

TRABAJO FIN DE MÁSTER: MÁSTER EN  
RENDIMIENTO DEPORTIVO Y SALUD



**UNIVERSITAS**  
*Miguel Hernández*

Biblioteca  
EFECTO CRÓNICO DE LA REALIZACIÓN DE  
SERIES ALTERNAS VS CONSECUTIVAS EN  
EJERCICIOS DE FUERZA SOBRE EL RENDIMIENTO  
NEUROMUSCULAR

AUTOR: DANIEL SEGARRA CARRILLO

TUTOR ACADÉMICO: MANUEL MOYA RAMÓN

TUTOR PROFESIONAL: GUILLERMO PEÑA GARCÍA-OREA

CURSO: 2020-2021

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN .....	3
MÉTODO.....	5
PARTICIPANTES .....	5
PROTOCOLO.....	6
<i>DISEÑO EXPERIMENTAL</i> .....	6
<i>FAMILIARIZACIÓN</i> .....	7
<i>PRE-TEST y POST-TEST</i> .....	7
<i>INTERVENCIÓN</i> .....	10
MATERIALES .....	13
LIMITACIONES .....	14
BIBLIOGRAFÍA.....	15



## RESUMEN

**Objetivo:** conocer si existen diferencias en las ganancias de fuerza entre 2 programas de entrenamiento, utilizando el entrenamiento basado en velocidad para cuantificar y programar la carga de las sesiones durante toda la intervención.

**Método:** 12 estudiantes universitarios divididos en 2 grupos, de series consecutivas (SC) y de series alternas (SA), con experiencia en el entrenamiento de fuerza participaron en un programa de entrenamiento basado en velocidad de 6 semanas donde trabajaron los ejercicios de sentadilla completa (SQ) y press de banca (PB) con una pérdida de velocidad (PV) de 15 y 20% respectivamente, y una intensidad del 55-70% progresivamente. Las posibles adaptaciones del programa se midieron a través de 5 test, test de salto vertical (CMJ), test de cargas progresivas para SQ y PB, y test de fatiga para SQ y PB.

**Resultados:**

**Palabras clave:** entrenamiento de fuerza, super-series, sentadilla completa, press de banca, entrenamiento basado en velocidad.

## INTRODUCCIÓN

El entrenamiento de fuerza ha aumentado durante los últimos años su número de usuarios debido a los múltiples beneficios que puede aportar, entre los que se encuentran: mejoras en la condición física y beneficios psicológicos y sociales (Eime, Young, Harvey, Charity, & Payne, 2013), la funcionalidad, la calidad de vida (Vagetti et al., 2014) y la reducción del riesgo de padecer una enfermedad cardiovascular (Haskell et al., 2007).

Por otro lado, desde la perspectiva del rendimiento deportivo los beneficios y mejoras del entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento también son múltiples. Una mayor fuerza muscular puede provocar la mejora en las acciones deportivas específicas, así como la reducción del riesgo de sufrir lesiones (Suchomel, Nimphius, & Stone, 2016). Los deportistas con mayores niveles de fuerza experimentan mayores mejoras del rendimiento en acciones específicas de la modalidad deportiva correspondiente, así como en su rendimiento durante la competición con respecto a atletas con niveles menores de fuerza (Suchomel et al., 2016). Variables como la genética del deportista no pueden ser controladas, pero, el entrenamiento y la mejora de la fuerza neuromuscular sí podemos controlarla como entrenadores.

Dentro del ámbito del entrenamiento de fuerza al igual que en otros ámbitos de la preparación de los deportistas, existen distintas metodologías en función de los objetivos.

Una de las variables del entrenamiento de la fuerza que más debate ha provocado es la intensidad. A la carga externa que un sujeto es capaz de levantar una única vez de manera concéntrica se la denomina 1RM, y la carga con la que un sujeto es capaz de realizar un número máximo de repeticiones determinadas es nRM (%1RM). Sabemos que el valor de 1RM de un sujeto está sujeto a cambios de un día para otro, por lo que es necesario conocer su valor cada día para poder ajustar la carga programada de manera precisa sin que sea necesario llevar a cabo un test de 1RM o nRM con el

correspondiente tiempo invertido y la fatiga generada al atleta tras realizar estos test, además de su menor fiabilidad (Sánchez-Medina et al., 2017). Además, varios estudios han demostrado que el número máximo de repeticiones realizables para una misma intensidad relativa (%1RM) puede variar entre sujetos (Hoeger, Hopkins, Barette y Hale, 1990; Shimano et al., 2006), por lo que la programación mediante nRM puede sobreestimar o infravalorar la carga relativa para dos sujetos distintos (Rodríguez-Rosell et al, 2019). En cambio, el velocity based training (VBRT) no presenta esos problemas metodológicos y permite una prescripción más individualizada y actualizada de la intensidad para cada sujeto (Sánchez-Medina, Pallarés, Pérez, Morán-Navarro, & González-Badillo, 2017). El VBRT se basa en el control de la velocidad de ejecución de los ejercicios por medio de aparatos tecnológicos para conocer, monitorizar y programar el entrenamiento de fuerza de manera más precisa y objetiva (González Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Weakley et al., 2021). Para los ejercicios principales o básicos del entrenamiento de fuerza, se ha observado que la velocidad de ejecución se correlaciona con cada porcentaje de 1RM de manera inversamente proporcional (González Badillo & Sánchez-Medina, 2010; Pallarés et al., 2014; Sánchez-Medina et al., 2017; Sánchez-Moreno, Rodríguez-Rosell, Pareja-Blanco, Mora-Custodio, & González-Badillo, 2017). Por lo tanto, si conocemos la velocidad a la que el deportista está ejecutando, podremos conocer con exactitud la intensidad relativa a la que está trabajando nuestro atleta al ser esta muy estable tanto para un mismo sujeto como entre sujetos, independientemente del nivel del atleta (Sánchez-Medina et al., 2017). Concretamente utilizaremos la velocidad media propulsiva (VMP), donde la fase de propulsión se define como la parte de la fase concéntrica durante la cual la aceleración medida ( $a$ ) es mayor que la aceleración debida a la gravedad (es decir,  $a \geq -9,81 \text{ m/s}^2$ ) (Sánchez-Medina, Perez, & González-Badillo, 2010)

