

**INSTITUTO UNIVERSITARIO ASOCIACIÓN CRISTIANA DE JÓVENES**  
**LICENCIATURA EN EDUCACIÓN FÍSICA, RECREACIÓN Y DEPORTE**

**DETERMINANTE EN LA ALTURA DEL SALTO CON**  
**CARGA: IMPULSO VS POTENCIA**

Trabajo Final de Grado presentado al Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes, como parte de los requisitos para la obtención del Diploma de Graduación en la Licenciatura en Educación Física, Recreación y Deporte.

Tutor: Valentina Silva.

JUAN MANUEL CARREÑO

EMILIANO PICÚN

**MONTEVIDEO**

**2019**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA:

Los abajo firmantes Juan Manuel Carreño y Emiliano Picún, son los autores y los responsables de todos los contenidos y de la opiniones expresadas en este documento, que no necesariamente son compartidas por el Instituto Universitario Asociación Cristiana de Jóvenes.

---

---

# ÍNDICE

RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN:	1
2 OBJETIVOS:	2
2.1 GENERAL:	2
2.2 ESPECÍFICO:	2
3 HIPÓTESIS:	2
4 METODOLOGÍA:	3
4.1 MUESTRA:	3
4.2 PROTOCOLO:	3
4.3 OBTENCIÓN DE VARIABLES:	4
4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:	4
4.5 RESULTADOS:	5
5 DISCUSIÓN:	14
6 CONCLUSIÓN:	17
7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:	18

## Índice de Tablas y Figuras:

Tabla 1: Medias y Desvíos Standard de las variables analizadas en 10%, 20% y 30% de carga	6
Tabla 2: Test Mann-Whitney pairwise del impulso en las distintas cargas.	6
Tabla 3: Test Mann-Whitney pairwise del impulso relativo en las distintas cargas.	7
Tabla 4: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia máxima en las distintas cargas.	7
Tabla 5: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia máxima relativa en las distintas cargas.	7
Tabla 6: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia media en las distintas cargas.	7
Tabla 7: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia media relativa en las distintas cargas.	8
Tabla 8: Test Mann-Whitney pairwise de la altura en las distintas cargas.	8
Tabla 9: Correlaciones de variables ( $r_s$ = Spearman) ( $r_p$ = Pearson).	8
Figura 1: Valores de la media entre las variables de 10%, 20% y 30%. A. Impulso. B. Impulso Relativo. C. Potencia Máxima. D. Potencia Máxima Relativa.	9
Figura 2: Valores de la media entre las variables de 10%, 20% y 30%. E. Potencia Media. F. Potencia Media Relativa. G. Altura.	10
Figura 3: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 10%.	11
Figura 4: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 10%.	11
Figura 5: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 20%.	12
Figura 6: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 20%.	12
Figura 7: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 30%.	13
Figura 8: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 30%.	13

## **RESUMEN:**

Este trabajo tuvo como objetivo comparar las correlaciones del impulso mecánico, potencia media y pico de potencia en relación con la altura alcanzada en el squat jump realizado con tres diferentes situaciones de carga. La muestra se compuso por once deportistas de handball federados en la Real Federación Española de Balonmano (RFEBM), quienes realizaron una serie de saltos de squat jump, donde se les indicó a los individuos realizar tres saltos máximos sin carga, para luego proseguir a realizar una secuencia de saltos consecutivos máximos con cargas del 10%, 20% y 30% de su masa corporal respectiva (realizando tres repeticiones cada uno, donde el orden de las cargas fue seleccionada de forma aleatoria). Se encontraron diferencias significativas en todas las variables analizadas entre 10% y 20% y entre 10% y 30%, por otro lado entre 20% y 30% se observaron diferencias significativas únicamente en la potencia máxima relativa. Se observó que existe una correlación superior con el salto en las variables relativas por sobre las variables absolutas, pero conforme aumenta la carga esta relación se invierte en las variables de potencia. Por otro lado, se observó que las variables de potencia, parecen ser mejores determinantes del salto con poca carga agregada y conforme aumenta la carga esta relación parece invertirse. Igualmente, dada la poca evidencia, esta relación deberá seguir estudiándose con especial énfasis en los métodos de aplicación de carga.

