tres sesiones y otro una cantidad de cinco sesiones semanales. Frente a esta disparidad, se entiende por qué los revisores concluyeron que cuanto mayor es el volumen semanal de estiramiento el programa de flexibilidad parece producir mayores ganancias en la flexibilidad isquiosural de las personas mayores.

1.2.2.3. Ayala et al. (2012) se propusieron identificar las técnicas de estiramiento más empleadas en la literatura científica, y analizar cuáles eran más eficaces para la mejora de la flexibilidad a la luz de las evidencias disponibles. Para ello se seleccionaron ensayos científicos en inglés, portugués, francés y español con diseños pre-test y pos-test, artículos de revisión sistemática y crítico-narrativa, además de libros y capítulos de libros.

La localización de este material se realizó a través de las principales bases de datos en el área de la salud y de la educación física, como Medline, Cochrane Library, ENFISPO, SportsDiscus, Lilacs Teseo, OVID, o mediante el metabuscador Google. Los términos de búsqueda fueron stretching, lower extremity stretching, contract-relax stretching, ballistic stretching, static stretching, range of motion, flexibility, knee, hip, skeletal muscle, proprioceptive neuromuscular facilitation, dynamic stretching y chronic gains. No fue aplicada limitación en el año de publicación. La búsqueda finalizó en septiembre de 2011.

Según los autores, la evidencia científica disponible es suficiente para demostrar que la aplicación sistemática de programas de estiramientos consigue mejoras crónicas en la flexibilidad. La literatura sobre el tema describe un gran número de técnicas de

estiramiento, cada una de ellas con una serie de ventajas e inconvenientes a fin de justificar su utilización en determinados contextos clínicos o físico-deportivos. Además, y conforme al juicio crítico de estos investigadores, no parece existir una técnica más eficaz que otra; todas las técnicas (estática-activa, estática-pasiva, dinámica, FNP) parecen ser eficaces para la mejora del rango óptimo de movimiento (ROM) articular y, por tanto, podrán ser utilizadas y combinadas como parte del entrenamiento de la flexibilidad.

1.2.2.4. Ramírez et al. (2006) efectuaron una revisión bibliográfica con el fin de aproximarse a la discusión sobre los parámetros de aplicación que permiten conseguir el estiramiento muscular en el escenario clínico para recuperar y mantener la movilidad articular comprometida luego de intervenciones quirúrgicas, periodos de inmovilización, traumas y otras patologías que limitan la flexibilidad. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en bases de datos como Proquest, Hinari, Ovid, y en publicaciones disponibles en papel como la revista Physical Therapy, Asociación Colombiana de Fisioterapia, y páginas web como la American Physical Therapy Asociation (APTA) en el periodo 1980-2006.

La revisión arrojó 11 artículos que respaldan la afirmación de que el estiramiento muscular estático es un método efectivo para mejorar la flexibilidad independientemente del uso de modalidades físicas previo a su aplicación. La comparación de los estudios arrojó que la realización del estiramiento muscular estático en población adulta joven sana durante 30 s, tres veces por semana durante seis semanas, es suficiente como para mejorar la flexibilidad. Si se trata de población adulta mayor -en donde el proceso normal de envejecimiento en el tejido perimuscular aumenta la rigidez muscular- las evidencias encontradas sugieren aumentar los parámetros de aplicación a cuatro estiramientos de 60 s con igual frecuencia semanal durante el mismo periodo de tiempo.

1.2.2.5. Hernández Díaz (2006) ha tratado diversos aspectos del entrenamiento de la flexibilidad en un extenso manuscrito que pretende integrar y discutir los resultados de las últimas investigaciones hechas sobre la materia. Aquí la flexibilidad aparece como una capacidad influenciada por una serie de factores intrínsecos y extrínsecos: nivel y tipo de actividad que el individuo desarrolle, la temperatura, el sexo, la edad y la articulación involucrada, entre otros.

Es destacable la mención de diversas técnicas de elongación muscular: elongación balística, elongación pasiva asistida, elongación activa y elongación con facilitación neuromuscular propioceptiva, cada una de ellas con distintas aplicaciones y efectos sobre el sistema neuromuscular.

Así, durante una sesión de elongación muscular los principales efectos a corto plazo que aparecen son el aumento del rango articular, la disminución de la viscoelasticidad del tejido muscular y la disminución de la fuerza máxima que es capaz de desarrollar el músculo que ha sido sometido a elongación. Por su parte, los efectos de un programa de elongación muscular a largo plazo son el aumento sostenido del rango articular y la mejora del desempeño deportivo, aunque sobre esto último existe disenso entre los especialistas.

Con respecto a la prevención de lesiones y el dolor muscular post-ejercicio, no existe evidencia científica que avale el uso de la elongación muscular, ya sea para disminuir la incidencia de lesiones o aliviar el dolor muscular de inicio retardado, en inglés *delayed onset muscle soreness* (DOMS), es decir, el malestar muscular que se siente después de realizar un ejercicio físico. Asimismo, se ha probado que la elongación muscular de alta intensidad es contraproducente como preparación para la actividad física, ya que disminuye la taza de producción de fuerza isométrica, concéntrica y excéntrica.

Se insiste en la necesidad de más estudios orientados a conocer los efectos de protocolos de elongación en diversos contextos, que deberían valorarse de acuerdo al tipo de actividad muscular que se realice. Tampoco se han encontrado evidencias científicas que demuestran que la elongación muscular a corto mediano o largo plazo tenga alguna incidencia sobre la probabilidad de lesionarse, recomendándose una investigación más detallada y controlada en torno a este tópico sobre todo en deportes de alto impacto y en situaciones de acortamiento patológico del músculo.

1.2.3 Síntesis de los antecedentes

Después de comparar entre sí los antecedentes citados, se aprecia la existencia de múltiples metodologías para el entrenamiento de la flexibilidad de diversos grupos musculares y el ROM en adolescentes y adultos, tales como el método activo estático, el activo dinámico, el

pasivo, el balístico, la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP), la implementación de ortesis y el *Foam Rolling*.

En otras palabras, los trabajos consignados se caracterizan por haber incluido en sus diseños métodos de entrenamiento de la flexibilidad y técnicas de evaluación de antigua raigambre en la tradición deportiva. Pero no se han encontrado estudios en los que se haya investigado los efectos que tiene la aplicación simultánea de dos o más de las modalidades antes mencionadas en un mismo plan de entrenamiento. Solo el programa diseñado por Rezzonico (2022) presenta el tratamiento conjunto de diversos métodos de estiramiento - que es la característica que distingue, precisamente, al SFS, pero durante la primera fase del entrenamiento.

Entre los trabajos empíricos, los protocolos usados difieren notablemente entre sí. No existe consenso en cuanto a duración, intensidad o frecuencia de los estímulos. Los participantes pertenecen a diferentes poblaciones, con perfiles de actividad física y características sociodemográficas muy diversas entre sí.

Asimismo, se impone la necesidad de aclarar que el estudio de Portilla-Dorado et al. (2019) no se refiere al entrenamiento de la flexibilidad como finalidad última de las intervenciones realizadas, sino que aparece como variable mediadora para la mejora de la potencia de salto. Este es un aspecto importante porque en la literatura sobre el tema no son pocos los autores que discuten el valor o alcance de la flexibilidad en relación a los demás componentes de la aptitud física, tal como ha puesto de manifiesto Ilisástigui-Avilés (2020).

Por otra parte, los estudios consultados muestran la diversidad de criterios en cuanto a los tiempos de exposición de los participantes a los estímulos durante el entrenamiento, así como la duración de los experimentos, que en ningún caso superaron los tres meses. Esto último concuerda, por cierto, con la duración del tratamiento propuesto en el presente trabajo, que fue también de tres meses.

Respecto de la duración de los entrenamientos vale aquí hacer una especial referencia al estudio de Warneke et al. (2023), quienes probaron empíricamente que la flexibilidad de los flexores plantares de un grupo de adultos sanos físicamente activos dependía de la duración y el volumen del entrenamiento diario del estiramiento.

Otro aspecto que puede mencionarse es que no todos los protocolos de estiramiento que se encontraron tras la revisión de antecedentes aparecen descriptos en detalle, a fin de poder replicarlos en otras poblaciones de estudio. Además, varios de los estudios experimentales consultados omiten informar el tamaño del efecto, que es el estadístico que permite saber, más allá de la eficacia de un tratamiento, en qué medida o intensidad dicho estímulo produjo los cambios que produjo. Tampoco se informa en ellos sobre el nivel de adherencia, tolerabilidad y seguridad para los deportistas que participaron del diseño experimental.

Finalmente, se destaca que en la mayoría de los antecedentes mencionados la medición de la variable flexibilidad se expresó en unidades de longitud (cm o mm), lo cual se tuvo en cuenta en este trabajo al momento de medir la flexibilidad de los participantes. A partir de lo dicho, entonces, se evidencia la conveniencia de indagar la eficacia del SFS como modalidad alternativa de entrenamiento de la flexibilidad frente a los métodos convencionales que se han mencionado en esta revisión bibliográfica.

2. Marco Teórico

2.1. La flexibilidad como cualidad física

El sistema locomotor, con sus diferentes estructuras, permite al cuerpo moverse. Esto resulta de la compleja interacción entre músculos, tendones, ligamentos y articulaciones (Alter, 1996). La palabra flexibilidad no es nueva en la literatura sobre anatomía o motricidad humana. El uso habitual refiere a la capacidad del ser humano para flexionar. De hecho, ya Hipócrates en el s. V a.C. describió a unos individuos provenientes de un grupo étnico que presentaban una exagerada laxitud articular que les permitía lanzar jabalinas sin lesionarse (Grahame, 1971).

Una primera aproximación etimológica al término permite establecer que la flexibilidad es la capacidad del cuerpo humano de adoptar una determinada forma sin romperse. En efecto, el vocablo flexibilidad es de origen latino: "*flexibilĭtas*", cualidad de ser doblado. Sus componentes léxicos son *flexus, a, um* (adj.: doblado, a); el morfema *bilis* indica posibilidad, que algo puede ser de una manera dada; y el sufijo –dad expresa cualidad (DeChile.net, 2022).

Conviene notar, ante todo, la diferencia entre la flexibilidad y la elasticidad, porque con frecuencia se usan equivocadamente como sinónimos. Así, mientras la elasticidad consiste en la capacidad de la fibra muscular para deformarse y recuperar su forma original, la flexibilidad se atribuye a las articulaciones (Einsingbach et al., 1989). De acuerdo a esto último, la flexibilidad es la cualidad que, con base en la movilidad articular, extensibilidad y elasticidad muscular, permite el máximo recorrido de las articulaciones en posiciones diversas a fin de que el cuerpo pueda ejecutar acciones que demandan agilidad y destreza (Álvarez del Villar, 1985).

A partir de la definición anterior, Gil Sánchez (1998) afirma que la flexibilidad supone los siguientes componentes:

- Extensibilidad: capacidad de deformación o extensión del músculo.
- Recorrido máximo de la articulación hasta encontrarse con los topes óseos.

- Elasticidad muscular: capacidad de extensión o alargamiento del músculo y la vuelta al estado primitivo cuando las fuerzas de elongación cesan en su acción.
- Movilidad articular: capacidad que tienen algunas articulaciones de permitir que los segmentos óseos que las forman se desplacen unos respecto de otros.

Este último componente -movilidad articular- depende de los tipos de articulación y de las posibilidades de movimiento. En función de la amplitud de movimiento total de las articulaciones, estas pueden clasificarse en: a) sinartrosis o articulaciones fijas, como resultado de que la articulación es de tejido fibroso (ej.: las uniones de placas de la bóveda craneal o la fijación de los dientes en la mandíbula); b) anfiartrosis o articulaciones semimóviles (ej.: articulaciones de las vértebras); c) diartrosis o articulaciones móviles (ej.: fémur, pelvis, codo) (Moras, 2003).

Si se repara en la composición estructural, se distinguen seis grupos de articulaciones:

a) articulaciones planas, que sólo permiten movimientos deslizantes (ej.: vértebras de la columna). b) articulaciones bisagra, las cuales permiten movimientos angulares en una sola dirección (ej.: codo).c) articulaciones pivote: son articulaciones que tienen movimiento rotatorio sobre un eje o pivote (ej.: pronación y supinación del antebrazo). d) articulaciones condiloides, que permiten movimientos en dos direcciones. La superficie de la articulación es oval y el hueso está dentro de una cavidad elíptica (ej.: articulación de la muñeca). e) articulaciones silla de montar: se llaman así porque una de las superficies articulares es muy parecida a una silla de montar. Una superficie es cóncava y la otra convexa. Permiten movimiento en dos direcciones (ej.: articulación de los huesos de la muñeca). f) articulaciones esféricas: el movimiento se puede hacer en tres direcciones, por lo que están dotadas de la mayor amplitud de movimiento. Una de las superficies articulares presenta una forma más o menos redonda, la cual descansa en una cavidad en forma de bolo (ej.: articulación de las caderas o la del hombro) (Alter, 2004; Merí Vived, 2005).

Con todo, las diferentes articulaciones presentan una estructura o composición de tejidos conectivos similar: el cartílago, los ligamentos, los tendones y la fascia muscular. El cartílago protege las superficies de los huesos, amortiguando el impacto,

cuando estos entran en contacto dentro de una articulación. Los ligamentos permiten la conexión de los huesos entre sí y proveen estabilidad a las articulaciones. Los tendones conectan los músculos con el hueso. A través de las inserciones tendinosas se transfiere al sistema esquelético la fuerza de las contracciones musculares que originan cualquier movimiento.

La fascia es un tipo de tejido que recubre al músculo, de la siguiente manera: una capa llamada endomisio envuelve las fibras musculares individualmente; el perimisio reviste las heces de fibras musculares; el epimisio envuelve el músculo en su totalidad. Las tres capas de fascia muscular convergen en los tendones del músculo. Es importante tener en cuenta que la fascia se estira más fácilmente que los tendones y los ligamentos, lo cuales condicionan o limitan significativamente el aumento del ROM (Castillo Hernández et al., 2018).

Respecto de los tipos de flexibilidad, Dick (1993) propone los siguientes: a) activa: si es lograda por el esfuerzo muscular propio; b) pasiva: cuando se logra mediante la gravedad o un elemento externo -aparatos o compañeros-; c) cinética: es el movimiento que se efectúa debido al impulso de una u otra de las palancas que intervienen.

Por su parte, Fucci y Benigni (1988) proponen una clasificación más amplia y sencilla, de acuerdo a dos criterios: el tipo de ejercicio y la ejecución. Atendiendo al primer criterio, los ejercicios de flexibilidad pueden ser: a) generales, que implican la movilidad de los grandes sistemas articulares; b) localizados: actúan sobre una articulación concreta; c) especiales: imitación de un gesto deportivo. En cambio, si se tiene en cuenta la ejecución de los ejercicios, estos pueden ser:

> a) Estáticos activos: el atleta toma una posición dirigida a estirar un determinado sector muscular, la fija en el punto de máximo estiramiento por la contracción de diferentes grupos musculares y la mantiene por un tiempo variable entre 3 y 8´´.

b) Estáticos pasivos: El atleta adopta una posición por la que consigue un estiramiento pasivo de un determinado sector muscular, y lo mantiene por un tiempo entre 5 y 10´´.

c) Dinámicos activos: El atleta realiza un movimiento por la musculatura agonista que, al movilizar el segmento óseo interesado, obliga a estirarse a la musculatura antagonista.

d) Pasivos: el atleta utiliza el peso de los distintos segmentos corporales y la fuerza de la gravedad para obtener el efecto de estiramiento.

e) Mixtos: el atleta utiliza la velocidad de caída del miembro sobre el que actúa un impulso cinético, debido a la contracción de la musculatura agonista, con la finalidad de aumentar la amplitud del movimiento, y obtener así un mayor efecto de estiramiento. El movimiento sería cíclico, es decir, habrá una alternancia de acciones y efectos.

2.2. Flexibilidad y aptitud física

La producción de cualquier movimiento, sea deportivo o no, depende del control neuromuscular que pone en marcha los mecanismos estabilizadores del cuerpo y de aquellos que movilizan las articulaciones -la amplitud de movimiento- en cada instante de la actividad motriz. Algunos músculos tienen una función fásica como movilizadores, y otros ejercen una función tónica o postural como estabilizadores (Siff y Verkhoshansky, 2004).