La fatiga neuromuscular aumenta progresivamente durante una serie conforme se van realizando repeticiones, provocando una reducción en la fuerza aplicada, disminución de la velocidad de acortamiento muscular y, por tanto, una menor potencia mecánica desarrollada (Allen et al., 1995; Sánchez-Medina & González-Badillo, 2011). Con el objetivo de optimizar el entrenamiento de fuerza encontrando el mejor equilibrio entre las ganancias y la fatiga generada, algunos autores comenzaron a estudiar los efectos del entrenamiento controlando la fatiga basándose en la pérdida de velocidad intraserie. Hay estudios que muestran que pérdidas de velocidad inferiores provocan mejoras en el rendimiento neuromuscular similares o incluso superiores que pérdidas mayores (y mayor fatiga generada) (Pareja-Blanco, Sánchez-Medina, Sánchez-Arrones, & González-Badillo, 2016; Pareja-Blanco et al., 2017; Pareja-Blanco et al., 2020; Rodríguez-Rosell et al., 2021). Conociendo esto, podemos evitar generar más fatiga a los atletas que pueda obstaculizar el resto de la preparación física, técnica o táctica del deportista obteniendo resultados mejores o similares.

Tradicionalmente, la utilización de superseries (sobre todo pre-agotamiento) como método de entrenamiento ha tenido como objetivo sobre todo aumentar las adaptaciones estructurales musculares debido al mayor estrés mecánico y metabólico inducido por un mayor volumen de entrenamiento e intensidad comparado con el entrenamiento tradicional (Brentano et al., 2017; Krzysztofik, Wilk, Wojdała, & Gołaś, 2019). El entrenamiento de superseries permite la realización de varios ejercicios de manera consecutiva y con un solo descanso al final del último, optimizando así el tiempo de

entrenamiento y aumentando la eficiencia (Weakley et al., 2017; Balsamo et al., 2012). Además, varios estudios parecen indicar que la activación agonista-antagonista al alternar ejercicios multiarticulares produce mejoras en el desarrollo de fuerza (Baker, & Newton, 2005; De Freitas Maia et al., 2015). Por lo que la utilización de superseries antagonistas no solo podría mejorar el rendimiento si no, optimizar el tiempo de entrenamiento.

Algunos de los ejercicios más utilizados en investigación en el ámbito del entrenamiento de fuerza para la mejora del rendimiento deportivo son el press banca y la sentadilla (Rodríguez-Rosell et al., 2021; Pallarés, Cava, Courel-Ibáñez, González-Badillo, & Morán-Navarro, 2020). En este estudio trabajamos únicamente con los ejercicios de sentadilla y press de banca para producir las adaptaciones neuromusculares durante el programa de entrenamiento. El press banca o press con barra en banco plano es un ejercicio multiarticular para trabajar el tren superior, orientado a la mejora de la fuerza muscular de pectoral mayor (músculo agonista del gesto), y fascículo anterior del deltoides y tríceps braquial como sinergistas de la acción (Beachle & Earle, 2000). Las articulaciones involucradas en este ejercicio son tanto la articulación gleno-humeral como la articulación del codo. Por un lado, movimientos de flexión (en el plano sagital), abducción/aducción (en el plano frontal) y flexión horizontal (en el plano transversal) en la articulación del hombro (Barnett, Kippers, & Turner, 1995). Por otro lado, también movimientos de flexo-extensión en la articulación del codo. En el caso de la sentadilla sentadilla trasera, es un ejercicio multiarticular que busca trabajar el tren inferior siendo los principales músculos involucrados en el gesto musculatura alrededor de las articulaciones de la rodilla y la cadera, es decir, cuádriceps, isquiotibiales, gastrocnemio y glúteo mayor (Gullet et al., 2009). Las articulaciones involucradas en este ejercicio son la de la rodilla, cadera y tobillo con movimientos de flexo-extensión en rodilla y cadera, y dorsiflexión del tobillo. Estos ejercicios son usados comúnmente tanto en el campo de la salud y calidad de vida, como en el alto rendimiento. Ambos ejercicios tienen transferencia en distintos gestos deportivos (Hartmann et al., 2012; Peterson, Alvar, & Rhea, 2006; Loturco et al., 2020), siendo además dos de los tres movimientos de competición del powerlifting (sentadilla, press de banca y peso muerto).

El objetivo de este trabajo es en primer lugar, comprobar si se producen mejoras neuromusculares similares entre los grupos de entrenamiento, mediante series consecutivas o series alternas, tras un periodo de entrenamiento de 6 semanas donde la única diferencia metodológica entre grupos se encuentra en la manera de realizar los ejercicios y el tiempo de sesión, controlando la carga de entrenamiento tanto en los test de evaluación como durante todas las sesiones de entrenamiento a través del control de la velocidad de ejecución mediante encoder lineal (T-FORCE).

## MÉTODO

### PARTICIPANTES

La muestra de este estudio constó de 10 sujetos varones (2 muertes experimentales) de edad comprendida entre 19 y 31 años que estudiaban CAFD en la Universidad Miguel Hernández de Elche. En la tabla 1 podemos observar los datos descriptivos de la muestra. Los criterios de inclusión para poder participar en el estudio fueron:

- Hombres de 18 a 31 años.