**Palabras clave:** Squat jump. Impulso. Potencia. No-inercial

## 1 INTRODUCCIÓN:

Existe suficiente evidencia para afirmar que tanto el squat jump sin carga como el squat jump con carga se relacionan al rendimiento de otros gestos motores, como una repetición máxima (1RM) de sentadilla (Hermassi et al., 2018), al tiempo de sprint con cambio de dirección (Kitamura et al., 2017; Loturco et al., 2017) y al sprint lineal (Caleb W. Dobbs, Nicholas D. Gill, Daniels J. Smart, 2015, Loturco et. al 2015; Hansen, Cronin, & Newton, 2011; Harris, Cronin, Will G. Hopkins, & Hansen, 2008). Por lo tanto el squat jump con y sin carga es una herramienta que puede ser utilizada de manera eficaz para medir el rendimiento en las distintas variables deportivas mencionadas anteriormente.

En lo que respecta a la potencia; se la ha considerado como la principal componente del salto, basado en el hecho de que una mayor capacidad de ejecutar un gesto motriz de manera explosiva usualmente se refleja en un rendimiento superior (Carlock et al., 2004; Driss, Vandewalleh & Monod, 1999; Stockbrugger & Haennel, 2003, Stone et al., 2000, Vandewalle et al., 1987). Se entiende trabajo como el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y el desplazamiento de ese cuerpo en la dirección de dicha fuerza (Resnick, Halliday & Krane, 2001). La potencia es definida como el trabajo realizado por unidad de tiempo durante el cual se está realizando el trabajo (Rodgers & Cavanagh, 1984). Por otro lado, el impulso es el efecto de una fuerza que actúa durante un período de tiempo. Está determinado matemáticamente por la integral de la curva de fuerza en función del tiempo, es decir, el área bajo la curva de fuerza-tiempo. Impulso mecánico se define como la duración en el tiempo de la aplicación de una fuerza. La segunda ley de Newton nos permite cuantificar el efecto de una fuerza en la velocidad de un objeto si conocemos el impulso (Rodgers & Cavanagh, 1984).

En cuanto a la diferencia entre el squat jump con carga y sin carga se ha documentado que existen diferencias significativas en el pico de potencia generada, potencia media y velocidad a favor del squat jump sin carga frente a cargas superiores a 40 kg (Cormie, McBride, & McCaulley, 2008), aunque en este estudio se evaluó el salto con carga absoluta y no con carga relativa a la masa. En otro estudio analizado, se evaluaron las variables cinemáticas del salto con contramovimiento (CMJ) con cargas del 25%, 50%, 75% y 100% del peso corporal, se encontró que el pico de potencia, la potencia media, el pico de velocidad y la velocidad media, decrecen conforme aumenta la carga. Por otro lado se halló que el impulso mecánico aumenta con carga de 75% sobre las demás. En este estudio la carga fue aplicada de forma relativa a la masa, pero hay mucha diferencia entre cada carga por lo que podría ser una limitante (Mundy, Smith, Lauder, & Lake, 2016). También existe evidencia de que la profundidad del salto con CMJ afecta de forma directa la altura del salto. En dicho estudio se midieron la altura del salto, pico de fuerza, velocidad e impulso mecánico en tres condiciones:

altura auto-seleccionada, profunda y corta. Los resultados mostraron que el salto más profundo presentó una mayor altura del salto, un mayor impulso mecánico y mayor velocidad en comparación con los demás, mientras que el salto más corto presentó mayores niveles de fuerza. Los autores sugirieron que dichos resultados podrían deberse a que el salto desde mayor profundidad presenta un mayor tiempo de aplicación de fuerza que las otras profundidades y eso condujo a un mayor impulso mecánico (Sánchez-Sixto, Harrison, & Floría, 2018).

Dado los antecedentes sería relevante hallar evidencia sobre las diferencias en variables cinéticas en squat jump con carga relativa a la masa y con menores diferencias de carga.