Lo anterior evidencia la importancia de la flexibilidad como uno de los componentes de la condición física más relevantes (Plowman, 2013; ACSM, 1998), pese a que sea el menos conocido y el menos desarrollado por deportistas y entrenadores (Castillo Hernández et al., 2018).

La condición física puede definirse como un estado de bienestar que permite desarrollar las tareas diarias con vigor, reducir el riesgo de problemas de salud asociados a la falta de ejercicio, y establecer una base de aptitud para diferentes actividades físicas (Aznar Laín y Webster, 2006). En consecuencia, el desarrollo

intencionado de las cualidades o capacidades físicas se denomina acondicionamiento físico (Generelo y Lapetra, 1993). El resultado obtenido es el grado de condición física.

Ahora bien, es importante distinguir entre la condición física vinculada con la salud y la condición física que se requiere para lograr un rendimiento deportivo determinado, dado que el nivel de exigencias en uno u otro caso difieren de modo significativo. En efecto, la condición física relacionada con la salud se refiere a todos aquellos componentes de la condición física -como masa corporal y la tonicidad muscular- que se asocian con el bienestar físico-psíquico-social del individuo. En cambio, la condición física asociada al deporte se dirige a optimizar la respuesta de un individuo en la práctica deportiva (Aznar Laín y Webster, 2006).

En el marco de la anterior distinción ha de pensarse la incidencia de la flexibilidad en la condición física de las personas. En lo que respecta al bienestar general del ser humano, Katzmarzyk y Craig (2002) advierten que la relación entre el nivel de flexibilidad y la salud no es lineal ni directa, a diferencia de otros componentes del *fitness* o condición física. Con todo, forma parte de casi todos los programas de ejercicios y ha sido especialmente recomendada tanto para personas sanas como enfermas (Pate et al., 1995; American College of Sports Medicine [ACSM], 2000).

La mayoría de las actividades de la vida diaria requieren de una combinación de movimientos complejos que suponen la contracción coordinada de un gran número de grupos musculares y la acción de muchas articulaciones (Rikli y Jones, 1997; Knudson et al., 2000; Escalante et al., 2001).

Lo anterior vale especialmente para cuando la limitación de la movilidad articular, producto del normal proceso de envejecimiento, se torna más evidente, y puede suponer grandes restricciones en la ejecución de ciertos movimientos o directamente inhibirlos. Por ello, en el campo de la gerontología o de la motricidad de personas con capacidades físicas diferentes, el nivel de flexibilidad alcanzado por cada persona tiene una influencia decisiva en su autonomía y seguridad, por ejemplo, minimizando el riesgo de caída (Hauer et al. 2001).

En igual dirección, Escalante et al. (2001) observaron que la variación de la velocidad de la marcha de los adultos mayores podía explicarse por las diferencias en la flexión de la cadera y las rodillas. Por su parte, Brach y VanSwearingen (2002) hallaron que la capacidad de un grupo de adultos mayores (n=83) para ponerse o quitarse una chaqueta estaba fuertemente relacionada con el grado de movilidad de los hombros; además, que la velocidad de su caminar y la extensión de la zancada estaban asociados con el rango de movilidad activo del tobillo.

En lo concerniente a la incidencia de la flexibilidad sobre la práctica deportiva, gran cantidad de investigadores afirman que una buena flexibilidad mejora el rendimiento deportivo en los atletas, puesto que el músculo trabaja a una longitud óptima (Herbert y Gabriel, 2002; Rusell y Bandy, 2004; Thacker et al., 2004).

Además, es importante mantener un buen nivel de flexibilidad para prevenir lesiones de la unidad musculotendinosa (Dadebo et al., 2004; Prentice, 1997). De allí que se recomiende siempre incluir ejercicios de estiramiento en la etapa de calentamiento previa a cualquier actividad física, máxime cuando esta sea intensa.

En este sentido, Matvéev (1983) propone una clasificación de la movilidad articular basada en las necesidades de la práctica deportiva: a) movilidad absoluta, que es la capacidad máxima de elongación de las estructuras musculotendinosas y ligamentosas, generalmente alcanzada mediante movimientos pasivos forzados; b) movilidad de trabajo, que es el nivel de movimiento que se adquiere durante la ejecución real de una acción deportiva; c) movilidad residual o capacidad de movimiento, siempre superior a la de trabajo, que el deportista entrena para evitar rigideces que puedan afectar a la coordinación del movimiento o su nivel de expresividad. Se entrena como medida preventiva de posibles lesiones durante la práctica deportiva.

Sin embargo, cabe añadir de inmediato que no hay certeza de que altos valores de flexibilidad protejan contra traumatismos o reduzcan la gravedad de una lesión músculo-esquelética (Moras, 2003; Hernández Díaz, 2006). Más aún, Gil Soares de Araújo (2005) recomienda no hacer generalizaciones para evitar el error de suponer que el entrenamiento de la flexibilidad favorece a los atletas de todos los deportes, ya

que en ciertas disciplinas el exceso de flexibilidad puede ser perjudicial para el rendimiento físico del deportista.

Así, por ejemplo, se ha mostrado la existencia de una relación inversa entre la flexibilidad de las extremidades inferiores, particularmente del tobillo, y el rendimiento en la marcha y la carrera (Knudson et al., 2000). A su vez, una gran amplitud de movimiento (ADM) en ciertas articulaciones puede conducir a una pérdida de elasticidad y hasta a una inestabilidad de la articulación (Moras, 2003). De esta manera, en ciertas circunstancias los ejercicios de flexibilidad podrían afectar al rendimiento físico de los atletas (Cornwell et al., 2002).

Para una mayor comprensión de esto último debe tenerse en cuenta que la motricidad reclama un equilibrio entre estabilidad y movilidad, el cual depende de factores como la fuerza, la resistencia, la ADM y las propiedades mecánicas de los tejidos involucrados, en particular la rigidez (*stiffness*) de los tejidos, que determina la capacidad de acumular energía elástica. Por lo tanto, si se asume que esta propiedad -la rigidez de los tejidos- es necesaria en muchas modalidades deportivas, se concluye que no debe romperse nunca el equilibrio óptimo entre flexibilidad y elasticidad (Siff y Verkhoshansky, 2004).

En cambio, en algunos deportes como el fútbol (Más Valle, 2007) o la natación (Sanz Arribas, 2002) la flexibilidad adquiere un rol determinante. Ocurre lo mismo con la danza, donde los bailarines que tienen un óptimo perfil de flexibilidad mejoran su actuación y disminuye el riesgo de lesión. Los bailarines, en general, deben mostrar gracia en su actuación, lo que exige la moderación de altos niveles de flexibilidad estática y dinámica. Un gran número de posiciones clásicas del ballet requieren grados de movilidad amplios, particularmente en la articulación de la cadera (Reid et al. 1987; Gilbert et al., 1998).

En línea con lo expresado, Moras (2003) ofrece una clasificación de deportes en función del modo en que se pueden combinar la amplitud de movimientos y la velocidad de ejecución. Así, pues, existe un primer grupo de deportes en los que la técnica exige gran velocidad de ejecución y poca amplitud de movimiento, tal el caso

del tren inferior y anillo pélvico de los corredores de 100 m lisos. Potenciar al máximo la flexibilidad sería erróneo, porque puede perjudicar la velocidad de ejecución (elasticidad).

Un segundo grupo de deportes exigen una gran amplitud de movimiento y poca velocidad segmentaria como, por ejemplo, en la natación. Aquí, los movimientos de la articulación escapulohumeral de los nadadores pueden ser intensos, pero evitando desarrollos excesivos que alteren la estabilidad de la articulación.

En un tercer grupo se encuentran aquellos deportes que exigen gran movilidad articular y, al mismo tiempo, una elevada velocidad segmentaria, como ocurre con la gimnasia artística. El autor aclara, por cierto, que existen articulaciones y grupos musculares –como los aductores y los lumbares- que casi siempre exigen un desarrollo preventivo de la movilidad, y que son transversales a todas las prácticas deportivas, dado que tienden a perder amplitud de movimiento por un acortamiento de la musculatura, lo cual afecta el rendimiento deportivo y genera muchas lesiones por sobrecarga.

2.3. Entrenamiento de la flexibilidad

En cuanto componente de la aptitud física, la flexibilidad se mejora con la actividad física planificada, repetitiva y dirigida a dicho objetivo, lo que se conoce también como ejercicio físico (Manzano Moreno, 2004). En relación con los métodos para desarrollar la flexibilidad, se adopta la clasificación de Rojas et al. (2012):

- Estiramiento pasivo: por la aplicación de una fuerza externa o compañero. También llamado asistido o auto-asistido.
- Estiramiento activo estático: se debe mantener el estiramiento del músculo elegido entre 30-60 s, sin la aparición de dolor, y la sensación debe darse en el vientre muscular y no en la articulación.
- Estiramiento activo dinámico: se busca el máximo ROM, sin balanceo o movimiento veloz.

- Estiramiento balístico: consiste en balancear más allá del ROM habitual (solo deportistas). Es riesgoso, llamado de rebote o insistencia activa.
- FNP o Facilitación neuromuscular propioceptiva (método Kabatt): combina el pasivo con el isométrico -contracción/relajación-.

2.3.1. El entrenamiento desde la perspectiva del SFS

El SFS se basa en la combinación de diversos métodos de entrenamiento de la flexibilidad, ya validados a nivel teórico y empírico de manera independiente: el método activo estático, el método activo-dinámico, el método pasivo, el método balístico y el método FNP.

En función de lo anterior, la modalidad de entrenamiento elegida prioriza el enfoque sistémico en el entrenamiento de la flexibilidad, por cuanto la palabra sistema abre una perspectiva desde la que es posible visualizar la convergencia de los diferentes factores y elementos que determinan los resultados de un proceso de entrenamiento físico-deportivo. Además, permite expresar que diferentes métodos pueden emplearse conjuntamente, ya sea que se utilicen para mejorar una misma cualidad física o distintas (Cantó y Soto, 2013).

La complejidad, en efecto, es un rasgo inherente a todo proceso de entrenamiento, que queda suficientemente expresado solo a través del término sistema, que por eso mismo ha de preferirse al método de entrenamiento. Es importante destacar aquí que en un sistema no queda abolido el análisis de la eficacia de cada una de las técnicas y métodos que lo componen. Muy por el contrario, este tipo de estudios permite la toma de decisión justificada sobre qué técnica de estiramiento aplicar en cada caso y para cada persona en particular con el propósito de mantener y/o mejorar el rango de movimiento de una o varias de sus articulaciones.

Desde el punto de vista neurofisiológico, el SFS promueve la estimulación de dos tipos de reflejos: el de Hoffman y el reflejo extensor cruzado. El reflejo de Hoffman es utilizado para excitar las aferencias por medio de la estimulación eléctrica a través de la piel. Se pueden utilizar electrodos o la fricción manual de la piel que recubre a un

músculo, lo cual provoca, reflejamente, su excitación, al tiempo que la musculatura opuesta resulta inhibida. Por su parte, el reflejo extensor cruzado se produce cuando al contraerse un determinado músculo, se inhibe no solamente su antagonista, sino también el grupo muscular agonista (Di Santo, 1997).

Las clases se organizan conforme una estructura que se repite invariablemente en cada encuentro, aunque los ejercicios y hasta los métodos puestos en práctica cambien clase a clase. El objetivo general que se persigue con la aplicación del sistema es lograr cuerpos equilibrados: fuertes y flexibles con fuerza de sostén. De modo general, los beneficios que se persiguen son mejorar la respiración, la circulación, la movilidad articular y obtener movimientos fluidos y económicos (Adela Segura, comunicación personal, 12/06/2022).

La organización de las sesiones depende de los objetivos de los individuos que quieren entrenarse mediante el SFS:

a) Mejorar la calidad de vida y la salud a nivel general.
b) Incrementar la sensación de bienestar de los participantes.
c) Aumentar la capacidad del cuerpo humano para doblarse, mejorar la elongación o ampliar el rango articular.
d) Mejorar la flexibilidad para optimizar el rendimiento deportivo o el desempeño físico en disciplinas como acrobacia y ballet.

En el SFS existen tres niveles de entrenamiento (A, B y C), de acuerdo a los objetivos de entrenamiento de la flexibilidad perseguidos, y que implican, por tanto, diversos grados de exigencia física, de menor a mayor esfuerzo físico. El nivel más exigente (C) es, a su vez, el más focalizado, orientado a deportistas y acróbatas que buscan una máxima flexibilidad.

2.3.2 Factores que inciden en el desarrollo de la flexibilidad

La amplitud de movimiento es una cualidad física que involuciona conforme avanza el desarrollo motor del ser humano. A los pocos meses de nacer se produce la máxima flexibilidad. En la pubertad desciende rápidamente frente a la eclosión hormonal y el crecimiento en longitud. A los 20 años se ha reducido al 75% de la flexibilidad máxima

(Rabadán de Cos y Rodríguez Barrios, 2010). Por lo dicho, entonces, se torna necesario tener en cuenta los factores que influyen en el desarrollo de la flexibilidad, limitando su entrenamiento (Hernández Díaz, 2006; Rabadán de Cos y Rodríguez Barrios, 2010; Castillo Hernández et al., 2018). Estos factores pueden dividirse en intrínsecos y extrínsecos. Dentro de los factores intrínsecos, se mencionan los siguientes:

- La estructura ósea: puede restringir el punto límite de la amplitud. A modo de ejemplo, si la articulación del codo se encuentra fracturada puede generar un exceso de calcio en el espacio de la articulación, impidiendo la extensión completa de la misma.
- La masa adiposa: puede limitar la capacidad para desplazarse a través de una amplitud de movimiento completa.
- Los músculos y sus tendones, junto con las fascias que los rodean, suelen ser los principales causantes de la limitación de la amplitud de movimiento.
- El tejido conectivo que rodea la articulación, como los ligamentos de la cápsula de la articulación, pueden padecer acortamientos patológicos, ya que, si una articulación queda inmovilizada durante cierto período de tiempo, los ligamentos y las cápsulas de la articulación tienden a perder extensibilidad.
- Tensión de las estructuras contráctiles del músculo estriado voluntario: condiciona la magnitud y el alcance de la deformación longitudinal que las acciones de elongación intentan ejercer sobre el mismo. Así, por ejemplo, la excitación emocional alta (miedo, estrés, ansiedad, dolor) influye negativamente en la flexibilidad porque implica cierta tensión muscular. Por ello, cuando se logra una completa relajación neuromuscular, una fuerza externa puede llegar hasta duplicar la longitud normal de reposo de los sarcómeros.
- Movilidad articular: amplitud del movimiento que es connatural a una articulación, en la dirección y extensión permitida por la configuración de la misma.

- Elasticidad muscular: propiedad de un músculo de recuperar la posición inicial tras el alargamiento; atribuible a la estructura de las miofibrillas y al componente conjuntivo de los músculos (perimisio, epimisio, endomisio).
- El equilibrio muscular: para expresar la movilidad articular en toda su magnitud se requiere el control muscular local adecuado como resultado del equilibrio, la coordinación entre las partes del cuerpo y la aplicación de la fuerza suficiente para realizar los movimientos.
- Fuerza de la musculatura agonista.
- Temperatura corporal general y muscular específica: un músculo previamente calentado, un masaje pasivo o una sesión de ultrasonido aumentan la eficiencia de la elongación, dado que mejora la deformación plástica de los tejidos de colágeno durante los estiramientos. El aumento de temperatura disminuye la viscosidad del sarcoplasma mejorando la contractibilidad y la capacidad de elongación del músculo.

Entre los factores extrínsecos, la literatura es renuente en citar los que aparecen en esta lista:

- Sexo: Las mujeres tienden a tener mayor flexibilidad que los hombres de su misma edad, por las diferencias hormonales que presentan -la mayor producción de estrógenos causa en ellas una disminución de la viscosidad de los tejidos- y una capacidad anatómica que les permite absorber los estiramientos elásticos y poseer un mayor umbral del dolor.
- Edad: La flexibilidad alcanza su desarrollo máximo entre los 14 y 17 años. El principio básico que subyace en relación a este factor es que, a mayor edad, menor flexibilidad.
- Temperatura ambiental: tiene una relación directa y proporcional sobre la flexibilidad, de modo que, a menor temperatura, decrece la capacidad de flexibilidad; al revés, a mayores temperaturas se produce un aumento de aquella.
- Cansancio: la fatiga muscular disminuye el umbral de sensibilidad de los husos y dificulta la elongación muscular.