- Tener experiencia previa de al menos 1 año de entrenamiento continuo de fuerza y conocedores de la técnica de ejecución de press de banca y sentadilla profunda.
- No tener ninguna patología o lesión osteo-articular de cualquier tipo que les impidiese realizar los ejercicios propuestos.
- No estar tomando ningún tipo de sustancia que pueda alterar el rendimiento físico o balance hormonal durante los meses previos o durante el estudio.
- No poder realizar ningún tipo de entrenamiento de fuerza adicional durante la realización del estudio que pueda alterar o contaminar el efecto de la intervención del mismo.

Los participantes fueron divididos en 2 grupos no aleatorizados de 4 y 6 sujetos respectivamente. Un primer grupo realizó el entrenamiento realizando las series de manera consecutiva (SC) y un segundo que realizó el entrenamiento en super-serie o series alternas (SA), utilizando como criterio para formar los 2 grupos de manera homogénea la fuerza relativa de los participantes en los ejercicios de SQ y PB.

Todos los sujetos fueron informados previamente al inicio del estudio sobre los objetivos y finalidad del estudio, sobre los riesgos e inconvenientes de la participación y sobre sus derechos como participantes, haciéndoles saber que podían abandonar el estudio libremente. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado aprobado por el comité de ética de la universidad, declarando que eran conscientes y permitían la toma y uso de datos sobre ellos. El código de investigación responsable asignado por la Universidad es TFM.MRD.MMR.DSC.210226.

**Tabla 1.** Datos descriptivos de la muestra del estudio.

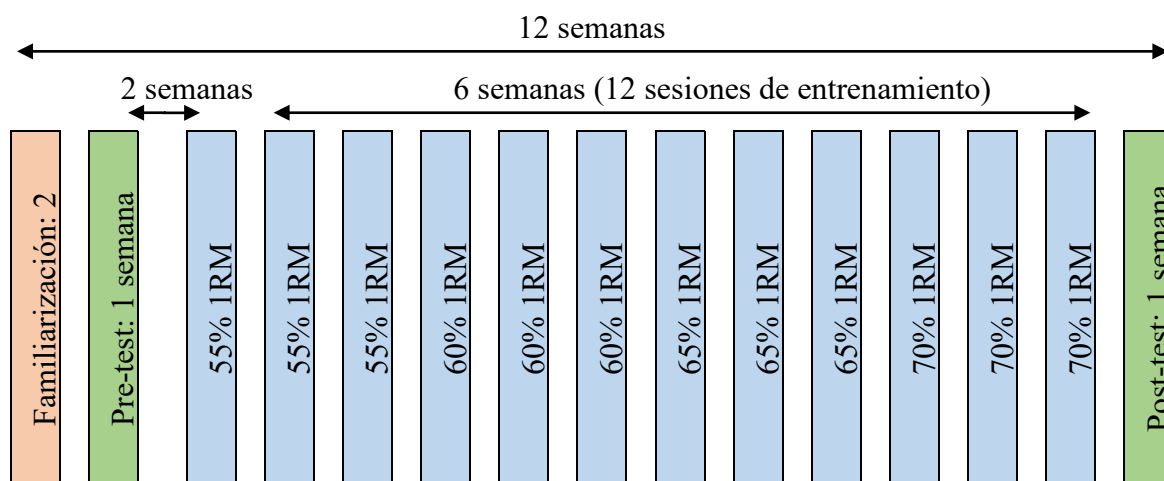
	G. TRADICIONAL (n=4)	G. SERIES ALTERNAS (n=6)
Edad	24,5 ± 5,5	22,83 ± 2,23
Peso Corporal (kg)	68,9 ± 7,75	70,68 ± 7,54
Altura (cm)	171,37 ± 9,79	170,38 ± 6,12
1RM SQ	91,75 ± 11,95	102 ± 28,26
1RM PB	75,75 ± 15,2	78,67 ± 12,94
FR SQ	1,33 ± 0,14	1,44 ± 0,35
FR PB	1,12 ± 0,3	1,09 ± 0,25

RM: repetición máxima; SQ: sentadilla; PB: press banca; FR: fuerza relativa

## PROTOCOLO

### *DISEÑO EXPERIMENTAL*

El diseño de este estudio cuenta con una duración total de 12 semanas de duración total estructuradas de la siguiente manera, A) 2 semanas de familiarización (3-4 sesiones), B) 1 semana de pre-test, C) 2 semanas entre el pre-test y el comienzo de la intervención, D) 6 semanas de intervención, y E) 1 semana de post-test. Entre todas las sesiones de entrenamiento hubo al menos, 72h de separación para asegurar la recuperación completa de los sujetos.



**Figura 1.** Cronograma del diseño experimental. 1RM: repetición máxima.

### *FAMILIARIZACIÓN*

Este periodo tiene como finalidad el aprendizaje y corrección técnica de los ejercicios de SQ y PB, pues es necesario que la técnica de ejecución sea correcta para evitar lesiones, ajustar correctamente la carga y maximizar las mejoras que se puedan producir por el entrenamiento. Por ello, se emplearon 2 semanas de familiarización para que todos los participantes pudiesen realizar entre 3 y 4 sesiones previas al pre-test, tratando así de que llegasen con la mejor ejecución técnica posible.

Las sesiones de familiarización estaban separadas entre sí por al menos por 48h o más. La primera sesión, además, se llevó a cabo la toma de datos antropométricos de los participantes, peso corporal y altura, y rellenaron el consentimiento informado y un cuestionario PAR-Q sobre sus hábitos de vida y ejercicio físico. Estas sesiones también tuvieron como objetivo que cada participante confeccionase un calentamiento general para sí mismo, el cual llevaría a cabo tanto en las 2 sesiones de test como durante todo el periodo de intervención. Este calentamiento serviría al sujeto como calentamiento general y previo al calentamiento específico de SQ y PB, debería ser el mismo siempre y contener al menos, un poco de movilidad articular, carrera continua de muy baja intensidad y ejercicios de empuje de tren superior e inferior con el propio peso corporal.