## **2 OBJETIVOS:**

### **2.1 GENERAL:**

Comparar las correlaciones del impulso mecánico, potencia media y pico de potencia con la altura del squat jump en tres situaciones de carga.

### **2.2 ESPECÍFICO:**

- Hallar la correlación del impulso mecánico absoluto y relativo con la altura del salto.
- Hallar la correlación del pico de potencia absoluto y relativo con la altura del salto.
- Hallar la correlación de la potencia media absoluta y relativa con la altura del salto.

## **3 HIPÓTESIS:**

El impulso mecánico tiene una mayor correlación que la potencia media y el pico de potencia de la altura del salto en todas las condiciones de carga.

## **4 METODOLOGÍA:**

### **4.1 MUESTRA:**

La muestra estuvo compuesta por 11 deportistas de handball federados en la Real Federación Española de Balonmano (RFEBM). Dichos deportistas comprendían un rango etario entre los 20 y los 26 años de edad, teniendo un promedio de altura de  $176 \pm 1,8$  cm, y un promedio de masa de  $77,1 \pm 3,0$  kg. Como término excluyente los deportistas no debían tener antecedentes de lesiones en los últimos seis meses. Los mismos fueron participantes voluntarios que coincidían con lo requerido para el estudio. Se les solicitó su consentimiento informado, previamente aprobado por el comité de ética de la Universidad de Granada, donde se dejó constancia de los objetivos y las características de la investigación.

### **4.2 PROTOCOLO:**

La recolección de datos se llevó a cabo en la Universidad de Granada, España. En primer lugar se procedió a dar una explicación general sobre el estudio a realizar y en el que ellos fueron los principales actores. Luego se continuó con la obtención de la altura, la edad y la masa de los voluntarios a través de balanza y tallímetro (DSM-BIA Multifrecuencia Segmental In Body Co., Ltd). Posteriormente se llevó a cabo un calentamiento apropiado para realizar de manera correcta los test de salto. Dicho calentamiento consistió en 5 minutos de carrera continua a una velocidad elegida por los propios participantes, seguido de un calentamiento específico, en el cual se realizaron squat jump sin carga sobre la plataforma de fuerza, pero que progresivamente se procedió con el aumento de la carga. Esto se realizó para que los voluntarios se familiaricen con el instrumento que se utilizó para las mediciones.

En lo que corresponde al protocolo de saltos de squat jump, se les indicó a los individuos realizar tres saltos máximos sin carga, para luego realizar una secuencia de saltos consecutivos máximos con carga del 10% ,20% y 30% de la masa corporal, con tres repeticiones cada uno, donde el orden de las cargas fue seleccionada de forma aleatoria. Cada salto de la misma condición experimental y entre distintas condiciones experimentales se realizó con una pausa aproximada de 30 segundos. En lo que corresponde a los saltos fallidos o erróneos, estos no se consideraron y se solicitó al voluntario repetir dicho salto. En cuanto al equipamiento que se utilizó durante el estudio, los saltos fueron registrados en una plataforma de fuerza triaxial piezo-eléctrica 250Hz, la cual posee unas dimensiones de 50 x 60 cm (Kistler Instruments, Hampshire, UK). La carga externa fue generada con un dinamómetro electromecánico funcional (Dynasystem® ModelDynaBlackbox).



### **4.3 OBTENCIÓN DE VARIABLES:**

Se obtuvo la fuerza reacción del suelo de la plataforma de fuerza, luego a dicha fuerza se le restó el peso de cada individuo. A continuación se promediaron los valores de fuerza reacción del suelo sin peso en los dos segundos previos al salto para lograr obtener la fuerza ejercida por la carga. Posteriormente se restó la fuerza ejercida por la carga aplicada a la fuerza reacción del suelo sin peso para obtener la fuerza neta. La fase propulsiva del salto, se identificó a partir de una variación de 50 N por encima de 0 N, posterior a dos segundos con valores de fuerza neta cercanos a 0 N, y culmina cuando los valores de fuerza neta disminuyen hasta menos el peso del individuo testado