- Costumbres sociales: actividades laborales, sedentarismo, entrenamiento o hábitos posturales, pueden aumentar o disminuir la flexibilidad.
- Hora del día: la mayoría de las personas suelen ser más flexibles en la tarde que en la mañana, con un *peak* entre las 14:00 - 16:00 h.
- Herencia: existen unos sujetos genéticamente más laxos que otros.
- Tipo de entrenamiento y nivel de actividad física: el ejercicio regular sobre una articulación suele mejorar su nivel de flexibilidad. Cabe aclarar que los deportistas desarrollan patrones de acuerdo al deporte practicado. De hecho, la flexibilidad de largo plazo puede disminuir con movimientos limitados que no utilicen todo el arco angular de movimiento. La flexibilidad de corto plazo se reduce a causa de un sobreentrenamiento, por rigidez o por lesiones.

2.4. La evaluación y la medición de la flexibilidad

Otro aspecto vinculado al entrenamiento de la flexibilidad es el de las pruebas existentes para su medición. En relación al tipo de medición, se distinguen tres métodos de evaluación, de acuerdo con la unidad de medición utilizada: angular, lineal y adimensional (Valcarce, 2014):

- Métodos directos o angulares: miden la flexibilidad del ROM en grados mediante el uso de goniómetros. Si los puntos de referencia miden los desplazamientos angulares entre segmentos adyacentes, se considera un ángulo relativo, y si es a partir de una referencia externa, ángulo absoluto.
- Métodos lineales: constituyen una modalidad de medición indirecta de la flexibilidad. No miden ángulos entre segmentos óseos, sino que expresan resultados en unidades métricas, básicamente en centímetros. Los métodos lineales más importantes para medir la flexibilidad son los test de tocar los dedos de los pies y el Sit and Reach.
- Métodos adimensionales: también es una modalidad de medición indirecta de la flexibilidad. No utilizan unidades de medición angulares ni lineales, sino que los resultados de medición de la flexibilidad se presentan generalmente en

escalas de medición ordinales o nominales, sean puntos o respuestas de tipo sí/ no. Un ejemplo es la prueba Flexitest, que evalúa la movilidad de diferentes partes del cuerpo en una escala que oscila entre 0 y 4, donde 0 = muy pobre; 1 = pobre; 2 = media; 3 = buena; y 4 = muy buena.

La evaluación de la flexibilidad es útil para: valorar la forma física; participar previamente en la evaluación médica o funcional para los programas de ejercicio; valorar el riesgo de lesión potencial; obtener datos de referencia para los resultados de la valoración de la intervención, tanto con entrenamiento físico como con rehabilitación; diagnosticar las causas de un rendimiento malo o limitado en el deporte o en las actividades de la vida diaria; valorar el buen potencial para una modalidad deportiva específica; obtener un diagnóstico clínico y un seguimiento de las condiciones de hipo e hipermovilidad (Gil Soares de Araújo, 2005).

El límite máximo de un movimiento articular puede ser alcanzado activamente cuando una persona contrae sus propios músculos o pasivamente mediante la asistencia de otra persona para mover la articulación o el miembro. Debido a que la amplitud del movimiento pasiva es a menudo mayor que la activa, además de verse influida por menos variables (p. ej., la fuerza muscular y la coordinación), suele ser preferida en la evaluación de la flexibilidad.

3. Hipótesis

Hipótesis general

El plan de entrenamiento basado en el SFS mejora el nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna, tanto en hombres como en mujeres de entre 18-38 años, físicamente activos, luego de un periodo de tres meses.

Hipótesis específica 1

Al finalizar el entrenamiento basado en el SFS (día 90), los participantes obtienen un nivel superior de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna -en términos de significancia estadística- que el nivel observado al inicio y a la mitad del tratamiento (día 45).

Hipótesis específica 2

A mayor edad de los participantes, disminuye el nivel de flexibilidad de las articulaciones de sus miembros inferiores y de su columna luego de un entrenamiento de tres meses de duración basado en el SFS.

Hipótesis específica 3

No existen diferencias estadísticamente significativas entre los hombres y las mujeres respecto al nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna al inicio y al final del entrenamiento de dicha cualidad física mediante el SFS.

Hipótesis específica 4

El nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna obtenido por los participantes al término del programa de entrenamiento basado en el SFS no está relacionado con su índice de masa corporal en adelante (IMC).

Hipótesis específica 5

El nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna en los participantes que se entrenaron con el SFS está asociado negativamente con la longitud de sus segmentos y su talla al término del periodo de entrenamiento (A

mayor altura, menor flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna; ídem en el caso de la longitud de segmentos).

Hipótesis específica 6

A mayor cantidad de días en que realizan actividad física los participantes aumentan el nivel de flexibilidad de las articulaciones de sus miembros inferiores y de su columna luego de un entrenamiento de tres meses de duración basado en el SFS.

4. Objetivos

Objetivo General:

Evaluar la eficacia de un plan de entrenamiento basado en el SFS sobre la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de hombres y mujeres de entre 18 y 38 años, físicamente activos, luego de un periodo de 3 meses.

Objetivos específicos:

Identificar si existen diferencias significativas de la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes en función del tiempo de entrenamiento transcurrido usando el sistema SFS (inicio vs. día 45 vs. día 90).

Determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relaciona con su edad al finalizar dicho programa de entrenamiento.

Identificar si existen diferencias estadísticamente significativas en la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de columna según el sexo de los participantes, tanto al inicio como al final del programa de entrenamiento mediante el SFS.

Determinar si el nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna obtenido por los participantes se correlaciona con su IMC al término del entrenamiento de 3 meses de duración basado en el SFS.

Establecer si la longitud de segmentos y la talla de los participantes se encuentran asociadas al nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna alcanzado al término del periodo de entrenamiento mediante el SFS.

Determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relaciona con la cantidad de días a la semana que realizan actividad física al finalizar dicho programa de entrenamiento.

5. Materiales y diseño metodológico

5.1 Tipo de diseño

Para el desarrollo de la investigación se adoptó un enfoque cuantitativo. Según el estado de arte y los objetivos propuestos, el diseño de investigación fue de alcance correlacional. Por su duración y división en etapas, el estudio fue diacrónico. Según la perspectiva temporal, prospectivo. De acuerdo al contexto de donde se relevaron los datos, se trató de una investigación de campo. Según el tipo de conocimiento generado, la investigación fue aplicada. A su vez, en virtud de la manipulación de variables, el estudio fue pre-experimental**.**

En relación con esto último, el diseño no permite establecer causalidad entre la variable independiente (tratamiento experimental) y una o más variables dependientes (en este caso, la flexibilidad o de los miembros inferiores o de la columna). En efecto, no hubo manipulación de la variable independiente, ni grupo de comparación o grupo testigo. El incumplimiento de alguna de estas condiciones afecta el control y la validación interna del experimento, impidiendo afirmar con razonable certeza que los cambios observados en un grupo de sujetos con relación a cierta variable dependiente sean atribuibles al estímulo o tratamiento que se ha aplicado (Buendía et al., 1998).

En referencia a los altos riesgos de invalidación interna y externa a la que están expuestos los pre-experimentos, Bernal (2010) sostiene:

> Presentan el más bajo control de variables y no efectúan asignación aleatoria de los sujetos al experimento, y son aquellos en los que el investigador no ejerce ningún control sobre las variables extrañas o intervinientes, no hay asignación aleatoria de los sujetos participantes de la investigación ni hay grupo control (p. 146).

Según Salas Blas (2013), los pre-experimentos son diseños que se fundamentan en las comparaciones de los datos provenientes del mismo grupo de sujetos. Por eso es que

se denominan también “diseños intrasujeto”, dado que realizan un análisis estadístico intragrupo.

5.1.1 Procedimiento general

Ahora bien, como se ha dicho en el apartado 2.3 del marco teórico, en el SFS existen tres niveles de entrenamiento (A, B y C), con diversos grados de exigencia física, de menor a mayor esfuerzo físico. El nivel más exigente (C) es, a su vez, el más focalizado, orientado a deportistas y acróbatas que buscan una máxima flexibilidad. Como la población bajo estudio estuvo conformada por sujetos físicamente activos, pero que no eran atletas de alto rendimiento, el tratamiento o estímulo solo incluyó las modalidades A y B.

El mismo tuvo un tiempo de duración de tres meses (12 semanas). En la primera mitad del tratamiento, los sujetos realizaron los ejercicios propios de la modalidad A, en tanto que en las siguientes seis semanas se sometieron a las actividades de la modalidad B. Antes de comenzar el tratamiento, a la mitad de este (sexta semana) y a su término (decimosegunda semana) se procedió a medir el grado de flexibilidad de los participantes, mediante los instrumentos de evaluación que se detallan más adelante.

Tanto en el primer tramo del pre-experimento (modalidad A) como en el segundo (modalidad B), hubo dos encuentros por semana, cada uno con un formato propio de ejercicios y de una hora de duración.

En otras palabras, uno de los encuentros se desarrolló conforme al formato 1, mientras que el restante se organizó de acuerdo al formato 2. El formato 1 se caracterizó por contener rutinas de quiebre dorsal + apertura en segunda posición de danza clásica (spagat lateral). El formato 2 presentó rutinas de quiebre lumbar + apertura en cuarta posición de danza clásica (spagat frontal).

5.1.2 Descripción de los encuentros de entrenamiento mediante el SFS

Cada clase, tanto en el formato 1 como en el 2, se dividía en cuatro etapas, cuya duración total era de una hora y media (1:30 h). La primera de estas etapas tenía por fin la entrada en calor. Para ello se comenzaba con la movilidad articular, respetando

el orden distal proximal. Luego se trabajaba con secuencias de movimientos dinámicas con movimientos en cadenas: flexión/ extensión/ torsiones y laterales. Se prestó especial atención a la corrección técnica en la manera de entrar y salir de cada uno de los ejercicios para evitar lesiones, sin omitir el trabajo de los focos laterales.

La entrada en calor implicaba 5 secuencias de movimientos: las tres primeras ayudaban a soltar la tensión muscular, es decir, a que los músculos implicados adquirieran su elasticidad normal. Involucraban a la columna sin movilizar miembros superiores ni inferiores, a diferencia de las dos últimas, que involucraban dichos miembros. Cada secuencia de movimiento se repetía diez veces y durante el descanso se realizaba una pausa activa, realizando ejercicios de fuerza abdominal o lumbar. Al finalizar las repeticiones de la secuencia se realizaban ejercicios compensatorios como, por ejemplo, arado o posición fetal. La duración de esta actividad introductoria era de 30 m.

En la segunda parte de la clase se iniciaba el trabajo central del encuentro:

- Tren superior

En el formato 1 de clase se trabajaba la apertura de axilas poniendo especial énfasis en los pectorales. Al realizar los ejercicios de elongación se comenzaba con un ejercicio básico principal, nudo del trabajo, para después trabajar todos los músculos anexos o accesorios uniéndolos así en una secuencia de movimiento. Por ejemplo, si se iniciaba por el pectoral mayor, luego se pasaba al menor, bíceps, flexores de los dedos, etc.

En el formato 2 se trabajaba el dorsal ancho y los tríceps. Al finalizar esta rutina se realizaba la figura final del tren superior.

- Tren inferior

De igual manera, se realizaba ese procedimiento con el tren inferior y la figura correspondiente.

Posteriormente se realizaba el trabajo de miembros inferiores es decir, la apertura en segunda posición/spagat lateral en el formato 1, y la apertura en cuarta posición/spagat frontal en el formato 2.

Repitiendo el mismo criterio que en la entrada, se realizaba un ejercicio enfocado a la mayor extensión en segunda o cuarta posición. Se trabajaban los músculos accesorios del ejercicio para llegar al momento final de esta etapa, en donde se daban de 15 a 20 s hasta llegar al máximo de apertura y sostener, a partir de ahí, sin descanso, la posición durante un minuto. Esta segunda parte de la sesión de entrenamiento duraba 30 m.

La tercera parte iniciaba con los ejercicios educativos -progresiones metodológicas- para poder realizar una figura o forma corporal, tales como aguja, puente y split o spagat con los pies elevados. Esta parte de la sesión duraba 15 m.

La cuarte parte de la sesión consistía en la vuelta a la calma, que consistía en una relajación guiada o en masajes de a dos, y se extendía por el lapso de 15 m.

5.2 Diseño del objeto

La Tabla 1 expone sucintamente la unidad de análisis y las variables de estudio de la investigación, junto con los indicadores tenidos en cuenta durante el proceso de recolección de datos y los valores que podía asumir cada una de las sub-variables observadas o medidas.

Tabla 1

Operacionalización de variables

U.A.	Variable	Sub-variables	Indicador		Valor
			Dimensión	Procedimiento	
Participantes (Estudiantes del Profesorado de Educación Física del ISEF n° 1 Dr. Enrique Romero Brest, CABA)	Perfil socio-demográfico	Sexo	Características biológicas, anatómicas, fisiológicas y cromosómicas que diferencian a las personas entre hombres y mujeres	Encuesta	Hombre/Mujer
		Edad	Cantidad de años transcurridos desde el nacimiento	Encuesta	18-40 años
	Perfil sanitario	IMC	Medida de asociación entre el peso de una persona y su talla	Medición del peso (balanza) y de la talla (centímetro)	<18,5 (peso bajo); 18.5-24.9 (peso normal); 25-29.9 (sobrepeso); 30 o > (obesidad)
		Realización de actividad física	Cantidad de días a la semana que se realiza actividad física.	Encuesta	0 -7 días
	Perfil antropométrico	Talla	Estatura de la persona de pie y sentada medida en cm	Medición con un centímetro	Sin rango predeterminado
		Extensión de segmentos	Longitud de las extremidades (brazos y piernas) medidas en cm.	Medición con un centímetro	Sin rango predeterminado
	Flexibilidad	Flexibilidad de columna	Hiperextensión de columna	Test de Flop	desde -30 cm a 30 cm (escala intervalar)
		Flexibilidad de miembros inferiores	Nivel de plegado frontal	Sit and reach	desde -30 cm a 30 cm (escala intervalar)
			Apertura frontal de piernas	Spagat Frontal	desde -30 cm a 50 cm (escala intervalar)
			Apertura lateral de piernas	Spagat Lateral	desde -30 cm a 50 cm (escala intervalar)

Notas: ISEF: Instituto Superior de Educación Física; CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires; IMC: Índice de Masa Corporal; cm: centrímetros

5.3 Matriz de coherencia interna de la propuesta de investigación

A continuación, se presenta la matriz de coherencia interna de la investigación, en la que se mencionan, para cada objetivo, la hipótesis correspondiente, las variables que se midieron, los instrumentos usados para recolectar los datos y las técnicas de análisis seleccionadas para el tratamiento estadístico.