### *PRE-TEST y POST-TEST*

En estas sesiones se llevaron a cabo la toma de datos previa a la intervención y tras la intervención, lo que nos permitió comparar a posteriori si se habían producido adaptaciones musculares y cuáles habían sido, como resultado del periodo de entrenamiento.

Durante las semanas 3 y 10 los participantes fueron citados para llevar a cabo estas mediciones, tratando de que asistiesen con la misma recuperación, el mismo día de la semana, misma hora... Intentando simular las mismas condiciones en ambos test. El protocolo fue exactamente el mismo en ambas ocasiones con el objetivo de comparar a los participantes bajo las mismas cargas progresivas, mismo test de fatiga, mismos

saltos... y conocer su si se había producido un cambio en el rendimiento después del periodo de 6 semanas de entrenamiento.

El protocolo completo de la toma de datos consistió en 5 test, test de salto vertical (CMJ), test de cargas progresivas para SQ y PB, y test de fatiga para SQ y PB, con los respectivos calentamientos general, específico para CMJ y específico de cargas progresivas para ambos ejercicios (Pallarés et al., 2020; Pareja-Blanco et al., 2017).

**Tabla 2.** Protocolo de calentamiento para las sesiones de test.

<b>Activación general: 5 min</b>		Movilidad articular, carrera, desplazamientos, sentadillas, flexiones...			
<b>Activación específica para CMJ</b>		5-6 saltos verticales CMJ de menor a mayor intensidad			
<b>Activación específica para los test de cargas progresivas</b>					
<b>Serie</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Velocidad ejecución</b>	<b>SQ (kg)</b>	<b>PB (kg)</b>	<b>Rec. Inter-serie</b>
1 <sup>a</sup>	6-8	Moderada	25	20	2 min.
2 <sup>a</sup>	4-6	Alta	25	20	2 min.
3 <sup>a</sup>	3-4	Máxima	25	20	2-3 min.

SQ: sentadilla; PB: press de banca; Rec: recuperación; CMJ: salto con contramovimiento.

El procedimiento que se siguió para llevar a cabo los test (sin tener en cuenta el calentamiento para cada uno) fue:

-Test de salto vertical: se realizaron 5 saltos buenos con contramovimiento con un descanso de 45 segundos entre saltos. En el caso de que alguno de los saltos no fuera bueno (no fuera bien ejecutado), este no contó y se repitió tras descansar. La correcta ejecución consistía en realizar un salto vertical lo más alto posible, con las manos colocadas en todo momento en la cintura, piernas completamente estiradas durante la fase de vuelo y despegue y aterrizaje con la punta de los pies. La flexión de rodilla y la velocidad de bajada se dejó al criterio del participante. De los 5 saltos bien ejecutados, se eliminaron el mejor y el peor.

-Test cargas progresivas SQ: el test de cargas progresivas de SQ consistió en realizar series con cargas de 25, 35, 45, 55, 65... kg hasta llegar al 80% del 1RM del sujeto, o lo que es lo mismo, la máxima carga que pudiese movilizar a una VMP en torno a 0,67 m/s. Una vez se alcanzaba esta carga, el test se daba por finalizado. Por tanto, en función del nivel del sujeto, el número de series realizadas varió de unos a otros. Las recuperaciones entre series fueron de 3-4', y las repeticiones realizadas fueron a) 3 repeticiones con cargas movilizadas por encima de 1 m/s (cargas bajas-medias), b) 2



repeticiones con cargas entre 0,84 y 1m/s (cargas medias-altas), y c) 1 repetición con cargas por debajo de 0,84 m/s (cargas altas).

-Test fatiga SQ: tras descansar 5' desde la realización de la última serie del test anterior, se realizó 1 serie de 12 repeticiones con una carga del 60% del 1RM, o lo que es lo mismo, aquella carga máxima que el sujeto pudiese desplazar a una VMP en torno a 1 m/s, para el ejercicio de sentadilla. Se aceptó una variación de 0,03 m/s de la VMP de la primera repetición tanto por arriba como por abajo para aceptar la carga como correcta (cerca al 60% 1RM).

-Test cargas progresivas PB: el test de cargas progresivas de PB consistió en realizar series con cargas de 20, 30, 40, 50, 60... kg hasta llegar al 80% del 1RM del sujeto, o lo que es lo mismo, la máxima carga que pudiese movilizar a una VMP en torno a 0,46 m/s. Una vez se alcanzaba esta carga, el test se daba por finalizado. Por tanto, en función del nivel del sujeto, el número de series realizadas varió de unos a otros. Las recuperaciones entre series fueron de 3-4', y las repeticiones realizadas fueron a) 3 repeticiones con cargas movilizadas por encima de 0,78 m/s (cargas bajas-medias), b) 2 repeticiones con cargas entre 0,62 y 0,78 m/s (cargas medias-altas), y c) 1 repetición con cargas por debajo de 0,62 m/s (cargas altas).