El impulso mecánico se obtuvo del área sobre la gráfica fuerza neta en función del tiempo, durante la fase propulsiva. La aceleración fue hallada a partir de la fuerza en función de la masa. La velocidad se obtuvo a partir del producto de la aceleración y el tiempo. El vector de potencia en función del tiempo se calculó como el producto de la fuerza neta y la velocidad. El pico de potencia se identificó como el valor instantáneo más alto de potencia durante la fase propulsiva del salto. La potencia media se obtuvo a partir del cálculo de la media de la potencia realizada en la fase propulsiva. La altura del salto se obtuvo a partir del cociente de la velocidad máxima elevada al cuadrado entre 2G (aceleración gravitatoria por dos). La potencia media, el pico de potencia y el impulso mecánico se obtuvieron y se presentaron tanto en valores absolutos como relativos a la masa.

### **4.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO:**

Todos los análisis estadístico fueron obtenidos a través del software de análisis estadístico PAST326b, y se utilizó un nivel de alpha de  $p \leq 0,005$  para indicar la significancia estadística. Se realizó primero el análisis descriptivo de los datos, luego en función del número de sujetos de estudios se implementó el test Shapiro-wilks para comprobar la normalidad de los datos. Posteriormente para analizar la relación de las variables se realizó un anova de medidas no repetidas en su versión no paramétrica y su test posterior (test de Kruskal-Wallis y test de Mann-Whitney) para hallar las diferencias entre las variables a estudiar en diferentes condiciones de carga. Además se halló la correlación entre las distintas variables a estudiar y la altura del salto en las diferentes condiciones de carga mediante el test de Pearson o el test de Spearman's en función de la normalidad de los datos.

#### 4.5 RESULTADOS:

Respecto al impulso; entre las tres condiciones de carga se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) (Figura 1A). Para la carga agregada del 10% de la masa corporal, se obtuvo un impulso de  $158,22 \pm 11,60 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para las cargas del 20% y 30%, se pudo observar una reducción significativa ( $p < 0,001$ ) de 0,15 y 0,20 veces respectivamente del impulso con respecto a la carga 10%, pero no hubo una reducción significativa ( $p = 0,2$ ) del impulso en la carga 30% respecto a la carga 20% (Tabla 1 y 2).

En lo que refiere al impulso relativo; en las tres condiciones de carga se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) (Figura 1B). El impulso relativo obtenido a partir de los saltos con carga del 10% del peso corporal fue de  $2,03 \pm 0,24 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para los saltos con cargas del 20% y 30% se pudo observar una reducción significativa de 0,11 ( $p < 0,001$ ) y 0,18 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente. Sin embargo la reducción del impulso relativo del salto con cargas 30% respecto al salto con carga 20% no fue significativo ( $p = 0,29$ ) (Tabla 1 y 3).

Teniendo en cuenta la potencia máxima; se encontraron diferencias significativas en las tres condiciones de carga ( $p < 0,001$ ) (Figura 1C). El pico de potencia obtenido a partir de los saltos con carga del 10% fue de  $1475,68 \pm 275,22 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para los saltos con cargas del 20% y 30% se pudo observar una reducción significativa del 0,19 ( $p < 0,001$ ) y 0,32 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente, pero no hubo una reducción significativa ( $p = 0,005$ ) respecto a la potencia generada con los saltos de 30% del peso agregado frente a la de 20% (Tabla 1 y 4).

Por otro lado la potencia máxima relativa; se encontraron diferencias significativas en las tres condiciones de ( $p < 0,001$ ) (Figura 1D). El pico de potencia relativo obtenido a partir de los saltos con carga del 10% fue de  $19,23 \pm 5,00 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para los saltos con cargas 20% y 30%, se pudo observar una reducción significativa de 0,20 ( $p < 0,001$ ) y 0,30 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente, además hubo una reducción significativa ( $p < 0,001$ ) respecto a la potencia relativa generada con los saltos de 30% del peso frente a la de 20% (Tabla 1 y 5).