Tabla 2

Matriz de coherencia interna de la investigación

Unidad de análisis	Estudiantes del Profesorado de Educación Física del ISEF n° 1 Dr. Enrique Romero Brest, CABA. (n=19)	**Problema:** ¿Cuál es la incidencia de un plan de entrenamiento basado en el Sistema Flexibilidad Segura (SFS) sobre la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna en hombres y mujeres de entre 18 y 38 años tras un periodo de 3 meses?				
		Objetivos	**Hipótesis**	**Variable y sub-variable**	**Instrumento de recolección de datos**	**Técnica de análisis de datos ***
		General: Evaluar la eficacia de un plan de entrenamiento basado en el SFS sobre la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de hombres y mujeres de entre 18 y 38 años luego de un periodo de 3 meses.	El plan de entrenamiento basado en el SFS mejora el nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna, tanto en hombres como en mujeres de entre 18-38 años, físicamente activos, luego de un periodo de tres meses.	Flex. columna Flex. miembros inferiores	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral	Prueba *t* de Student para muestras relacionadas // Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon
		Específico 1: Identificar si existen diferencias significativas de la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes en función del tiempo de entrenamiento transcurrido usando el sistema SFS (inicio vs. día 45 vs. día 90).	Al finalizar el entrenamiento basado en el SFS (día 90), los participantes obtienen un nivel superior de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna -en términos de significancia estadística- que el nivel observado al inicio y a la mitad del tratamiento (día 45).	Flex. columna Flex. miembros inferiores	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral	Prueba de Anova para medidas repetidas // Prueba de Friedman
		Específico 2: Determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento mediante el SFS se relaciona con su edad al finalizar dicho programa de entrenamiento.	A mayor edad de los participantes, disminuye el nivel de flexibilidad de las articulaciones de sus miembros inferiores y de su columna luego de un entrenamiento de tres meses de duración basado en el SFS.	Flex. columna Flex. miembros inferiores Edad	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral Cuestionario Perfil social	Coeficiente de Pearson // Coeficiente de Spearman

		Específico 3: Identificar si existen diferencias estadísticamente significativas en la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de columna según el sexo de los participantes, tanto al inicio como al final del programa de entrenamiento mediante el SFS.	No existen diferencias estadísticamente significativas entre los hombres y las mujeres respecto al nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna al inicio y al final del entrenamiento de dicha cualidad física mediante el SFS.	Flex. columna Flex. miembros inferiores Sexo	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral Cuestionario Perfil social	Prueba *t* de Student para muestras independientes // Prueba U de Mann-Whitney
		Específico 4: Determinar si el nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna obtenido por los participantes se correlaciona con su IMC al término del entrenamiento de 3 meses de duración basado en el SFS.	El nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna obtenido por los participantes al término del programa de entrenamiento basado en el SFS no está relacionado con su IMC.	Flex. columna Flex. miembros inferiores IMC	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral Cuestionario Perfil Sanitario	Coeficiente de Pearson // Coeficiente de Spearman // Chi- Cuadrado.
		Específico 5: Establecer si la longitud de segmentos y la talla de los participantes se encuentran asociadas al nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna alcanzado al término del periodo de entrenamiento mediante el SFS.	El nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna en los participantes que se entrenaron con el SFS está asociado negativamente con la longitud de sus segmentos y su talla al término del periodo de entrenamiento (A mayor altura, menor flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna; ídem en el caso de la envergadura y la longitud de segmentos).	Flex. columna Flex. miembros inferiores Talla Longitud de segmentos Envergadura	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral Cuestionario Perfil Antropométrico	Coeficiente de Pearson // Coeficiente de Spearman // Chi-Cuadrado.
		Específico 6: Determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relaciona con la cantidad de días a la semana que realizan actividad física al finalizar dicho programa de entrenamiento.	A mayor cantidad de días en que realizan actividad física los participantes aumentan el nivel de flexibilidad de las articulaciones de sus miembros inferiores y de su columna luego de un entrenamiento de tres meses de duración basado en el SFS.	Flex. columna Flex. miembros inferiores Realización de actividad física	Test de Flop Sit and reach Spagat Frontal Spagat lateral Cuestionario Perfil Sanitario	Coeficiente de Pearson // Coeficiente de Spearman
		Diseño metodológico				
		Enfoque	**Alcance**	**Manipulación de variable**		**Tipo de muestreo**
		Cuantitativo con trabajo de campo	Correlacional	Pre-experimental		No probabilístico

Nota: * Detrás de la // se indica la prueba estadística equivalente en caso de que no se cumpla el supuesto de normalidad en la distribución de los datos. ISEF: Instituto Superior de Educación Física; CABA: Ciudad Autónoma de Buenos Aires; IMC: Índice de Masa Corporal; Flex.: flexibilidad; IMC: Índice de Masa Corporal; SFS: Sistema de Flexibilidad Segura.

5.4. Instrumentos para la producción de datos

Se emplearon tres clases de instrumentos para medir las variables bajo estudio (Cuadro 5.2): un cuestionario de datos personales; un kit de herramientas antropométricas -balanza, tallímetro y antropómetro-; y una batería de protocolos para medir la flexibilidad de columna y de miembros inferiores, cuyos valores se obtuvieron mediante una cinta métrica metálica retráctil Antropometría Isak.

El cuestionario de datos personales, diseñado de manera *ad hoc* para esta investigación, incluyó ítems que recolectaban datos sobre el sexo, la edad y la realización de actividad física/deportiva.

En cuanto al equipo antropométrico, la balanza o báscula electrónica (marca DETECTO), modelo DR400C, se empleó para medir el peso corporal. Dicha herramienta tiene incorporado un tallímetro, modelo PHR, con el fin de valorar la altura de las personas. A su vez, con el antropómetro (GPM) de 0,1 centímetros de precisión se calculó la longitud de extremidades (brazos y piernas).

La batería de protocolos o test de flexibilidad estuvo integrada por las siguientes pruebas físicas:

- Sit and Reach: tiene el propósito de valorar la amplitud de movimiento (ADM) en la flexión de tronco adelante y, para ello, utiliza un cajón de 35 cm de largo, 45 de ancho y 32 de alto, con una placa superior de 55 cm y 45 de ancho que sobresale 15 cm de la longitud del cajón. El ejecutante, sentado frente al lado más ancho del cajón, con las piernas estiradas y doblando el tronco adelante, intenta, con los brazos estirados, llegar lo más lejos posible.
- Spagat Lateral: posición física que consiste en extender las piernas a cada lado con el objetivo -idealmente- de formar un ángulo de 180 º. De esta manera, las piernas están alineadas en lateral una con la otra en direcciones opuestas. Con la cinta métrica se midió la distancia entre el piso y el punto más bajo del pubis del participante.
- Spagat Frontal: apertura de piernas en donde una pierna queda por delante del torso y la otra detrás con el propósito de formar un ángulo de 180 º. La manera

correcta de hacer el split frontal consiste en que el gemelo y los isquiotibiales de la pierna de atrás deben apuntar hacia arriba y en la pierna de delante deben apuntar hacia abajo en el suelo, luego la cadera mirando hacia adelante alineado con las piernas, y el tronco del cuerpo recto (incluyendo la cabeza). Con la cinta métrica se midió la distancia entre el piso y el punto más bajo del pubis del participante.

- Test de Flop: El propósito del test es medir la ADM mediante la cuantificación de la distancia entre los talones de manos y de pies.

Tras mencionar y describir sucintamente cada una de las pruebas usadas para valorar la flexibilidad de las articulaciones de columna y miembros inferiores, a continuación, se justifica su elección, teniendo en cuenta su grado de validez y fiabilidad. El concepto de fiabilidad expresa la consistencia o estabilidad de una medida con el mismo instrumento a lo largo de tiempo, de modo que al repetir dos o más veces una medición a un mismo individuo en circunstancias similares se obtengan resultados similares (Parco Arrondo, 2013).

Dicho de otro modo, el concepto indica si la aplicación del instrumento de evaluación ofrece los mismos resultados bajo las mismas condiciones en distintos momentos de medición. La evaluación de la fiabilidad de un procedimiento de valoración se determina al realizar diferentes tests en periodos de tiempo cortos (consistencia interna o fiabilidad relativa) o moderados (estabilidad o fiabilidad absoluta), siendo el diseño test-retest una de las vías para determinar el grado de reproducibilidad del instrumento bajo análisis (Hernández Sampieri et al., 2010).

A diferencia del anterior concepto, el de validez se define como el grado con el que un instrumento mide exactamente aquello que se pretende medir, es decir, el grado con el que cumple su objetivo (Parco Arrondo, 2013). Una forma de probar la validez de un instrumento consiste en relacionar los resultados que se obtienen mediante su uso y los arrojados por otros instrumentos o medidas ya establecidas como válidas para medir lo mismo. Estos instrumentos frente a los cuales se compara el instrumento a validar se consideran criterios externos. De allí que el tipo de validez antes descripto se denomine “validez de criterio”.

También existe la validez por juicio de expertos, que se da cuando se evalúa la opinión de expertos para determinar si un test o prueba evalúa de manera adecuada aquello que se pretende medir. Según Hernández Sampieri et al. (2010), este tipo de validez "se refiere al grado en que aparentemente un instrumento de medición mide la variable en cuestión, de acuerdo con voces calificadas" (p. 204).

Hechas las anteriores distinciones conceptuales, debe anticiparse que la información sobre la validez y fiabilidad de las pruebas elegidas para medir la flexibilidad en este trabajo es bastante dispar y asimétrica, porque con facilidad se encuentra bibliografía sobre la prueba Sit and Reach, pero distinta es la suerte con respecto a las demás pruebas, donde la información es poco precisa y escasa.

Según la revisión sistemática sobre la validez y fiabilidad de la prueba Sit and Reach realizada por Ayala et al. (2012), los resultados de estudios científicos en diferentes poblaciones muestran que el protocolo clásico o tradicional ha demostrado poseer una elevada fiabilidad relativa intraexaminador, medida a través del índice de correlación intraclase (ICC), con valores en torno a 0,91-0,98 en hombres y valores fluctuantes entre 0,96 y 0,99 en mujeres. Asimismo, se ha constatado que su validez de criterio para estimar la flexibilidad isquiosural es moderada-alta, con valores que oscilan entre r = 0,37 y 0,86 para los hombres y entre r = 0,48 y 0,85 para las mujeres. En contrapartida, dicho protocolo presenta una validez de criterio moderada-baja para la estimación de la flexibilidad de la musculatura lumbar, ya que los valores de validez oscilan entre r = 0,05 - 0,47 para los hombres y entre r = 0,15 - 0,4 para las mujeres.

En cuanto a la validez de criterio y fiabilidad del test de Flop, Spagat Frontal y Spagat Lateral, una cuidadosa investigación de Martínez López et al. (2003) sobre las pruebas más adecuadas para la evaluación de la condición física de los adolescentes de ESO y 1.º de Bachillerato en España permite inferir que ambos parámetros de calidad de un instrumento resultan deficientes. Para arribar a tal resultado los autores explican haberse basado en los valores mínimos de eficiencia recomendados por Fetz y Kornexl (1976) o Meyer-Blesh (1962). Según esos autores, el límite inferior aceptable para el coeficiente de fiabilidad es de 0,85, en tanto que para el coeficiente de validez es de 0,60. Ahora, en su estudio Martínez López et al. (2003) informan que las tres pruebas

en cuestión (Test de Flop, Spagat Frontal y Spagat Lateral) no superan los valores mínimos.

De manera similiar, en otra publicación Martínez López (2003) afirma que "los resultados obtenidos tras realizar una medición en centímetros, de alguna prueba para medir la flexibilidad, como el giro de hombros con bastón, el spagat frontal o lateral, el puente, o la abducción de las extremidades inferiores, no son del todo fiables".

El motivo de tal situación obedece a que los tests que implican la medición lineal de la distancia entre un punto y otro del cuerpo se encuentran condicionados por las medidas antropométricas de cada individuo. A esta conclusión llegó Moras (1992), cuando compara los resultados que se obtienen en el Spagat Lateral cuando se usa una medición lineal o de longitud y otra trigonométrica.

El autor asegura que las medidas de longitud están influenciadas por las características morfológicas de los atletas, tal como la longitud de la pierna y la amplitud de caderas. Por ello, "comparar atletas o realizar estudios longitudinales para determinar la evolución de esta capacidad durante la etapa de crecimiento, muchas veces no tiene la suficiente rigurosidad científica" (p. 128).

Por lo anterior, concluye su estudio diciendo que "los tests de flexibilidad que basan el resultado en la cuantificación de la distancia entre dos puntos corporales, no son demasiado fiables porque las diferencias antropométricas enmascaran el resultado" (p. 136). Sin embargo, asegura que en aquellas ocasiones en las que sea importante la rapidez o la sencillez de la medición pueden utilizarse los tests convencionales, siempre y cuando se tenga en cuenta que "los valores nada más podemos utilizarlos para controlar la evolución de un sujeto en concreto y una vez completada la edad de crecimiento" (p. 136). Esto último, por cierto, se cumplió en la presente investigación, pues los participantes eran mayores de edad, cuyas edades oscilaban entre 18 y 38 años.

Por último, queda por aludir a la validez por juicio de expertos para justificar la elección de todas las pruebas usadas en este trabajo. Más allá de que las evidencias estadísticas antes desarrolladas cuestionan la validez y fiabilidad de test de Flop, Spagat Frontal y Spagat Lateral, son numerosos los autores que aprueban y

recomiendan su uso para la valoración de la flexibilidad en distintas poblaciones, desde los manuales clásicos como el de Grosser y Starischka (1988) hasta las publicaciones científicas que contienen las baterías de condición física aplicadas por los entrenadores en gimnasia artística masculina y femenina (Irurtia et al., 2010).

5.5 Universo y muestra

El universo de la investigación se extiende al conjunto de adultos jóvenes de ambos sexos, de entre 18 y 40 años. La muestra quedó integrada por un único grupo de 19 personas.

Como se explicó antes, por el hecho de que la recolección de datos se realizó siguiendo un diseño pre-experimental, la selección de los sujetos no se hizo aleatoriamente. En efecto, para conformar la muestra se realizó una convocatoria entre los estudiantes del Profesorado de Educación Física del ISEF n° 1 Dr. Enrique Romero Brest (CABA), dada la facilidad que existía para acceder a esa población por parte de la autora de este trabajo.

De modo que, si se tiene en cuenta que en la conformación del grupo no existió aleatoriedad y, además, la muestra se seleccionó solo por estar convenientemente disponible para la investigadora, la técnica de muestreo elegida se denomina no probabilística por conveniencia (Hernández Sampieri et al., 2010).

5.5.1 Criterios de selección de la muestra

Se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

- Estudiantes del Profesorado de Educación Física del ISEF n° 1 Dr. Enrique Romero Brest.
- Hombres y mujeres, de entre 18 y 40 años.
- Personas físicamente activas. En este trabajo se consideró que un participante era físicamente activo cuando al menos una vez a la semana realizaba actividad física/entrenamiento de algún tipo e intensidad, independientemente de la actividad física realizada en el ámbito de su formación académica en el Instituto Dr. Enrique Romero Brest.

En cuanto a los criterios de exclusión, se fijaron los siguientes:

- Personas con enfermedades en el sistema locomotor (artritis, tendinitis, artrosis, etc.).
- Personas con lesiones traumatológicas en proceso de rehabilitación
- Atletas de alto rendimiento.

5.6 Plan de tratamiento y análisis de los datos

Para el análisis de datos se emplearon, para todas las variables, técnicas de estadística descriptiva, ya sea medidas de tendencia central como la media y la mediana, ya medidas de dispersión o que expresan variabilidad, como el rango, el desvío estándar, la varianza y el coeficiente de variación.

Respecto de la variable flexibilidad, específicamente, se mencionan, a continuación, las técnicas de análisis estadístico usadas en cada uno de los objetivos.

Para alcanzar el objetivo general se aplicó la Prueba *t* de Student para muestras relacionadas o pareadas, siempre y cuando la distribución de los datos obtenidos a partir de las mediciones antes y después del tratamiento era normal. Cuando el supuesto de normalidad no se cumplió, se eligió una prueba no paramétrica. En este contexto, por estar frente a muestras relacionadas, se empleó la Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (Juárez et al., 2002).

Con respecto al primer objetivo específico, es decir, identificar el tiempo necesario de entrenamiento mediante el SFS para obtener mejoras estadísticamente significativas en la flexibilidad de los miembros inferiores y de columna de los participantes, se empleó la Prueba de Anova para medidas repetidas y su equivalente no paramétrico: la Prueba de Friedman.

Dichas pruebas permitieron confirmar o rechazar la hipótesis nula -es decir, que no existía diferencia estadísticamente significativa entre los tres momentos en que se realizaron las mediciones: a) los datos correspondientes en el momento inicial; b) los obtenidos a los 45 días; c) los datos obtenidos al final del tratamiento.

En cuanto al segundo objetivo específico, es decir, determinar si la flexibilidad de los miembros inferiores y de columna de los participantes del tratamiento SFS se relacionaban con su edad al final del tratamiento, se calculó el coeficiente Rho de Spearman (ρ), debido a que la variable edad no tenía una distribución normal.

Con respecto al tercer objetivo específico, consistente en identificar si existían diferencias significativas de flexibilidad según sexo de los participantes, antes y después del entrenamiento de la flexibilidad con el SFS, se aplicó la Prueba *t* de Student para muestras independientes y la Prueba U de Mann-Whitney cuando no se satisfizo el criterio de normalidad en la distribución de los datos.

En lo concerniente al cuarto objetivo específico, a saber, determinar si existían diferencias estadísticamente significativas en la flexibilidad de los miembros inferiores y de la columna de los participantes en función del Índice de Masa Corporal (IMC) al término del periodo de entrenamiento basado en el SFS, la prueba estadística que se empleó fue el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ρ), dado que la variable IMC reflejó una distribución no normal.

En relación con el quinto objetivo específico, que buscaba establecer si la longitud de segmentos y/o la talla de los participantes sometidos al tratamiento con el SFS se encontraba asociada al nivel de flexibilidad de los miembros inferiores y de columna al término del periodo de entrenamiento, y luego de evaluar los supuestos estadísticos necesarios, en algunos casos se decidió emplear el coeficiente de correlación de Pearson (r) y en otros el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ρ).