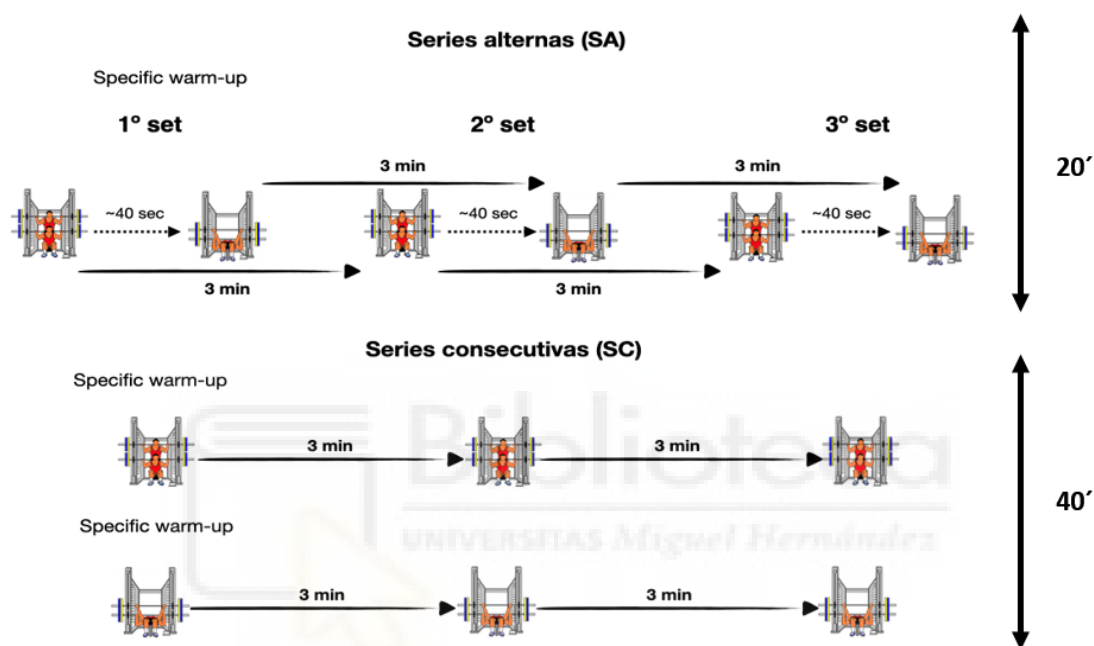
-Test fatiga PB: tras descansar 5' desde la realización de la última serie del test anterior, se realizó 1 serie de 12 repeticiones con una carga del 60% del 1RM, o lo que es lo mismo, aquella carga máxima que el sujeto pudiese desplazar a una VMP en torno a 0,78 m/s, para el ejercicio de press de banca. Se aceptó una variación de 0,03 m/s de la VMP de la primera repetición tanto por arriba como por abajo para aceptar la carga como correcta (cerca al 60% 1RM).

PRE-TEST		SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	SERIE 4	SERIE 5	SERIE 6	SERIE 7	SERIE 8	SERIE 9	SERIE 10			
	Salto	1	2	3	4	5	Promedio							
	cm			47,00	47,10	47,30	47,13							
	CARGAS	carga (kg)	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115		
	PROGRESIV	VMP (m/s)	1,56	1,46	1,36	1,25	1,20	1,09	0,98	0,84	0,72	0,62		
	AS	%1RM	23,4%	30,3%	37,0%	44,3%	47,6%	54,6%	61,6%	70,2%	77,4%	83,3%		
	FATIGA	carga (kg)	80,00											
		%1RM	58%											
	FATIGA	Nº rep.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		VMP (m/s)	1,03	1,05	0,96	0,97	0,95	0,87	0,87	0,81	0,82	0,77	0,78	0,79
	CARGAS	carga (kg)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		
	PROGRESIV	VMP (m/s)	1,34	1,17	0,98	0,79	0,69	0,59	0,46					
	AS	%1RM	29,0%	37,9%	48,4%	59,5%	65,6%	71,9%	80,3%					
	FATIGA	carga (kg)	55,00											
		%1RM	61%											
	FATIGA	Nº rep.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		VMP (m/s)	0,77	0,73	0,71	0,70	0,67	0,65	0,63	0,59	0,55	0,50	0,46	0,39

Figura 2. Ejemplo real de pre-test llevado a cabo a uno de los sujetos.

## INTERVENCIÓN

Por último, para las 6 semanas de intervención del estudio se dividió a los participantes en dos grupos, un grupo que entrenó realizando las series de manera consecutiva (SC), y otro que entrenaría mediante series alternas (SA). El SC llevó a cabo la realización de los ejercicios de manera separada, primero SQ y después PB, descansando 3' entre series del mismo ejercicio y, lo mismo entre ejercicios. En cambio, el grupo SA llevó a cabo la ejecución alternando las series de ambos ejercicios, de manera que empezaban realizando SQ, descansaban 40", realizaban PB y volvían a descansar hasta que se cumpliesen 3' de descanso aproximado desde que acababan la serie de SQ, debiendo volver a tener que realizar el ejercicio de press de banca a los 3' de la serie anterior.



**Figura 3.** Desarrollo del entrenamiento de ambos grupos, SC y SA respectivamente.

Ambos grupos realizaron un calentamiento general y específico (tabla 3), realizaron 3 series efectivas por sesión a la misma intensidad relativa tanto en SQ como en PB (en cada sesión), y entrenaron 2 veces por semana con 72h de recuperación entre sesiones (lunes-jueves/martes y viernes) durante 6 semanas.

**Tabla 3.** Protocolo de calentamiento para el periodo de entrenamiento.

Activación general: 5 min			Movilidad articular, carrera, desplazamientos, estiramientos, empujes con el peso corporal...		
Serie	Repeticiones	Velocidad ejecución	SQ (kg)	PB (kg)	Rec. inter-serie
1ª	8	Moderada	30	25	2 min.
2ª	4-6	Alta	35	30	2 min.

3 <sup>a</sup>	2-3	Máxima	Específica	Específica	2-3 min.
Tiempo previsto total del calentamiento:			<b>12-13 min.</b>		

SQ: sentadilla; PB: press de banca; Rec: recuperación.