En lo que corresponde a la potencia media; en las tres condiciones de carga se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) (Figura 1E). La potencia media obtenida a partir de los saltos con carga del 10% fue de  $360,27 \pm 101,61 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para los saltos con cargas de 20% y 30%, se pudo observar una reducción significativa de 0,12 ( $p = 0,002$ ) y 0,23 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente, sin embargo no hubo una reducción significativa ( $p = 0,34$ ) respecto a la potencia media generada con los saltos de 30% del peso frente a la de 20% (Tabla 1 y 6).

Respecto a la potencia media relativa en las tres condiciones de carga se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) (Figura 1F). La potencia media relativa obtenida a partir de los saltos con carga del 10% fue de  $4,73 \pm 1,61 \text{ N}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Para los saltos con cargas de

20% y 30%, se pudo observar una reducción significativa de 0,21 ( $p = 0,001$ ) y 0,33 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente, sin embargo no hubo una reducción significativa ( $p = 0,31$ ) respecto a la potencia media generada con los saltos de 30% del peso frente a la de 20%. (Tabla 1 y 7)

La altura obtenida a partir de los saltos con carga del 10% fue de  $0,21 \pm 0,05$  m. Para los saltos con cargas del 20% y 30%, se pudo observar una reducción significativa de 0,25 ( $p < 0,001$ ) y 0,30 ( $p < 0,001$ ) veces respectivamente, sin embargo no hubo una reducción significativa ( $p = 0,29$ ) respecto a la altura obtenida con los saltos de 30% del peso frente a la de 20% (Figura 1G).

La altura relacionada con el impulso, potencia máxima y potencia media (Figura 3), así como con las variables relativas (Figura 4) en la condición de carga 10% mostraron una correlación positiva (Tabla 9), sin embargo el impulso, no presentó correlación ( $r = 0,28$ ;  $p = 0,102$ ). Por otro lado la altura relacionada con el impulso, potencia máxima y potencia media (Figura 5), así como con las variables relativas (Figura 6) en condición de carga 20% mostraron una correlación positiva (Tabla 9). Finalmente la altura relacionada con el impulso, potencia máxima y potencia media (Figura 7), así como con las variables relativas (Figura 8) en condición de carga 30% mostraron una correlación positiva (Tabla 9).

Tabla 1: Medias y Desvíos Standard de las variables analizadas en 10%, 20% y 30% de carga

	Condición experimental		
	10%	20%	30%
Impulso (N.s)	$158,22 \pm 11,60$	$136,82 \pm 16,72$	$128,91 \pm 21,46$
Impulso relativo (N.s/Kg)	$2,03 \pm 0,24$	$1,79 \pm 0,28$	$1,65 \pm 0,38$
Potencia máxima (W)	$1.475,68 \pm 275,22$	$1.206,47 \pm 259,42$	$1.045,72 \pm 280,25$
Potencia máxima relativa (W/Kg)	$19,23 \pm 5,00$	$15,89 \pm 4,36$	$13,55 \pm 4,58$
Potencia media (W)	$360,27 \pm 101,61$	$281,39 \pm 94,44$	$240,49 \pm 94,86$
Potencia media relativa (W/Kg)	$4,73 \pm 1,61$	$3,71 \pm 1,40$	$3,14 \pm 1,37$
Altura (m)	$0,21 \pm 0,05$	$0,17 \pm 0,05$	$0,15 \pm 0,06$

Tabla 2: Test Mann-Whitney pairwise del impulso en las distintas cargas.

	Impulso 10%	Impulso 20%	Impulso 30%
Impulso 10%		$0,456 \times 10^{-6}$	$0,538 \times 10^{-7}$
Impulso 20%			0,210

Tabla 3: Test Mann-Whitney pairwise del impulso relativo en las distintas cargas.

	I. RELATIVO 10%	I. RELATIVO 20%	I. RELATIVO 30%
Impulso relativo 10%		$0,374 \times 10^{-3}$	$0,410 \times 10^{-5}$
Impulso relativo 20%			0,295

Tabla 4: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia máxima en las distintas cargas.

	Potencia máxima empuje 10%	Potencia máxima empuje 20%	Potencia máxima empuje 30%
Potencia máxima empuje 10%		$0,303 \times 10^{-3}$	$0,510 \times 10^{-6}$
Potencia máxima empuje 20%			0,054

Tabla 5: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia máxima relativa en las distintas cargas.