En cuanto al sexto objetivo, consistente en determinar si existía relación entre la cantidad de días que los participantes realizaban actividad física en la semana y la flexibilidad de los miembros inferiores y de columna al término del tratamiento, se emplearon las mismas pruebas estadísticas que las mencionadas con antelación.

Por último, se informa que para el procesamiento estadístico de los datos se emplearon tres softwares: Excel (paquete Office), Jamovi y SPSS.

6. Resultados

6.1 Descripción de la muestra

Del estudio participaron 19 jóvenes estudiantes del profesorado de Educación Física del Instituto n° 1 Romero Brest (CABA), cuya edad promediaba los 22,6 años (DE=4,3) y un rango etario entre 19 y 38 años. El 42,1 % (n=8) eran hombres y el 57,9 % (n=11) eran mujeres. Todos eran físicamente activos. Al menos el 50 % (mediana) de los sujetos realizaba actividad física 3 veces por semana, siendo la media 3,4 veces (DE=1,6). El 36,8 % tenía antecedentes de lesión musculoesquelética.

La mayoría de los individuos tenía peso normal (84,2 %; n=16), en tanto que las tres personas restantes se distribuían individualmente en las siguientes categorías: bajo peso, sobrepeso y obesidad clase I (cada una representó el 5,3 % de la muestra). Las mediciones realizadas antes de dar inicio al plan de entrenamiento arrojaron que todas las variables presentaban una distribución normal (p-valor > 0,05 en la prueba de Shapiro-Wilk), excepto el IMC (p-valor= <0,001) y la longitud de piernas (p-valor= <0,001), lo que demuestra el nivel de homogeneidad de la muestra con la que se trabajó.

Tabla 3

Perfil antropométrico de los participantes (n=19)

Variable	Media	DE	Mediana	Rango	Mínimo	Máximo	Shapiro-Wilk (Sig.)
IMC	22,6	2,8	22	13	18,2	31,2	0,7 (0,001)
Peso (Kg)	64,3	11,7	63	49	41	90	0,9 (0,737)
Talla de pie (m)	1,7	0,1	1,6	0,5	1,5	2	0,9 (0,109)
Talla sentada (m)	0,9	0,04	0,9	0,2	0,8	1	0,9 (0,137)
Envergadura (m)	1,7	0,1	1,7	0,5	1,5	2	0,9 (0,819)
Longitud de piernas (m)	0,9	0,1	0,9	0,5	0,8	1,3	0,7 (0,001)
Longitud de brazos (m)	0,7	0,05	0,7	0,2	0,6	0,8	0,9 (0,314)

Nota: IMC: Índice de Masa Corporal; Kg: kilogramos; m: metros; DE: Desviación Estándar; Sig.: significancia.

6.2 Evaluación de la efectividad del SFS

De acuerdo con el objetivo general de la investigación, se determinó la incidencia de un plan de entrenamiento basado en el SFS sobre la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de hombres y mujeres de entre 18 y 38 años, físicamente activos, luego de un periodo de 3 meses.

Luego de comprobar los supuestos estadísticos de normalidad y homocedasticidad, se aplicó la Prueba t de Student para muestras relacionadas o medidas repetidas para analizar los datos de los participantes antes y después del entrenamiento en las pruebas físicas empleadas: Sit and Reach (SAR), Spagat Lateral Derecho (SLD), Spagat Lateral Izquierdo (SLI) y Spagat Frontal (SF). Solo en el Test de Flop (TF) se debió emplear la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon. En ambos tipos de pruebas (paramétricas y no paramétricas), se encontraron diferencias estadísticamente significativas (p-valor= <0,001) al comparar los datos medidos antes y después del entrenamiento, con un tamaño del efecto grande (Tabla 4).

Estos resultados permiten corroborar la hipótesis principal de investigación, en tanto que el plan de entrenamiento basado en el SFS mejoró el nivel promedio (o mediana, en el caso del TF) de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes, luego de un periodo de tres meses de duración.

Tabla 4

Análisis estadístico realizado para alcanzar el objetivo general

			Estadístico	gl	p		Tamaño del efecto
SARinicial	SAR90días	T de Student	-8,4	18	< 0,001	La d de Cohen	-1,9
TFinicial	TF90días	W de Wilcoxon	190		< 0,001	La r de Wilcoxon	-0,6
SLDinicial	SLD90días	T de Student	8,5	18	< 0,001	La d de Cohen	1,9
SLIinicial	SLI90días	T de Student	9,1	18	< 0,001	La d de Cohen	2,1
SFincial	SF90días	T de Student	11,4	18	<0,001	La d de Cohen	2,6

Nota: SAR: Sit and Reach; SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; SF: Spagat Frontal; TF: Test de Flop; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.3 Influencia del paso del tiempo en el tratamiento

El objetivo específico n° 1 consistió en conocer si existían diferencias significativas de la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes en función del tiempo de entrenamiento transcurrido usando el sistema SFS (inicio vs. día 45 vs. día 90). Con ello se buscaba medir el efecto del paso del tiempo en la adquisición de la flexibilidad.

Al verificar el cumplimiento de los supuestos estadísticos, se concluyó que era necesario aplicar en algunos casos la Prueba de Anova para medidas repetidas (Sit and Reach, Test de Flop y Spagat Frontal) y en otros la Prueba de Friedman (Spagat Lateral Derecho y Spagat Lateral Izquierdo).

En todas las pruebas físicas se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas comparadas (inicio vs. día 45; inicio vs. día 90; día 45 vs. día 90) con un tamaño de efecto grande. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en cada una de las pruebas para efectuar un análisis pormenorizado de los datos.

6.3.1 Sit and Reach

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas de la prueba Sit and Reach en los tres momentos evaluados (inicio vs. 45 días vs. 90 días) con un tamaño del efecto grande, donde $F_{(2)}=45$, $p < 0,001$, $\eta^2p= 0,7$.

Tabla 5

Prueba Sit and Reach (inicio vs. 45 días vs. 90 días): Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
MR (SAR)	285	2	142,7	45,0	< 0,001	0,7
Residual	114	36	3,2			

Nota: MR: Medidas Repetidas; SAR: Sit and Reach; gl: grados de libertad; F: distribución F; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); η^2p: eta al cuadrado parcial (medida del tamaño del efecto).

Se empleó la prueba de Tukey para identificar las divergencias intergrupales que fueran estadísticamente significativas. En todas las comparaciones entre grupos se hallaron variaciones significativas. Las puntuaciones iniciales (M=11,5; DE=11,15) fueron menores a la puntuación obtenida en la prueba SAR a los 45 días (M=14,5; DE=10,7) y a los 90 días (M=16,9; DE=9,4). Estos datos develan que la mayor diferencia entre medias se obtuvo entre la puntuación inicial y la final (DM= -5,5).

Tabla 6

Comparaciones Post Hoc – Medidas Repetidas Sit and Reach

Comparación							
MR Sit and Reach		MR Sit and Reach	Diferencia de medias	EE	gl	t	P T_{ukey}
SAR inicial	-	SAR 45 días	-2,97	0,5	18	-6,5	< 0,001
	-	SAR 90 días	-5,5	0,6	18	-8,4	< 0,001
SAR 45 días	-	SAR 90 días	-2,5	0,6	18	-4,2	0,002

Nota: MR: Medidas Repetidas; SAR: Sit and Reach; P Tukey: prueba de Tukey; EE: error estándar de la diferencia de medias; gl: grados de libertad; t: estadístico t de Student.

6.3.2 Test de Flop

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medidas del Test de Flop conforme transcurrió el tiempo del entrenamiento (inicio vs. 45 días vs. 90 días) con un tamaño del efecto grande, donde $F_{(1,40)}=25,9$; $p < 0,001$; $\eta^2p=0,6$.

Tabla 7

Test de Flop (inicio vs. 45 días vs. 90 días): Efectos Dentro de los Sujetos

	Corrección de Esfericidad	Suma de Cuadrados	gl	Media cuadrática	F	p	η^2_p
MR Flop distancia talones	Greenhouse-Geisser	2889	1,4	2061,5	25,9	< 0,001	0,6
Residual	Greenhouse-Geisser	2009	25,2	79,6			

Nota: MR: Medidas Repetidas; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); F: distribución F; η^2p: eta al cuadrado parcial (medida del tamaño del efecto).

La Prueba de Tukey arrojó divergencias intergrupales estadísticamente significativas entre todas las comparaciones de grupos realizadas. Las puntuaciones iniciales (M=92,2; DE=15,4) fueron mayores a la puntuación obtenida en la prueba a los 45 días (M=82,8; DE=15,6) y a los 90 días (M=74,8; DE=13,3). Tales resultados demuestran que la diferencia más importante entre medias se obtuvo entre la puntuación inicial y la final (DM= 17,4).

Tabla 8

Comparaciones Post Hoc – Medidas Repetidas Test de Flop distancia talones

Comparación			Diferencia de medias	EE	gl	t	P T_{ukey}
MR Flop distancia talones		MR Flop distancia talones					
Test Flop inicial	-	Test Flop 45 días	9,37	1,75	18	5,36	< 0,001
	-	Test Flop 90 días	17,42	3,09	18	5,64	< 0,001
Test Flop 45 días	-	Test Flop 90 días	8,05	2,24	18	3,59	0,006

Nota: MR: Medidas Repetidas; gl: grados de libertad; P Tukey: prueba de Tukey; EE: error estándar de la diferencia de medias; gl: grados de libertad; t: estadístico t de Student.

6.3.3 Spagat Frontal

Se hallaron diferencias estadísticamente significativas en las puntuaciones de la prueba Spagat Frontal entre los tres momentos evaluados, ya que $F_{(1,45)}=102$; $p< 0,001$; $\eta^2p=0,8$.

Tabla 9

Spagat Frontal (inicio vs. 45 días vs. 90 días): Efectos Dentro de los Sujetos

	Corrección de Esfericidad	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	p	η^2_p
MR Spagat Frontal	Greenhouse-Geisser	736	1,4	508,4	102	< 0,001	0,8
Residual	Greenhouse-Geisser	130	26,1	4,98			

Nota: MR: Medidas repetidas; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); F: distribución F; η^2p: eta al cuadrado parcial (medida del tamaño del efecto).

Mediante la Prueba de Tukey se confirmó la existencia de diferencias significativas entre todos los grupos bajo análisis. La puntuación promedio inicial (M=35,7; DE=16,4) descendió a los 45 días (M=29,7; DE=16,1) y a tras la finalización del plan de entrenamiento (M=27,2; DE=16,6). Por lo tanto, la mayor variación se produjo entre la puntuación inicial y la final (DM= 8,6). Vale notar aquí que la DM conseguida al

comparar la medición inicial con la medición a los 45 días (DM=6) fue más del doble respeto de la DM registrada entre los 45 y los 90 días (DM=2,6).

Tabla 10

Comparaciones Post Hoc – Medidas Repetidas Spagat Frontal

Comparación			Diferencia de Medias	EE	gl	t	p Tukey
MR Spagat Frontal		MR Spagat Frontal					
Spagat Frontal inicial	-	Spagat Frontal 45 días	6,0	0,6	18	9,4	< 0,001
	-	Spagat Frontal 90 días	8,6	0,8	18	11,4	< 0,001
Spagat Frontal 45 días	-	Spagat Frontal 90 días	2,6	0,4	18	6,3	< 0,001

Nota: MR: Medidas repetidas; gl: grados de libertad; P Tukey: prueba de Tukey; EE: error estándar de la diferencia de medias; gl: grados de libertad; t: estadístico t de Student.

6.3.4 Spagat Lateral Derecho

Se utilizó la prueba de Friedman para analizar las diferencias en las puntuaciones de la prueba Spagat Lateral Derecho en tres momentos distintos: inicio del tratamiento, a los 45 días y a los 90 días (finalización). Los resultados indicaron que existieron diferencias significativas en las puntuaciones entre los tres momentos, $\chi^2_{(2,N=19)} = 36,1$; $p < 0,001$. El coeficiente de concordancia de Kendall (W=0,9) mostró un tamaño del efecto muy alto, lo que sugiere una consistencia considerable en las diferencias entre los momentos evaluados[5].

[5]La consistencia considerable en las diferencias entre los momentos evaluados significa que las posiciones relativas de las puntuaciones de los participantes fueron similares en cada uno de los tres momentos. Esto está reflejado en el coeficiente de concordancia de Kendall (W=0,9), que mide el grado de acuerdo entre las mediciones. En este contexto: Un W cercano a 1 (como el 0,9 encontrado) indica que los cambios en las puntuaciones de los participantes a lo largo del tiempo siguen un patrón claro y consistente. Esto sugiere que los cambios observados no son aleatorios, sino que están relacionados de manera sistemática con los momentos evaluados.

Tabla 11

Spagat Lateral Derecho (inicio vs. 45 días vs. 90 días): Efectos dentro de los sujetos

	χ^2	gl	p	Kendall's W
Prueba de Friedman	36,1	2	< 0,001	0,9

Nota: χ^2: chi cuadrado; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); Kendall's W: coeficiente de concordancia de Kendall.

Se efectuaron comparaciones *post hoc* con la prueba Durbin-Conover, que se utiliza para identificar diferencias específicas entre pares de condiciones en un análisis no paramétrico, como el caso de la prueba de Friedman. Todas las comparaciones entre los momentos fueron estadísticamente significativas. Los participantes mostraron mejoras progresivas en las puntuaciones de la prueba de Spagat Lateral Derecho desde el inicio hasta los 90 días.

El cambio más pronunciado ocurrió entre las puntuaciones iniciales y las de los 90 días (Estadístico=26,2), seguido por las diferencias entre las puntuaciones iniciales y las de 45 días (Estadístico= 14,1), y finalmente entre los 45 días y los 90 días (Estadístico= 12).

Tabla 12

Comparaciones Entre Parejas (Durbin-Conover): Medidas repetidas Spagat Lateral Derecho

			Estadístico	p
SLD inicial	-	SLD 45días	14,1	< 0,001
SLD inicial	-	SLD 90días	26,2	< 0,001
SLD 45días	-	SLD 90días	12,0	< 0,001

Nota: SLD: Spagat Lateral Derecho; p: p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.3.5 Spagat Lateral Izquierdo

También se usó la prueba de Friedman para analizar las diferencias en las puntuaciones de la prueba Spagat Lateral Izquierdo al inicio del tratamiento, a los 45 días y a los 90 días. Se encontraron diferencias significativas en las puntuaciones entre los tres momentos, $\chi^2_{(2,\ N=\ 19)}=36,1$; $p < 0,001$. El coeficiente de concordancia de Kendall

(W=0,9) mostró un tamaño del efecto muy alto, lo que sugiere una consistencia considerable en las diferencias entre los momentos evaluados.

Tabla 13

Spagat Lateral Izquierdo (inicio vs. 45 días vs. 90 días): Efectos dentro de los sujetos

	χ^2	gl	p	Kendall's W
Prueba de Friedman				
	36,1	2	< 0,001	0,9

Nota: χ^2: chi cuadrado; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); Kendall's W: coeficiente de concordancia de Kendall.

Se efectuaron contrastes *post hoc* con la prueba Durbin-Conover entre las puntuaciones obtenidas en los diversos momentos del tratamiento. Todas las comparaciones arrojaron diferentes estadísticamente significativas. Los participantes mostraron mejoras progresivas en las puntuaciones de la prueba de Spagat Lateral Izquierdo desde el inicio hasta los 90 días. Las mayores diferencias se dieron entre las puntuaciones del inicio y las finales (Estadístico= 26,2).

Tabla 14

Comparaciones Entre Parejas (Durbin-Conover): Medidas repetidas Spagat Lateral Izquierdo

			Estadístico	p
SLI inicial	-	SLI 45días	14,1	< 0,001
SLI inicial	-	SLI 90días	26,2	< 0,001
SLI 45días	-	SLI 90días	12,0	< 0,001

Nota: SLI: Spagat Lateral Izquierdo; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.4 Relación entre la edad y la flexibilidad de los participantes

Para determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relacionaba con su edad al finalizar dicho programa de entrenamiento (objetivo específico n° 2) se calculó el coeficiente de correlación Rho Spearman (ρ), debido a que la variable edad no tenía una distribución normal.