Para ambos grupos la intensidad relativa fue aumentando progresivamente cada 3 sesiones de entrenamiento, empezando por una intensidad del 55% del 1RM hasta una intensidad del 70% del 1RM para ambos ejercicios, o lo que es lo mismo, buscando una VMP inicial de 1,07 y 0,87 m/s para SQ y PB, y una VMP en las últimas sesiones de 0,84 y 0,62 m/s respectivamente (Tabla 4). Se estableció una pérdida de velocidad del 15% para el ejercicio de SQ y una pérdida del 20% para el ejercicio de PB (carácter del esfuerzo bajo) con el objetivo de que la fatiga generada en los participantes fuera igual para todos. Se aceptó un error de máximo de 0,02-0,03 m/s tanto por arriba como por debajo de la VMP objetivo de la mejor repetición para considerar la carga (peso absoluto en kg) como la adecuada para la sesión. La carga absoluta para cada ejercicio dentro de una misma sesión se mantuvo siempre durante las 3 series efectivas del entrenamiento. En la tabla 5 y 6 se muestran los datos reales del entrenamiento durante las 12 sesiones para ambos ejercicios.

**Tabla 4.** Descripción de la programación del entrenamiento.

Ejercicio	Sesiones 1-3		Sesiones 4-6		Sesiones 7-9		Sesiones 10-12	
	SQ	PB	SQ	PB	SQ	PB	SQ	PB
<b>VMP objetivo</b>	1,07 ± 0,03	0,87 ± 0,03	1 ± 0,03	0,78 ± 0,03	0,92 ± 0,03	0,7 ± 0,03	0,84 ± 0,03	0,62 ± 0,03
<b>%1RM</b>	55%	55%	60%	60%	65%	65%	70%	70%
<b>%PV</b>	15%	20%	15%	20%	15%	20%	15%	20%

SQ: sentadilla; PB: press de banca; VMP: velocidad media propulsiva; 1RM: repetición máxima; PV: pérdida de velocidad

**Tabla 5.** Descripción del entrenamiento realizado para SQ.

VMP	Grupo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7
		SC	1,07 ± 0,02	1,07 ± 0,03	1,09 ± 0,02	1,01 ± 0,01	0,99 ± 0,02	0,99 ± 0,02
	SA	1,07 ± 0,01	1,07 ± 0,03	1,08 ± 0,03	1,01 ± 0,02	1,00 ± 0,02	1,01 ± 0,03	0,93 ± 0,02
<b>%1RM</b>	SC	~55,9%	~55,9%	~54,6%	~59,7%	~61,0%	~61,0%	~64,1%
	SA	~55,9%	~55,9%	~55,3%	~59,7%	~60,3%	~59,7%	~64,7%
<b>%PV</b>	SC	17,3 ± 1,7	16,3 ± 1,6	15,9 ± 1,2	17,9 ± 1,1	18,4 ± 3,1	16,9 ± 1,8	16,1 ± 1,5
	SA	19,7 ± 2,4	20,2 ± 3,6	17,9 ± 1,3	18,8 ± 2,5	17,7 ± 1	19,2 ± 1,4	17,8 ± 2,2

		Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10	Sesión 11	Sesión 12	Promedio ciclo completo
<b>VMP</b>	<b>SC</b>	0,91 ± 0,03	0,91 ± 0,02	0,84 ± 0,01	0,82 ± 0,02	0,84 ± 0,02	0,96 m/s
	<b>SA</b>	0,93 ± 0,01	0,92 ± 0,03	0,85 ± 0,01	0,84 ± 0,01	0,84 ± 0,01	0,96 m/s
<b>%1RM</b>	<b>SC</b>	~65,9%	~65,9%	~70,2%	~71,4%	~70,2%	~62,9%
	<b>SA</b>	~64,7%	~65,3%	~69,6%	~70,2%	~70,2%	~62,9%
<b>%PV</b>	<b>SC</b>	17,4 ± 3,1	15,9 ± 1,1	17,4 ± 4	15,9 ± 2	15,8 ± 1,1	16,8%
	<b>SA</b>	16,6 ± 2	16 ± 1,1	15,5 ± 0,8	16,8 ± 1,9	16,7 ± 0,9	17,7%

VMP: velocidad media propulsiva; 1RM: repetición máxima; PV: pérdida de velocidad; SC: series consecutivas; SA: series alternas.

**Tabla 6.** Descripción del entrenamiento realizado para PB.

		Grupo	Sesión 1	Sesión 2	Sesión 3	Sesión 4	Sesión 5	Sesión 6	Sesión 7
<b>VMP</b>	<b>SC</b>		0,87 ± 0,02	0,87 ± 0,03	0,87 ± 0,02	0,80 ± 0,02	0,80 ± 0,01	0,78 ± 0,03	0,70 ± 0,01
	<b>SA</b>		0,87 ± 0,02	0,89 ± 0,02	0,87 ± 0,05	0,78 ± 0,02	0,77 ± 0,04	0,79 ± 0,02	0,70 ± 0,01
<b>%1RM</b>	<b>SC</b>		~54,8%	~54,8%	~54,8%	~58,9%	~58,9%	~60,1%	~65%
	<b>SA</b>		~54,8%	~53,6%	~54,8%	~60,1%	~60,7%	~59,5%	~65%
<b>%PV</b>	<b>SC</b>		22,8 ± 2,2	21,6 ± 0,6	23,6 ± 2,1	22,7 ± 1,4	22,7 ± 1,7	22,3 ± 2,2	21,8 ± 2,7
	<b>SA</b>		22,3 ± 1	22,4 ± 1,2	22,1 ± 3,2	23,6 ± 2	24 ± 1,2	23,7 ± 1,5	23,5 ± 2,6
			Sesión 8	Sesión 9	Sesión 10	Sesión 11	Sesión 12	Ciclo completo	
<b>VMP</b>	<b>SC</b>		0,70 ± 0,01	0,71 ± 0,02	0,63 ± 0,02	0,62 ± 0,02	0,62 ± 0,02	0,75 m/s	
	<b>SA</b>		0,70 ± 0,03	0,70 ± 0,03	0,62 ± 0,02	0,62 ± 0,02	0,62 ± 0,02	0,75 m/s	
<b>%1RM</b>	<b>SC</b>		~65%	~64,4%	~69,4%	~70%	~70%	~62,2%	
	<b>SA</b>		~65%	~65%	~70%	~70%	~70%	~62,5%	
<b>%PV</b>	<b>SC</b>		21,2 ± 2,5	21 ± 1,5	20,8 ± 0,9	21,6 ± 2,3	19,4 ± 1,3	21,8%	
	<b>SA</b>		20,8 ± 0,92	19,9 ± 1,7	21,5 ± 1,4	20 ± 2	20 ± 1,1	22,0%	

VMP: velocidad media propulsiva; 1RM: repetición máxima; PV: pérdida de velocidad; SC: series consecutivas; SA: series alternas.