	Potencia máxima relativa 10%	Potencia máxima relativa 20%	Potencia máxima relativa 30%
Potencia máxima relativa 10%		$0,616 \times 10^{-9}$	$0,773 \times 10^{-4}$
Potencia máxima relativa 20%			$0,583 \times 10^{-4}$

Tabla 6: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia media en las distintas cargas.

	Potencia media 10%	Potencia media 20%	Potencia media 30%
Potencia media 10%		$0,241 \times 10^{-2}$	$0,727 \times 10^{-4}$
Potencia media 20%			0,350

Tabla 7: Test Mann-Whitney pairwise de la potencia media relativa en las distintas cargas.

	PMED RELATIVA 10%	PMED RELATIVA 20%	PMED RELATIVA 30%
Potencia media relativa 10%		$0,120 \times 10^{-1}$	$0,203 \times 10^{-3}$
Potencia media relativa 20%			0,310

Tabla 8: Test Mann-Whitney pairwise de la altura en las distintas cargas.

	Altura 10%	Altura 20%	Altura 30%
Altura 10%		$0,374 \times 10^{-3}$	$0,410 \times 10^{-5}$
Altura 20%			0,295

Tabla 9: Correlaciones de variables ( $r_s$  = Spearman) ( $r_p$  = Pearson).

	Correlación con la altura del salto en 10%	Valor p para 10%	Correlación con la altura del salto en 20%	Valor p para 20%	Correlación con la altura del salto en 30%	Valor p para 30%
Impulso	$r_s = 0,29$	0,102	$r_s = 0,82$	$0,308 \times 10^{-7}$	$r_p = 0,92$	$0,617 \times 10^{-11}$
Impulso relativo	$r_s = 1,00$	0,000	$r_s = 1,00$	0,000	$r_p = 0,99$	$0,102 \times 10^{-22}$
Potencia máxima	$r_s = 0,78$	$0,784 \times 10^{-7}$	$r_s = 0,84$	$0,437 \times 10^{-8}$	$r_p = 0,91$	$0,381 \times 10^{-10}$
Potencia máxima relativa	$r_s = 0,83$	$0,183 \times 10^{-8}$	$r_s = 0,87$	$0,661 \times 10^{-9}$	$r_s = 0,80$	$0,709 \times 10^{-6}$
Potencia media	$r_s = 0,65$	$0,362 \times 10^{-4}$	$r_s = 0,73$	$0,409 \times 10^{-5}$	$r_s = 0,91$	$0,423 \times 10^{-10}$
Potencia media relativa	$r_s = 0,72$	$0,241 \times 10^{-5}$	$r_s = 0,78$	$0,309 \times 10^{-6}$	$r_s = 0,89$	$0,589 \times 10^{-9}$