Los resultados muestran que en los participantes las mediciones de las distintas pruebas de flexibilidad no se correlacionaban con su edad.

Tabla 15

Análisis de la relación entre edad y flexibilidad al término del tratamiento (90 días)

		Edad
SAR 90días	Rho de Spearman	-0,3
	gl	17
	valor p	0,145
SLD 90días	Rho de Spearman	0,1
	gl	17
	valor p	0,548
SLI 90días	Rho de Spearman	0,2
	gl	17
	valor p	0,359
SF 90días	Rho de Spearman	0,1
	gl	17
	valor p	0,668
Flop distancia talones 90días	Rho de Spearman	0,2
	gl	17
	valor p	0,359

Nota: SAR: Sit and Reach; SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.5 Diferencias de flexibilidad según sexo de los participantes

Se evaluó si existían diferencias estadísticamente significativas en la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de columna según el sexo de los participantes, tanto al inicio como al final del programa de entrenamiento mediante el SFS (objetivo específico n°3). Al analizar el cumplimiento de los supuestos estadísticos, se resolvió emplear la Prueba T para muestras independientes en las Pruebas SAR, SF y Flop distancia entre talones. En cambio, se empleó la U de Mann-Whitney en las Pruebas Spagat Lateral Derecho y Spagat Lateral Izquierdo.

En todos los contrastes paramétricos realizados (Prueba t de Student para muestras independientes) se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el nivel

de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de columna según el sexo (ver tabla 16).

Tabla 16

Diferencias de flexibilidad según sexo: Prueba T para Muestras Independientes

		Estadístico	gl	p	Diferencia de medias	EE de la diferencia
SAR inicial	T de Student	5,7	17	< 0,001	18,2	3,2
SAR 90días	T de Student	4,5	17	< 0,001	14,0	3,1
SF incial	T de Student	-3,8	17	0,001	-22,6	5,9
SF 90días	T de Student	-3,3	17	0,005	-20,8	6,4
Flop distancia talones inicial	T de Student	-3,5	17	0,003	-20,3	5,7
Flop distancia talones 90 días	T de Student	-3,6	17	0,002	-17,8	4,9

Nota: SAR: Sit and Reach; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); EE: error estándar.

Las diferencias intergrupales fueron favorables a las mujeres en detrimento de los hombres solo en la Prueba SAR, tanto al inicio como al final del tratamiento. En las demás pruebas, siempre los hombres obtuvieron mejores puntuaciones promedio que las mujeres, tal como se observa en la Tabla 17.

Tabla 17

Puntuaciones promedio en las pruebas SAR, SF y Flop distancia entre talones antes y después del tratamiento

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
SAR inicial	Mujer	12	18,2	18,5	6	1,7
	Hombre	7	0	3.	8	3
SAR 90días	Mujer	12	22,1	23,5	6,31	1,8
	Hombre	7	8,1	9	6,9	2,6
SF incial	Mujer	12	27,4	23,5	13	3,7
	Hombre	7	50	51	11,1	4,2
SF 90días	Mujer	12	19,5	17	13	3,7
	Hombre	7	40,3	38	14,1	5,34
Flop distancia talones inicial	Mujer	12	84,8	86	12,7	3,7
	Hombre	7	105	100	10,9	4,1
Flop distancia talones 90 días	Mujer	12	68,3	66	11	3,2
	Hombre	7	86	86	8,8	3,3

Nota: SAR: Sit and Reach; SF: Spagat Frontal; N: muestra; DE: desvío estándar; EE: error estándar.

De manera similar, en los contrastes no paramétricos (U de Mann-Whitney) se encontraron diferencias significativas entre hombres y mujeres en las dos pruebas analizadas, a saber, SLD y SLI, tanto al inicio como al final del tratamiento:

Tabla 18

Diferencias de flexibilidad según sexo: Prueba U de Mann- Whitney para muestras Independientes

		Estadístico	p
SLD inicial	U de Mann-Whitney	6,00	0,003
SLD 90días	U de Mann-Whitney	5,5	0,002
SLI inicial	U de Mann-Whitney	6,0	0,003
SLI 90días	U de Mann-Whitney	3,5	0,001

Nota: SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Laterial Izquierdo; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

En ambas pruebas los hombres prevalecieron por sobre las mujeres, ya que sus puntuaciones promedio siempre fueron superiores a las obtenidas por aquellas:

Tabla 19

Puntuaciones promedio en las pruebas SLD y SLI antes y después del tratamiento

	Grupo	N	Media	Mediana	DE	EE
SLD inicial	Mujer	12	17,2	14,5	12,6	3,6
	Hombre	7	40,3	39	9	3,4
SLD 90días	Mujer	12	6,2	3,5	7,9	2,3
	Hombre	7	26	23	7,2	2,7
SLI incial	Mujer	12	17,1	13,5	11,2	3,2
	Hombre	7	40	39	8,1	3,1
SF 90días	Mujer	12	5,3	3	6,7	1,9
	Hombre	7	25,6	25	8,9	3,4

Nota: SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; SF: Spagat Frontal; N: muestra; DE: desvío estándar; EE: error estándar.

De manera adicional a lo pautado originalmente para el análisis de este objetivo específico (Plan de Análisis de datos, sección Metodología), se implementó un ANOVA de medidas repetidas de dos vías o factores, donde las variables independientes o factores de agrupación fueron el tratamiento (mediciones al inicio y a los 90 días) y la variable nominal sexo.

En un ANOVA de dos vías de medidas repetidas, una interacción significativa entre dos factores implica que el efecto de un factor sobre la variable dependiente (en este caso, el nivel de flexibilidad en cada una de las pruebas evaluadas) depende del nivel del otro factor. Es decir, el efecto combinado de los factores en la variable dependiente no es simplemente aditivo, sino que la influencia de uno cambia según el nivel del otro.

Luego de calcular esta prueba se encontró una interacción significativa entre el tratamiento y el sexo únicamente en la prueba Sit and Reach, ya que $F(1)= 19,8$; $p= <0,001$; $\eta 2p=0,5$). De esta manera, quedó corroborado que la interacción entre los cambios en la prueba Sit and Reach y el sexo fue significativa, es decir, la magnitud del

cambio en la flexibilidad (antes y después del plan de entrenamiento) dependió del sexo.

El tamaño del efecto de la interacción fue grande, lo que indica que el sexo explica una proporción considerable de la variabilidad en los cambios de la prueba Sit and Reach. La interacción refleja que no todos los participantes del plan de entrenamiento FS experimentaron el mismo grado de mejora. Al menos en la prueba Sit And Reach, el impacto del entrenamiento dependió del género.

Tabla 20

Interacción entre el tratamiento y el sexo en la prueba Sit and Reach

Efectos Dentro de los Sujetos

	Suma de Cuadrados	gl	Media Cuadrática	F	P	η^2_p
MR Sit and Reach	321,5	1	321,5	161,3	< 0,001	0,9
MR Sit and Reach ✻ Sexo	39,5	1	39,5	19,8	< 0,001	0,5
Residual	33,9	17	2			

Nota: MR: Medidas Repetidas; gl: grados de libertad; F: distribución F; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar); η^2p: eta al cuadrado parcial (medida del tamaño del efecto).

6.6 Relación entre la flexibilidad y el IMC

Se determinó si el nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna obtenido por los participantes se correlacionaba con su IMC al término del entrenamiento de 3 meses de duración basado en el SFS (objetivo específico n°4).

Dado que la variable IMC reflejó una distribución no normal, se empleó el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ρ), pero sin hallar correlaciones estadísticamente significativas. Es decir, el nivel de flexibilidad alcanzado al término del plan de entrenamiento en las distintas pruebas físicas evaluadas no se asoció al IMC de los participantes.

Tabla 21

Relación entre la flexibilidad al término del tratamiento (90 días) y el IMC

		IMC
IMC	Rho de Spearman	—
	gl	—
	valor p	—
SAR 90 días	Rho de Spearman	0,1
	gl	17
	valor p	0,662
SLD 90 días	Rho de Spearman	-0,027
	gl	17
	valor p	0,911
SLI 90 días	Rho de Spearman	-0,075
	gl	17
	valor p	0,762
SF 90 días	Rho de Spearman	0,088
	gl	17
	valor p	0,722
Flop distancia talones 90 días	Rho de Spearman	-0,062
	gl	17
	valor p	0,8

Nota: IMC: Índice de Masa Corporal; SAR: Sit and Reach; SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.7 Relación entre longitud de segmentos, talla y flexibilidad

Se procuró establecer si la longitud de segmentos y la talla de los participantes se encontraban asociadas al nivel de flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna alcanzado al término del periodo de entrenamiento mediante el SFS (objetivo específico n° 5).

Tras evaluar los supuestos estadísticos necesarios, en algunos casos se decidió emplear el coeficiente de correlación de Pearson (r) y en otros el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ρ).

Las puntuaciones de la prueba de Sit and Reach a los 90 días correlacionaron fuertemente y en dirección inversa -negativamente- con la talla (r=-0,8; p= <0,001), la talla sentado (r=-0,7; p= <0,001) y la longitud de brazos (r=-0,8; p= <0,001),

Las puntuaciones de la prueba Spagat Frontal a los 90 días correlacionaron fuertemente, pero de manera positiva con la talla (r=0,752; p= <0,001), la talla sentado (r=0,6; p= <0,006) y la longitud de brazos (r=0,7; p= <0,001),

Las puntuaciones de la prueba Flop -distancia entre talones- a los 90 días correlacionaron moderadamente y de manera positiva con la talla (r=0,5; p= <0,044), y la longitud de brazos (r=0,6; p= <0,007).

Tabla 22

Coeficiente de Pearson: SAR 90 días, Flop 90 días, Spagat Frontal 90 días, talla, talla sentado y longitud de brazos

		Talla	Talla sentado	Longitud de brazos
SAR 90días	R de Pearson	-0,8	-0,7	-0,8
	gl	17	17	17
	valor p	< 0,001	0,001	< 0,001
SF 90días	R de Pearson	0,7	0,6	0,7
	gl	17	17	17
	valor p	< 0,001	0,006	< 0,001
Flop distancia talones 90 días	R de Pearson	0,5	0,3	0,6
	gl	17	17	17
	valor p	0,044	0,159	0,007

Nota: SAR: Sit and Reach; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

Las puntuaciones de la prueba Spagat Lateral Izquierdo a los 90 días correlacionaron fuertemente y de manera positiva con la talla (ρ =0,8; p= <0,001) y con la longitud de brazos (ρ =0,8; p= <0,001); en cambio, la correlación fue moderada y positiva con la talla sentado (ρ =0,6; p= <0,008).

Las puntuaciones de la prueba Spagat Lateral Derecho a los 90 días correlacionaron fuertemente y de manera positiva con la talla (ρ =0,8; p= <0,001) y con la longitud de

brazos (ρ =0,7; p= <0,001). Sin embargo, no hubo correlación entre aquellas y la talla sentado (ρ =0,4; p= <0,122).

Tabla 23

Correlación de Spearman: Spagat Lateral derecho e izquierdo 90 días, talla, talla sentado y longitud de brazos

		Talla	Talla sentado	Longitud de brazos
SLD 90 días	Rho de Spearman	0,8	0,4	0,7
	gl	17	17	17
	valor p	< 0,001	0,122	< 0,001
SLI 90 días	Rho de Spearman	0,8	0,6	0,8
	gl	17	17	17
	valor p	< 0,001	0,008	< 0,001

Nota: SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

En cuanto a la longitud de piernas, esta correlacionó significativamente con las puntuaciones de la mayoría de las pruebas de flexibilidad usadas, excepto con las puntuaciones de Spagat Frontal. En los demás casos, las correlaciones siempre reportaron una magnitud moderada. El sentido o dirección de las correlaciones resultó positiva, a excepción de las puntuaciones del Sit and Reach y la longitud de piernas, donde la correlación fue inversamente proporcional (negativa).

Tabla 24

Correlación de Spearman entre la flexibilidad al término del tratamiento (90 días) y la longitud de piernas

		Longitud de piernas
SAR 90 días	Rho de Spearman	-0,6
	gl	17
	valor p	0,010
SLD 90 días	Rho de Spearman	0,5
	gl	17
	valor p	0,024
SLI 90 días	Rho de Spearman	0,5
	gl	17
	valor p	0,016
SF 90 días	Rho de Spearman	0,4
	gl	17
	valor p	0,063
Flop distancia talones 90 días	Rho de Spearman	0,5
	gl	17
	valor p	0,030

Notas: SAR: Sit and Reach; SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

6.8 Relación entre flexibilidad y frecuencia de actividad física

El sexto objetivo específico consistió en determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relacionaba con la cantidad de días a la semana que realizaban actividad física al finalizar dicho programa de entrenamiento. Para ello se empleó el coeficiente de correlación de Pearson (r) o su equivalente no paramétrico, el coeficiente de correlación Rho de Spearman (ρ), cuando no se cumplía el supuesto de normalidad en la distribución de los datos.

Solamente se observó una correlación estadísticamente significativa, moderada y positiva, entre las puntuaciones de Spagat Lateral Izquierdo y la frecuencia de actividad física (ρ =0,6; p= <0,007).

Tabla 25

Correlación de Spearman: Spagat lateral derecho e izquierdo 90 días y frecuencia de actividad física semanal

		AF semanal
SLD 90 días	Rho de Spearman	0,4
	gl	17
	valor p	0,059
SLI 90 días	Rho de Spearman	0,6
	gl	17
	valor p	0,007

Nota: AF: Actividad Física; SLD: Spagat Lateral Derecho; SLI: Spagat Lateral Izquierdo; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

Tabla 26

Correlación de Pearson: Sit and Reach 90 días, Spagat Frontal 90 días, Flop -distancia entre talones- 90 días y frecuencia de actividad física semanal

		AF semanal
SAR 90 días	R de Pearson	-0,4
	gl	17
	valor p	0,113
SF 90 días	R de Pearson	0,4
	gl	17
	valor p	0,058
Flop distancia talones 90 días	R de Pearson	0,4
	gl	17
	valor p	0,094

Nota: AF: Actividad Física; SAR: Sit and Reach; SF: Spagat Frontal; gl: grados de libertad; p: probabilidad (de que los resultados observados se deban al azar).

7. Discusión

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la eficacia del SFS, un modelo de entrenamiento de alta intensidad, diseñado para mejorar la flexibilidad de la columna y los miembros inferiores en población físicamente activa. En conexión con lo dicho, los resultados obtenidos permiten extraer conclusiones relevantes sobre la relación entre este tipo de entrenamiento y los cambios en la movilidad articular de columna y miembros inferiores de quienes participaron del estudio, a saber, 19 estudiantes de un Profesorado de Educación Física de CABA.

Es por ello que, a fin de adquirir una comprensión más acabada y precisa de los hallazgos y sus alcances, los mismos serán puesto en diálogo con las conclusiones de otros estudios para que, por vía de comparación, se aprecien tantas semejanzas y diferencias como sea posible y se logre una mejor interpretación de los resultados de este trabajo. Para una exposición más ordenada de la discusión, se seguirá el curso de los objetivos que guiaron el desarrollo de la investigación.

Ante todo, y en lo que refiere al objetivo general, se observaron diferencias estadísticamente significativas en todas las pruebas físicas aplicadas (Sit and Reach, Spagat Frontal, Spagat Lateral Derecho e Izquierdo y Test de Flop), con un tamaño del efecto grande, lo que respalda la efectividad del programa evaluado en esta ocasión. Ello implica que el plan de entrenamiento de alta intensidad, basado en el SFS, mejoró la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de hombres y mujeres de entre 18 y 38 años, físicamente activos, luego de un periodo de 3 meses.

En línea con estas evidencias, Lasso-Quilindo et al. (2024) demostraron en sus investigaciones que el entrenamiento de alta intensidad, correctamente dosificado, genera adaptaciones positivas en la condición física general y el rendimiento deportivo en corredores de media distancia de 800 y 1500 m, incluyendo la flexibilidad. Los participantes (n=4) realizaron 3 sesiones semanales durante 12 semanas de entrenamiento de intervalos de alta intensidad (HIIT). Antes y después de la parte central de las sesiones HIIT se empleó un volumen elevado de ejercicios de

estiramiento dinámico y estático respectivamente, con series de ejercicios de 30 segundos sobre varios grupos musculares y principalmente de los miembros inferiores. Los datos arrojaron una mejora significativa en la flexibilidad de la espalda baja y en la musculatura isquiosural de todos los sujetos.