## MATERIALES

- Báscula y Tallímetro

Para llevar a cabo las mediciones antropométricas se utilizó una *Tanita BC-601* para realizar el pesaje de los sujetos, y un *estadiómetro seca 217* para medir la altura en cm de los sujetos.



**Imagen 1.** Tanita BC-601 y estadiómetro seca 217.

- Máquina Smith

Durante todo el estudio utilizaremos esta máquina para realizar los ejercicios de sentadilla y press de banca. Esta máquina está compuesta por una jaula con una barra fija de 15 kg que va guiada de manera que solo permite desplazamiento vertical. Además, para la ejecución del press de banca será necesario el uso de un banco plano y un cajón donde colocar los pies.



**Imagen 2.** Máquina Smith utilizada para realizar sentadilla y press de banca respectivamente.

- Transductor lineal T-FORCE



Para registrar la velocidad durante la ejecución de los ejercicios, se usó un transductor lineal (T-FORCE, ERGOTECH, Murcia, España), el cual es capaz de medir la velocidad de desplazamiento entre otras variables, para así ser capaces de monitorizar y prescribir de manera milimétrica la carga de entrenamiento de los sujetos. La fiabilidad y validez de este instrumento está estudiada y está considerado como uno de los instrumentos más válidos y fiables para medir la velocidad (Pérez-Castilla et al., 2019).



**Imagen 3.** T-FORCE utilizado durante el estudio.

- Plataforma de contacto Ergo Tester

Para llevar a cabo la medición del test de salto CMJ, que nos permite evaluar la fuerza del tren inferior de los sujetos, utilizamos una plataforma de contacto *Ergo tester jump (Globus)* para conocer la altura de salto alcanzada a través del cálculo del tiempo de vuelo entre contactos (despegue y aterrizaje).



**Imagen 4.** Plataforma de contacto Ergo Tester utilizada.

## LIMITACIONES

Las mayores limitaciones que nos hemos encontrado a la hora de realizar el estudio han sido:

- La muestra. El nivel de entrenamiento de los sujetos fue bastante dispar, habiendo sujetos muy entrenados y sujetos poco entrenados, lo que puede afectar a la magnitud y diferencia de las adaptaciones provocadas por el entrenamiento, además de las diferencias interindividuales.

- Período de inactividad entre el pre-test y el comienzo de la intervención. La pausa forzada de 2 semanas de entre la fecha del pre-test y la primera semana de intervención debido a problemas de calendario, pudo afectar a los sujetos más entrenados provocándoles un desentrenamiento (debido a que durante ese período ya no podían entrenar fuera del estudio) que bajase su nivel con respecto al rendimiento mostrado en el pre-test y que pudo lastrar la posterior mejora de los mismos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Allen, D. G., Lannergren, J., & Westerblad, H. (1995). Muscle cell function during prolonged activity: cellular mechanisms of fatigue. *Experimental Physiology: Translation and Integration*, 80(4), 497-527.
2. Baechle, T.R. & Earle, R.W. (2000). *Essential of strength training and conditioning (NSCA)*. Champaign IL, Human Kinetics.
3. Baker, D., & Newton, R. U. (2005). Acute effect on power output of alternating an agonist and antagonist muscle exercise during complex training. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 19(1), 202-205.
4. Balsamo, S., Tibana, R. A., da Cunha Nascimento, D., de Farias, G. L., Petrucci, Z., de Santana, F. D. S., ... & Prestes, J. (2012). Exercise order affects the total training volume and the ratings of perceived exertion in response to a super-set resistance training session. *International journal of general medicine*, 5, 123.
5. Barnett, C., Kippers, V., & Turner, P. (1995). Effects of variations of the bench press exercise on the EMG activity of five shoulder muscles. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 9(4), 222-227.
6. Brentano, M. A., Umpierre, D., Santos, L. P., Lopes, A. L., Radaelli, R., Pinto, R. S., & Krueger, L. F. (2017). Muscle damage and muscle activity induced by strength training super-sets in physically active men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(7), 1847-1858.
7. De Freitas Maia, M., Paz, G. A., Souza, J., & Miranda, H. (2015). Strength performance parameters when adopting different exercise sequences during agonist-antagonist paired sets. *Apunts. Medicina de l'Esport*, 50(187), 103-110.
8. Eime, R. M., Young, J. A., Harvey, J. T., Charity, M. J., & Payne, W. R. (2013). A systematic review of the psychological and social benefits of participation in sport for children and adolescents: informing development of a conceptual model of health through sport. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 10(1), 1-21.
9. González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training. *International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
10. Gullett, J. C., Tillman, M. D., Gutierrez, G. M., & Chow, J. W. (2009). A biomechanical comparison of back and front squats in healthy trained individuals. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(1), 284-292.
11. Hartmann, H., Wirth, K., Klusemann, M., Dalic, J., Matuschek, C., & Schmidtbleicher, D. (2012). Influence of squatting depth on jumping performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(12), 3243-3261.
12. Haskell, W. L., Lee, I. M., Pate, R. R., Powell, K. E., Blair, S. N., Franklin, B. A., ... & Bauman, A. (2007). Physical activity and public health: updated recommendation