Otro reciente estudio de Gonçalves et al. (2025) respaldó la efectividad del HIIT en la mejora de la flexibilidad de la columna vertebral. El programa de ocho semanas de duración implementado produjo mejoras significativas en el rango de movimiento (ROM) de las regiones lumbar y torácica de la columna durante la marcha en el plano sagital.

A su vez, una investigación de Valentim-Silva et al. (2016) probó que el ejercicio de alta intensidad influía en la flexibilidad muscular de manera aguda. Del estudio participaron 43 jóvenes de entre 18 y 28 años que realizaron 10 repeticiones al 85% de su repetición máxima en prensa de piernas. La flexibilidad se evaluó mediante la prueba de sentarse y alcanzar antes y después del ejercicio. Los resultados mostraron un aumento significativo en el rango de movimiento desde la cuarta hasta la séptima repetición, indicando un efecto dependiente de la dosis.

Respecto del objetivo específico 1, se identificaron mejoras progresivas en la flexibilidad de columna y miembros inferiores conforme avanzaba el entrenamiento, con diferencias significativas entre las mediciones iniciales, intermedias (día 45) y finales (día 90). Esto sugiere que el paso del tiempo y la continuidad del entrenamiento influyeron positivamente en la adquisición de la flexibilidad, lo cual coincide con el hallazgo de Warneke et al. (2023), quienes probaron empíricamente que la flexibilidad de los flexores plantares de un grupo de adultos sanos físicamente activos dependía de la duración y el volumen del entrenamiento diario del estiramiento.

En relación con el objetivo específico 2, que exploraba la relación entre la edad y la flexibilidad de columna y miembros inferiores, no se encontró una correlación estadísticamente significativa. Por lo tanto, la edad de los participantes no parece haber sido un factor determinante en los niveles de flexibilidad alcanzados tras el entrenamiento. Ello se contrapone a lo aceptado generalmente sobre la relación entre

la edad y la flexibilidad, pues se sabe que esta última tiende a disminuir con el paso del tiempo, es decir, a mayor edad, menor es la flexibilidad (Castillo Hernández et al., 2018).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta un dato que fue mencionado al describir la composición sociodemográfica de la muestra (p. 54): la relación entre la desviación estándar (DE= 4,3) y el promedio de la edad (M=22,6 años) de los participantes, que arroja un coeficiente de variación (CV) bajo, de 0,19 o del 19%. En este contexto, ese valor sugiere que la edad de los estudiantes es relativamente homogénea y no hay una gran variabilidad en el grupo respecto a dicha variable, es decir, la mayoría de las edades están bastante cerca del promedio. Esta situación puede afectar el resultado de una prueba de correlación, pues una mayor variabilidad etaria entre los participantes podría haber arrojado un coeficiente de correlación distinto al encontrado, incluso estadísticamente significativo.

El objetivo específico 3, que analizaba las diferencias en flexibilidad según el sexo, reveló una interacción significativa entre ambas variables solamente en la prueba Sit and Reach, y a favor de las mujeres. El tamaño del efecto de esta interacción fue grande, lo que indica que el impacto del entrenamiento en la flexibilidad de esta prueba dependió del sexo de los participantes. Dicho dato confirma el hecho ya conocido de que las mujeres, en general, tienden a ser más flexibles que los hombres de la misma edad, producto de una mejor dotación para absorber los estiramientos elásticos y el umbral del dolor (Castillo Hernández et al., 2018; Morenilla Burló e Iglesias Soler, 2012; Rojas-Laverde et al., 2016).

En cuanto al objetivo específico 4, no se halló una correlación significativa entre el nivel de flexibilidad de columna y miembros inferiores, alcanzado al término del entrenamiento, y el índice de masa corporal (IMC), lo que sugiere que el peso relativo de los participantes no estuvo asociado a la mejora de la flexibilidad. Este resultado coincide con el hallazgo de Palma Pulido et al. (2021), quienes demostraron que la masa grasa puede disminuir la capacidad cardiovascular y resistencia a la fuerza, pero que la flexibilidad y la velocidad-agilidad no necesariamente se alteran.

En lo concerniente al objetivo específico 5, se identificó que la talla, la longitud de brazos y la talla sentado correlacionaron significativamente con la flexibilidad en ciertas pruebas, aunque en direcciones opuestas, según la prueba evaluada. Esto ratifica el conocimiento ampliamente admitido de que ciertas variables antropométricas pueden influir en la capacidad de elongación y movilidad de las articulaciones (Hernández Díaz, 2006; Docherty y Bell, 1985).

El sexto objetivo específico consistió en determinar si la flexibilidad de las articulaciones de los miembros inferiores y de la columna de los participantes del tratamiento basado en el SFS se relacionaba con la cantidad de días a la semana que realizaban actividad física. Es cierto que solo se encontró una correlación estadísticamente significativa, moderada y positiva, entre las puntuaciones de Spagat Lateral Izquierdo y la frecuencia de actividad física, pero este descubrimiento se añade al conjunto de estudios que afirman que los niveles de flexibilidad dependen del nivel de actividad física de los sujetos y que dicha cualidad es inversamente proporcional a su grado de sedentarismo (Morenilla Burló e Iglesias Soler, 2012; Martin et al., 2004).

Resumiendo lo dicho, y desde una perspectiva comparativa, los resultados obtenidos coinciden con los antecedentes de este trabajo (apartado 1.2), que han evidenciado mejoras en la flexibilidad de miembros inferiores y columna de sujetos con diferentes características sociodemográficas, sometidos a programas de entrenamiento específicos. Sin embargo, los programas de entrenamiento relevados en la literatura referida discrepan respecto del usado en esta oportunidad, fundamentalmente por el hecho de que carecen de la combinación de diversos métodos en un mismo sistema, que es el rasgo distintivo del SFS.

8. Limitaciones y futuras líneas de investigación

Si bien el plan de entrenamiento basado en el SFS demostró ser una estrategia eficaz para mejorar la flexibilidad de los miembros inferiores y la columna en adultos jóvenes físicamente activos, cabe advertir, no obstante, que la interpretación de los hallazgos obtenidos al desarrollar cada uno de los objetivos propuestos debe realizarse sin omitir algunas limitaciones que tuvo la investigación. Es preciso, en otras palabras, determinar el alcance de la investigación y señalar algunas limitaciones del estudio realizado para no distorsionar los resultados obtenidos.

Así, desde el punto de vista del diseño metodológico, este fue pre-experimental, por lo que no incluyó un grupo control ni asignación aleatoria de los participantes, lo que impide establecer una relación causal directa entre la aplicación del SFS y la mejora en la flexibilidad observada. Esto limita la validez interna de los hallazgos.

Además, la muestra estuvo compuesta por estudiantes de educación física seleccionados por conveniencia, lo que restringe la generalización de los resultados a otras poblaciones con diferentes niveles de actividad física o características demográficas. Si bien el estudio respalda la eficacia del SFS en adultos jóvenes físicamente activos, no se puede inferir con certeza si este sistema sería igualmente efectivo en adultos mayores, atletas de élite o personas con restricciones de movilidad.

Otro aspecto discutible del estudio es la homogeneidad de la edad de los participantes, tal como se ha planteado en el apartado anterior a propósito de los resultados obtenidos en el objetivo específico 2, ya que, cuando se analiza si existe relación entre dos variables, la homogeneidad de alguna de ellas -en este caso, la edad- es un factor que conspira contra la posibilidad de hallar una correlación estadísticamente significativa.

En cuanto a la duración del entrenamiento, este tuvo una extensión de tres meses (12 semanas), un período suficiente para evaluar mejoras a corto plazo, pero insuficiente para analizar la sostenibilidad de los cambios en flexibilidad a largo plazo. Además,

aunque se evaluaron factores como edad, sexo, IMC y longitud de segmentos corporales, otras variables individuales (historial de entrenamiento, genética, movilidad basal) no fueron controladas y podrían haber influido en los resultados.

Es importante subrayar también que para la medición de la flexibilidad se emplearon métodos lineales (Sit and Reach, Spagat Frontal, Spagat Lateral Derecho e Izquierdo y Test de Flop). Si bien son pruebas estandarizadas, fáciles de administrar y que requieren menos equipo especializado para su instrumentación, la medición puede verse afectada por variables ajenas a la flexibilidad articular, como la longitud de las extremidades. Por ello, no permiten distinguir si la mejora en la flexibilidad es producto de un mayor ROM o simplemente de un factor estructural, a saber, por una mejor adaptación en la postura o en la mecánica del movimiento.

Una última limitación que corresponde mencionar es la falta de comparación con otros métodos de entrenamiento, ya que no se realizó una comparación directa con otros programas de entrenamiento de la flexibilidad, lo que impide determinar si el SFS es más o menos efectivo que otras metodologías, como el estiramiento estático, el FNP o el foam rolling.

A partir de las limitaciones antes señaladas, es posible plantear futuras líneas de investigación. En primer lugar, sería conveniente continuar explorando el protocolo de entrenamiento propuesto por el SFS en diferentes poblaciones y contextos. Así, por ejemplo, y con las debidas adaptaciones, podría indagarse la incidencia del SFS en la prevención de la pérdida de movilidad articular en adultos mayores o si dicho sistema puede ser utilizado en la rehabilitación fisioterapéutica de personas con limitaciones físicas o lesiones musculoesqueléticas.

Además, dado que al evaluar la posible correlación entre variables, si una de ellas -en este caso, la edad- tiene poca variabilidad, será más difícil encontrar una relación significativa con la otra -flexibilidad de columna y de miembros inferiores-, porque las edades no están distribuidas de manera que puedan mostrar una tendencia clara hacia un aumento o disminución de la flexibilidad, se recomienda a futuro incluir participantes de otros rangos etarios -por ejemplo, adolescentes y adultos jóvenes- a

fin de ampliar la variabilidad de la muestra en cuanto a la edad, y así evitar el problema señalado de la homogeneidad en esta variable.

En segundo lugar, y a fin de robustecer el enfoque metodológico, sería necesario un estudio de tipo explicativo, a través de un diseño experimental de pre-prueba y pos-prueba controlado y aleatorizado. Ello aumentaría la validez de los resultados, disminuiría posibles sesgos y permitiría generalizar los resultados. Más aún, se podrían formular estudios longitudinales que analicen la sostenibilidad de los efectos del SFS a largo plazo (seis meses, un año después de la intervención).

En línea con lo ya dicho, la comprensión sobre la eficacia el SFS podría profundizarse mediante estudios experimentales donde se evalúen conjuntamente los resultados obtenidos con el SFS y otros métodos de entrenamiento de la flexibilidad que gozan de aceptación generalizada entre los especialistas, tales como el estiramiento estático, la FNP o el Foam Rolling.

Por otra parte, futuras investigaciones podrían suplir los métodos lineales de medición de la flexibilidad que aquí fueron utilizados por métodos angulares (medición en grados, con goniómetros o inclinómetros), los cuales permiten una medición más precisa y estandarizada del ROM**.** Ciertamente, estos métodos son recomendados en estudios científicos porque minimizan la influencia de factores antropométricos (como la longitud de las extremidades), aunque su empleo está supeditado a la disponibilidad de recursos para acceder a los mismos.

En tercer lugar, parece razonable estudiar los beneficios indirectos que se consiguen tras la implementación del SFS. En este sentido, sería relevante examinar si el SFS incrementa el desarrollo de otras cualidades físicas como como la fuerza y la velocidad. A su vez, se podría averiguar si dicho sistema de entrenamiento optimiza el desempeño deportivo en disciplinas que requieren altos niveles de flexibilidad, como la gimnasia, la danza o las artes marciales, o si previene la aparición de lesiones deportivas en tales actividades.

En cuarto lugar, sería factible diseñar y validar programas de entrenamiento basados en el SFS de alcance diferenciado: programas de corta duración para mejoras rápidas en la movilidad, protocolos de mantenimiento para evitar la regresión de la flexibilidad, estrategias combinadas con otros tipos de entrenamiento funcional.

En quinto lugar, incorporar herramientas de análisis biomecánico (plataformas de fuerza, electromiografía, captura de movimiento 3D) para evaluar los cambios estructurales y funcionales inducidos por el SFS.

En sexto y último lugar, el conocimiento sobre la eficacia del SFS se consolidaría fuertemente si a futuro cualquier estudio incluyera la consideración de las variables individuales que influyen en la respuesta al SFS (diseños factoriales). Esto implicaría retomar los objetivos específicos de este trabajo para conocer si los efectos de dicho sistema de entrenamiento varían o dependen de factores como el sexo, la edad, las diferencias antropométricas, el nivel de entrenamiento previo o el tipo de práctica deportiva, por mencionar algunas variables independientes que pueden afectar los valores de flexibilidad de una persona.

9. Conclusión

Los resultados obtenidos en este estudio, analizados y discutidos a la luz de los aportes de otras investigaciones, permiten corroborar la hipótesis principal que se había planteado, dado que el entrenamiento basado en el SFS mejoró significativamente la flexibilidad de columna y miembros inferiores de un grupo de sujetos físicamente activos tras un periodo de tres meses, con una frecuencia de dos veces por semana y sesiones de una hora cada una.

De esta manera, puede afirmarse que el SFS, en tanto que combina el método activo estático y el activo-dinámico, el método pasivo, el método balístico y el método FNP, es una propuesta que resulta eficaz para aquellos interesados en desarrollar o potenciar la cualidad física de la flexibilidad a través de una metodología de trabajo físico integradora.

Finalmente, los hallazgos de esta investigación aportan evidencia empírica sobre la utilidad de intervenciones de alta intensidad orientadas a mejorar la flexibilidad, y sugieren que la dosificación, frecuencia y tipo de ejercicio son variables críticas por considerar en el diseño de programas eficaces, incluso en poblaciones activas.

10. Referencias

American College of Sports Medicine [ACSM] (1998). American College for sport Medicine Exercise and Physical activity for older adults. *Med Sci Sports Excr, 6(*30), 992-1008.

American College of Sports Medicine [ACSM] (2000). *ACSM's guidelines for exercise testing and prescription.* Lippincott, Williams & Wilking.

Álvarez de Villar, C. (1985). *La preparación física del fútbol basada en el atletismo*. Gymnos.

Andújar, P. y Santonja, F. (1996). Higiene postural en el escolar. En Ferrer, V., Martínez, L. y Santonja, F. (Eds.). *Escolar: Medicina y Deporte* (pp. 342-367). Diputación Provincial de Albacete.

Alter, J.M. (1996). *Science of flexibility.* Human Kinetics.

Alter, M. (2004). *Los estiramientos. Desarrollo de ejercicios*. Paidotribo.

Ayala, F., Sainz de Baranda, P. y Cejudo, A. (2012). El entrenamiento de la flexibilidad: técnicas de estiramiento. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte, 5*(3), 105-112.

Ayala, F., Sainz de Baranda, P., Ste Croix de, M. y Santonja, F. (2012). Fiabilidad y validez de las pruebas sit-and-reach: revisión sistemática. *Rev Andal Med Deporte, 5*(2), 53-62.

Aznar Laín, S. y Webster, T. (2006). *Actividad física y salud en la infancia y la adolescencia. Guía para todas las personas que participan en su educación.* Ministerio de Educación y Ciencia/Ministerio de Sanidad y Consumo.

Behm, D., Wong, D., Chaouachi A. y Lau, P. (2015). Comparison of the efecto of interset dynamic and static stretching on the upper and lower body performance of male bodybuilders. *Physical Education and Sport, 13*(3), 329-339.

Behm, D., Wong, D., Chaouachi A. y Lau, P. (2017). El estiramiento estático de corta duración combinado con Estiramientos dinámicos no afecta el rendimiento de esprints repetidos ni de agilidad. *Revista de entrenamiento deportivo, 31*(2). https://bit.ly/36urAxk

Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Pearson Educación.

Brach, J.S. & VanSwearingen, J.M. (2002). Physical Impairment and Disability: Relationship to Performance of Activities of Daily Living in Community-Dwelling Older Men. *Physical Therapy, 82*(8),752–761.

Buendía, L., Colás, P. y Hernández, F. (1998). Métodos de investigación en psicopedagogía. McGraw-Hill/ Interamericana de España.

Cantó, E. G. y Soto, J. J. (2013). Sistemas para el entrenamiento de la fuerza y la resistencia. Revista Educación Física y Deportes, 17(177). https://bit.ly/2VgRuQe

Castillo Hernández, N., Huerta Ojeda, A., Galdames Maliqueo, S. y Cancino López, J. (2018). *Ejercicio y condición física*. Universidad de Playa Ancha.

Ciurlizza Escobar, F., Becerra-Bravo, G. y Bravo-Cucci, S. (2023). Efecto a corto plazo de la técnica de deslizamiento neurodinámico sobre la flexibilidad de los músculos isquiosurales en futbolistas universitarios: un estudio piloto de ensayo clínico aleatorizado. *Retos*, 50, 1010-1018.

Cornwell, A., Nelson, A.G. & Sidaway, B. (2002). Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex. *Eur J Appl Physiol,* 86, 428–434.

Dadebo, B., White, J. & George, K. (2004). A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England. *Br. J. Sports Med., 38* (4),388-394.

DeChile.net (2022). Flexibilidad. https://bit.ly/3733b6P

De la Reina Montero, L. y Martínez de Haro, V. (2003). *Manual de teoría y práctica del acondicionamiento físico*. CV Ciencias del Deporte.

Dick, F.W. (1993). *Principios del entrenamiento deportivo*. Paidotribo.

Di Santo, M. (1997). Bases neurofisiológicas de la flexibilidad. Parte 2. https://bit.ly/3fT1AQ2

Di Santo, M. (2000). Entrenamiento de la Flexibilidad. https://bit.ly/2CZEjxD

Docherty, D. y Bell, R. D. (1985). The relationship between flexibility and linearity measures in boys and girls 6-15 years of age. *Journal of human movement studies, 11*(5), 279-288.

Einsingbach, T., Klümper, A. y Biedermann, L. (1989). *Fisioterapia y rehabilitación en el deporte.* Scriba.

Escalante, A., Lichtenstein, M.J. & Hazuda, H.P. (2001). Walking velocity in aged persons: its association with lower extremity joint range of motion. *Arthritis and Rheumatism, 45*(3),287-294.

Fernández-Lázaro, D., Fernández-Lázaro, C., Santamaría, G. y Seco-Calvo, J. (2022). Efectos del rodillo de espuma o foam roller sobre el rango de movimiento, la flexibilidad, la fuerza y el dolor muscular de inicio retardado en deportistas de alto rendimiento. *Arch Med Deporte, 40*(3), 145-154.

Fucci, S. y Benigni, M. (1988). *Biomecánica del aparato locomotor aplicada al acondicionamiento muscular.* Doyma, D.L.

Generelo, E. y Lapetra, S. (1993). Las cualidades físicas básicas: análisis y evolución. El desarrollo de la condición física infantil. En Blázquez Sánchez, D. (edit.) *Fundamentos de Educación Física para enseñanza primaria (pp. 535-569).* INDE.

Gilbert, C.B., Gross, M.T. & Klug, K.B. (1998). Relationship between hip external rotation and turnout angle for the five classical ballet positions. *J Ortho Sports Phys Ther., 27(*5), 339-47.

Gil Sánchez, F. (1998). La edad escolar como paradigma de la iniciación deportiva. Congreso "La educación física y el deporte en edad escolar", Tajamar, Madrid, 14 de marzo de 1998.

Gil Soares de Araújo, C. (2005). *FLEXITEST. Un método innovador de evaluación de la flexibilidad.* Editorial Paidotribo.

Gonçalves, S. F., do Vale, A. F., La Scala Teixeira, C. V., de Oliveira, J. S., Vitória, J. R., Carneiro, J. A., & Campos, M. H. (2025). Eight-Week Pilates or Whole-Body High-Intensity Interval Training Program Improves Spinal Range of Motion During the Gait Cycle in Sedentary Women: A Preliminary Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 22*(2), 162. https://doi.org/10.3390/ijerph22020162

Grahame, R. (1971). Hiperlaxitud articular: aspectos clínicos. *Actas de la Royal Society of Medicine*, *64*(6), 692-694.

Grosser, M. y Starischka, S. (1988). *Test de la condición física*. MR Ediciones.

Haab,T., Massing, M. y Wydra, G. (2018). Inicio de EMG después de una intervención de estiramiento de 10 semanas: una comparación entre adultos mayores y adultos jóvenes. https://bit.ly/3elHtbV

Hauer, K., Rost, B., Rütschle, K., Opitz, H., Specht, N., Bärtsch, P., Oster, P. & Schlierf, G. (2001). Exercise training for rehabilitation and secondary prevention of falls in geriatric patients with a history of injurious falls. *J Am Geriatr Soc*., *49*(1), 10-20.

Herbert, R.D. & Gabriel, M. (2002). Effects of stretching before and after exercising on muscle soreness and risk of injury: systematic review. *BMJ, 325*(7362), 468-470.

Hernández Díaz, P.E. (2006). Flexibilidad: Evidencia Científica y Metodología del Entrenamiento. *PubliCE.* https://bit.ly/2QqGRI3

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C. y Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación.* McGraw-Hill.

Ilisástigui-Avilés, M. (2020). La flexibilidad como dirección del rendimiento deportivo. *Flexibility as a direction of sports performance. Arrancada, 20*(36), 80–88. https://bit.ly/3IGqcZV

Irurtia, A., Busquets, A., Carrasco, M., Ferrer, B. y Marina, M. (2010). Control de la flexibilidad en jóvenes gimnastas de competición mediante el método trigonométrico: un año de seguimiento. *Apunts Med Esport, 45*(168), 235-242. https://bit.ly/2XqluuK

Juárez, F., Villatoro, J. A. y López, E. K. (2002). *Apuntes de Estadística Inferencial.* Instituto Nacional de Psiquiatría Ramón de la Fuente.

Katzmarzyk, P. T. & Craig, C. L. (2002). Musculoskeletal fitness and risk of mortality. *Med. Sci. Sports Exerc., 34*(5), 740-744.

Knudson, D., Magnusson, P. & McHugh, M. (2000). Current issues in flexibility fitness. *President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest,3*(10), 1-9.

Lasso-Quilindo, C. A., Chalapud-Narváez, L.M., Medina-López, J.E. y GarcíaMantilla, E.D. (2024). Efectos del HIIT sobre la Condición Física y el Rendimiento Deportivo en Corredores de Media Distancia de 800 y 1500 m de Para Atletismo: Un Estudio de Caso. *Retos*, 56, 707-717.

Manzano Moreno, J.I. (2004). Clarificación de conceptos relacionados al entrenamiento deportivo. *Escuela Abierta,* 7, 55-71.

Martin, D., Nicolaus, J., Ostrowski, C. y Rost, K. (2004). *Metodología general del entrenamiento infantil y juvenil.* Paidotribo.

Martínez López, E. (2003). La Flexibilidad. Pruebas aplicables en educación secundaria. Grado de utilización del profesorado. *EFDeportes.com, Revista digital, 8*(58). https://www.efdeportes.com/efd58/flex.htm

Martínez López, E., Zagalaz Sánchez, M. y Linares Girela, D. (2003). Las pruebas de aptitud física en la evaluación de la Educación física de la ESO. *Apunts. Educació Física i Esports, 1*(71), 61-77. https://raco.cat/index.php/ApuntsEFD/article/view/301362

Más Valle, J. M. (2007). Programa de desarrollo de la flexibilidad en fútbol [online]. *Efdeportes.com*, 12(110). https://bit.ly/34AojMf

Matvéev, l. (1983). *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. Editorial Raduga.

Merino-Marban, R., Becerra Fernández, C. y Fernández-Rodríguez, E. (2014). Eficacia de programas de estiramiento isquiosural en mayores de 60 años. Revisión sistemática. *RETOS. Nuevas Tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 26, 84-87. https://bit.ly/34hppy2

Merí Vived, A. (2005). *Fundamentos de Fisiología de la actividad física y el deporte*. Ed. Médica Panamericana.

Moras, G. (1992). Análisis crítico de los actuales tests de flexibilidad. Correlación entre algunos de los tests actuales y diversas medidas antropométricas. *Apunts, 29* (112), 127-138.

Moras, G. (2003). *Amplitud de movement articular i la seva valoració: el test flexomètric*. [Tesis doctoral, Universidad de Barcelona] https://bit.ly/3UwhS5k

Morenilla Burló, L. e Iglesias Soler, E. (2012). Relación entre hábitos de práctica deportiva y condición física en adolescentes de Galicia. *Apunts Educación Física y Deportes* (107), 24-34. https://www.redalyc.org/pdf/5516/551656918003.pdf

Muñoz Rivera, D. (2009). Capacidades físicas básicas. Evolución, factores y desarrollo. Sesiones prácticas. *Revista Digital Efdeportes.com, 14*(131). https://bit.ly/2YnwFEV

Nishikawa, Y., Aizawa, J., Kanemura, N., Takahashi, T., Hosomi, N., Maruyama, H., Kimura, H., Matsumoto, M. & Takayanagi, K. (2015). Immediate effect of passive and active stretching on hamstrings flexibility: a single-blinded randomized control trial. *J. Phys Ther Sci., 27*(10), 3167-3170. doi:10.1589/jpts.27.3167.

Palma Pulido, L. H., Méndez Díaz, C. H., Cespedes Manrrique, A., Castro Mejía, J. A., Viveros Restrepo, A., Garzón, K. A., Arroyave Aristizabal, A., Cardona, W. A., & Restrepo Ríos, Álvaro J. (2021). Asociación entre la composición corporal y la condición física en estudiantes de grado sexto, pertenecientes a la institución educativa moderna de Tuluá, Colombia año 2019. *Retos*, 39, 539–546. https://doi.org/10.47197/retos.v0i39.77988

Parco Arrondo, A. (2013). Pruebas para valorar las cualidades físicas básicas de los alumnos en Educación Física. *EFDeportes.com, Revista digital, 18*(186). https://www.efdeportes.com/efd186/pruebas-para-valorar-las-cualidades-fisicas.htm

Paredes-Gómez, R. y Potosí-Moya, V. (2023). Análisis del protocolo de curl Nórdico de isquiotibiales en la flexibilidad de los deportistas. *Retos*, 48, 720-726.

Pate, R.R., Pratt, M., Blair, S.N., Haskell, W.L., Macera, C.A., Bouchard, C., Buchner, D., Ettinger, W., Heath, G.W., King, A.C. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA, 273*(5):402-407.

Pereira Bacurau, R.F., Monteiro, G.A., Ugrinowitsch, C., Tricoli, V., Cabral, L.F. & Aoki, M.S. (2009). Acute Effect of a Ballistic and a Static Stretching Exercise Bout on Flexibility and Maximal Strength. *J Strength Cond Res; 23*(1), 304-308. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181874d55

Plowman, S.A. (2013). Muscular Strength, Endurance, and Flexibility Assessments. In S. A. Plowman & M.D. Meredith (Eds.). *Fitnessgram/Activitygram Reference Guide* (pp. 8.1-8.55). The Cooper Institute. https://bit.ly/30gyd3s

Portilla-Dorado, E., Villaquiran-Hurtado, A. y Molano-Tobar, N. (2019). Potencia del salto en jugadores de fútbol sala después de la utilización del rodillo de espuma y la facilitación neuromuscular propioceptiva en la musculatura isquiosural. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 43*(167), 165-176. https://doi.org/10.18257/raccefyn.846

Prentice, W.E. (1997). *Técnicas de rehabilitación en la medicina deportiva*. Editorial Paidotribo.

Rabadán de Cos, I. y Rodríguez Barrios, A. (2010). Las capacidades físicas básicas dentro de la educación secundaria: una aproximación conceptual a través de la revisión del temario para oposiciones. *EFDeportes.com, 15*(147) https://www.efdeportes.com/efd147/las-capacidades-fisicas-basicas-dentro-de-secundaria.htm

Ramírez, C., Dallos, D. y Montañez, C. (2006). Tiempo y frecuencia de aplicación del estiramiento muscular estático en sujetos sanos: una revisión sistemática. *SaludUIS,* 38, 209-220. https://core.ac.uk/download/pdf/230209459.pdf

Reid, D.C., Burnham, R.S., Saboe, L.A. & Kushner, S.F. (1987). Lower extremity flexibility patterns in classical ballet dancers and their correlation to lateral hip and knee injuries. *Am J Sports Med., 15*(4), 347-352.

Rey, E., N-Cabo, A.P., Costa, P.B. & Barcala-Furelos, R. (2019). Effects of Foam Rolling as a Recovery Tool in Professional Soccer Players. *J strength Cond Res.,* 33, 2194-2201.

Rezzonico, G. (2022). Efecto de la implementación de un programa de flexibilidad sobre los ROM articulares y la velocidad de los golpes rectos de puño en atletas de boxeo y muay thai. *MLS Sport Research, 2*(1), 18-36. doi:10.54716/mlssr.v2i1.1065.

Richman, E.D., Tyo, B.M. & Nicks, C.R. (2019). Combined Effects of Self-Myofascial Release and Dynamic Stretching on Range of Motion, Jump, Sprint, and Agility Performance. *J strength Cond Res*., 33, 1795-1803.

Rikli, R.E. & Jones, J.C. (1997). Assessing Physical Performance in Independent Older Adults: Issues and Guidelines. *Journal of Aging and Physical Activity, 5*(3), 244–261.

Rodríguez, F. A. (1995). Prescripción de ejercicio para la salud (I). Resistencia cardiorrespiratoria. *Apunts. Educación Física y Deportes,* 39, 87-102.

Rodríguez, P. L. y Moreno, J. A. (1996). La iniciación al voleibol como medio para una formación integral en Educación Física. En J. A. Moreno y P. L Rodríguez. (Eds.). *Aprendizaje deportivo* (pp. 283-310). Gráficas Yuliá.

Rojas, E.O., Supital, R. A., Delgado, D. y Renda, J.M. (2012). Actualización bibliográfica en trabajos de flexibilidad relacionados a la actividad física. Capítulo I. [Informe del Laboratorio de Fisiología del ISEF N°1]. https://bit.ly/32Ox5Hd

Russell, T. & Bandy, W.D. (2004). Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training, 39*(3), 254-258.

Sánchez-Sánchez, J., Rodríguez-Fernández, A., Villa-Vicente, G., Petisco-Rodríguez, C., Ramírez-Campillo, R. y Gonzalo-Skok, O. (2017). Efecto de un calentamiento con estiramientos estáticos y dinámicos sobre el salto horizontal y la capacidad para repetir esprint con cambio de dirección. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte, 47*(13), 26-38.

Sanz Arribas, I. (2002). Natación y flexibilidad. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 2*(6), 128-142.

Salas Blas, E. (2013). Diseños Preexperimentales en Psicología y Educación: una revisión conceptual. *LIBERABIT, 19(*1), 133-141.

Siff, M. y Verkhoshansky, Y. (2004). *Super entrenamiento.* Paidotribo.

Soriano-Férriz, B. y Alacid, F. (2018). Programas y ejercicios de flexibilidad dentro de las clases de educación física, en niños y niñas escolares, y su efecto en la mejora de la extensibilidad isquiosural: Una revisión sistemática. *MHSalud, 15*(1), 1-12. https://dx.doi.org/10.15359/mhs.15-1.1

Sulowska-Daszyk, I. & Skiba, A. (2022). The Influence of Self-Myofascial Release on Muscle Flexibility in Long-Distance Runners. *Int J Environ Res Public Health., 19*(1), 457. https://doi.org/10.3390/ijerph19010457

Takeuchi, K. y Nakamura, M. (2021). Duración óptima del estiramiento estático de alta intensidad en los isquiotibiales (online). *Rev Edu Fís. 1*(1). https://bit.ly/3uKg8JX

Thacker, S.B., Gilchrist, J., Stroup, D.F. & Kimsey, C.D. (2004). The impact of stretching on sports injury risk: a systematic review of the literature. *Med Sci Sports Exerc., 36*(3), 371-378.

Valcarce, C.G. (2014). *Evaluación de la flexibilidad en alumnos adultos que participan de un programa de ejercicios de flexibilidad y otras actividades físicas, fitness y/o deporte.* [Tesis de Posgrado] Universidad Nacional de La Plata. https://goo.su/PjfPD0x

Valentim-Silva, J., Lentini Costa, M., Lameira de Oliveira, G., Perini de Oliveira, T., de Souza, M. y Martin Duntas, E. (2016). High intensity exercise and flexibility of the lower limbs: dose-effect study. *Rev Bras Med Esporte, 22*(4), 311-314.

Warneke, K., Wirth, K., Keiner, M. & Schiemann, S. (2023). Improvements in flexibility depend on stretching duration. *Int J Exerc Sci, 16*(4), 83-94.