- for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Medicine & science in sports & exercise*, 39(8), 1423-1434.
13. Hoeger, W. W., Hopkins, D. R., Barette, S. L., & Hale, D. F. (1990). Relationship between repetitions and selected percentages of one repetition maximum: a comparison between untrained and trained males and females. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 4(2), 47-54.
  14. Krzysztofik, M., Wilk, M., Wojdała, G., & Gołaś, A. (2019). Maximizing muscle hypertrophy: a systematic review of advanced resistance training techniques and methods. *International journal of environmental research and public health*, 16(24), 4897.
  15. Loturco, I., McGuigan, M. R., Reis, V. P., Santos, S., Yanci, J., Pereira, L. A., & Winckler, C. (2020). Relationship Between Power Output and Speed-Related Performance in Brazilian Wheelchair Basketball Players. *Adapted Physical Activity Quarterly*, 1(aop), 1-10.
  16. Pallarés, J. G., Cava, A. M., Courel-Ibáñez, J., González-Badillo, J. J., & Morán-Navarro, R. (2020). Full squat produces greater neuromuscular and functional adaptations and lower pain than partial squats after prolonged resistance training. *European Journal of Sport Science*, 20(1), 115–124. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1612952>
  17. Pallarés, J. G., Sánchez-Medina, L., Pérez, C. E., De La Cruz-Sánchez, E., & Mora-Rodríguez, R. (2014). Imposing a pause between the eccentric and concentric phases increases the reliability of isoinertial strength assessments. *Journal of sports sciences*, 32(12), 1165-1175.
  18. Pareja-Blanco, F., Sánchez-Medina, L., Suárez-Arrones, L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on performance in professional soccer players. *International journal of sports physiology and performance*, 12(4), 512-519.
  19. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Sanchis-Moysi, J., Dorado, C., Mora-Custodio, R., Yáñez-García, J. M., Morales-Alamo, D., Pérez-Suárez, I., Calbet, J. A. L., & González-Badillo, J. J. (2017). Effects of velocity loss during resistance training on athletic performance, strength gains and muscle adaptations. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 27(7), 724–735.
  20. Pareja-Blanco, F., Alcazar, J., Cornejo-Daza, P. J., Sánchez-Valdepeñas, J., Rodríguez-Lopez, C., Hidalgo-de Mora, J., ... & Ortega-Becerra, M. (2020). Effects of velocity loss in the bench press exercise on strength gains, neuromuscular adaptations, and muscle hypertrophy. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(11), 2154-2166.
  21. Pérez-Castilla, A., Piepoli, A., Delgado-García, G., Garrido-Blanca, G., & García-Ramos, A. (2019). Reliability and concurrent validity of seven commercially available devices for the assessment of movement velocity at different intensities during the bench press. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(5), 1258-1265.
  22. Peterson, M. D., Alvar, B. A., & Rhea, M. R. (2006). The contribution of maximal force production to explosive movement among young collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(4), 867–873. <https://doi.org/10.1519/R-18695.1>



23. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Sánchez-Medina, L., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2019). Relationship Between Velocity Loss and Repetitions in Reserve in the Bench Press and Back Squat Exercises. *Journal of strength and conditioning research*.
24. Rodríguez-Rosell, D., Yáñez-García, J. M., Mora-Custodio, R., Sánchez-Medina, L., Ribas-Serna, J., & González-Badillo, J. J. (2021). Effect of velocity loss during squat training on neuromuscular performance. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*.
25. Sanchez-Medina, L., Perez, C. E., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2010). Importance of the propulsive phase in strength assessment. *International journal of sports medicine*, 31(02), 123-129.
26. Sanchez-Medina, L., & González-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(9), 1725-1734.
27. Sánchez-Medina, L., Pallarés, J., Pérez, C., Morán-Navarro, R., & González-Badillo, J. (2017). Estimation of Relative Load From Bar Velocity in the Full Back Squat Exercise. *Sports Medicine International Open*, 01(02), E80–E88. <https://doi.org/10.1055/s-0043-102933>
28. Sánchez-Moreno, M., Rodríguez-Rosell, D., Pareja-Blanco, F., Mora-Custodio, R., & González-Badillo, J. J. (2017). Movement velocity as indicator of relative intensity and level of effort attained during the set in pull-up exercise. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 12(10), 1378-1384.
29. Shimano, T., Kraemer, W. J., Spiering, B. A., Volek, J. S., Hatfield, D. L., Silvestre, R., ... & Häkkinen, K. (2006). Relationship between the number of repetitions and selected percentages of one repetition maximum in free weight exercises in trained and untrained men. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 20(4), 819-823.
30. Suchomel, T. J., Nimphius, S., & Stone, M. H. (2016). The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports Medicine*, 46(10), 1419–1449.
31. Vagetti, G. C., Barbosa Filho, V. C., Moreira, N. B., Oliveira, V. D., Mazzardo, O., & Campos, W. D. (2014). Association between physical activity and quality of life in the elderly: a systematic review, 2000-2012. *Brazilian Journal of Psychiatry*, 36(1), 76-88
32. Weakley, J. J., Till, K., Read, D. B., Roe, G. A., Darrall-Jones, J., Phibbs, P. J., & Jones, B. (2017). The effects of traditional, superset, and tri-set resistance training structures on perceived intensity and physiological responses. *European journal of applied physiology*, 117(9), 1877-1889
33. Weakley, J., Mann, B., Banyard, H., McLaren, S., Scott, T., & Garcia-Ramos, A. (2021). Velocity-based training: From theory to application. *Strength & Conditioning Journal*, 43(2), 31-49.