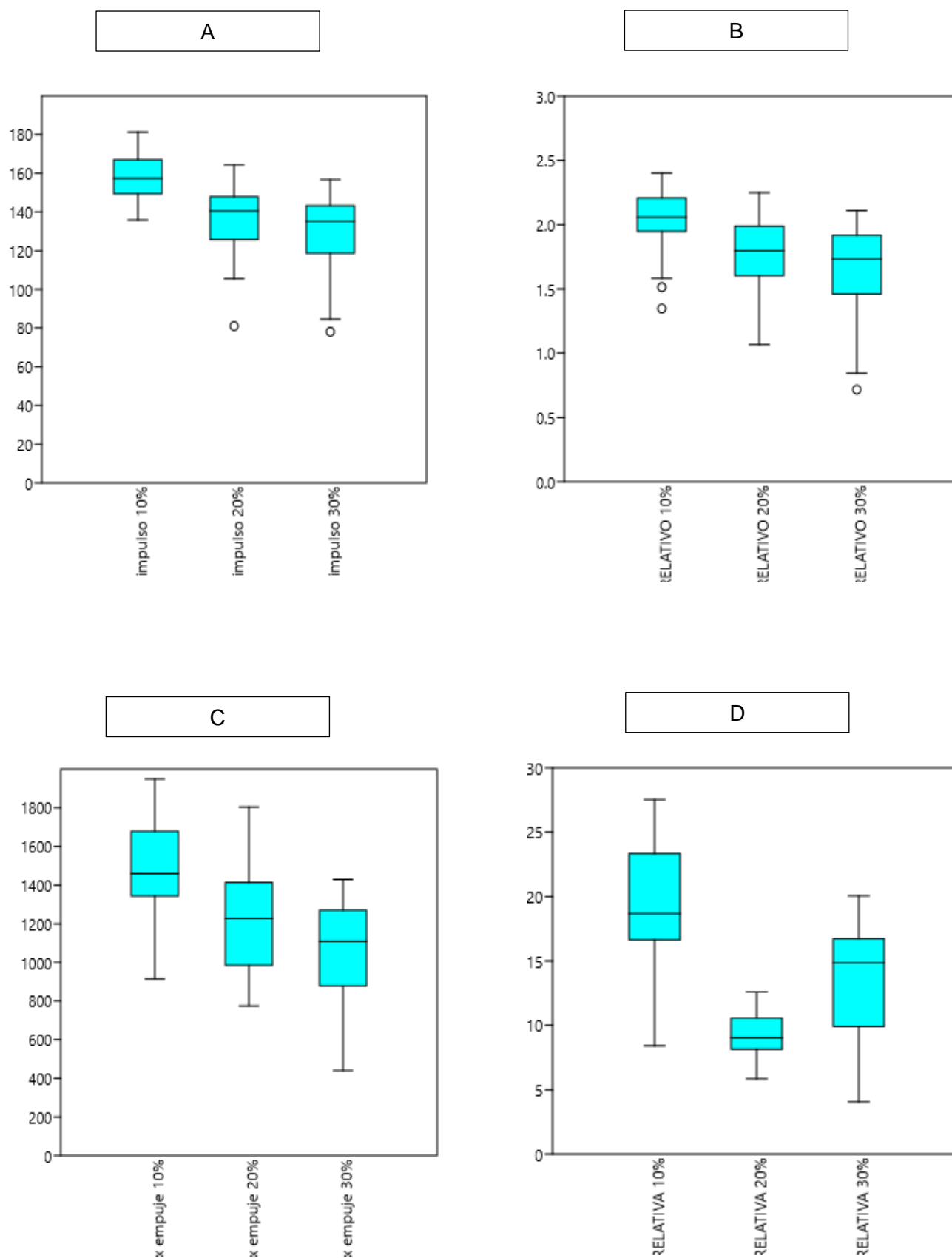


Figura 1: Valores de la media entre las variables de 10%, 20% y 30%. A. Impulso. B. Impulso Relativo. C. Potencia Máxima. D. Potencia Máxima Relativa.

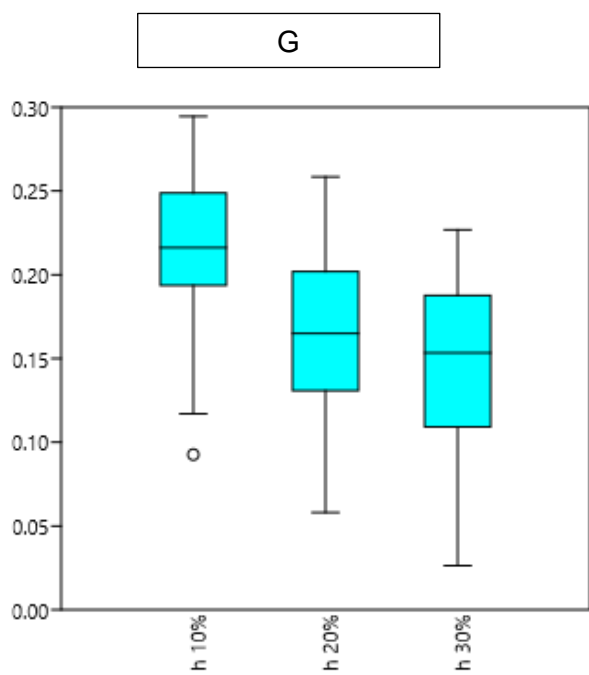
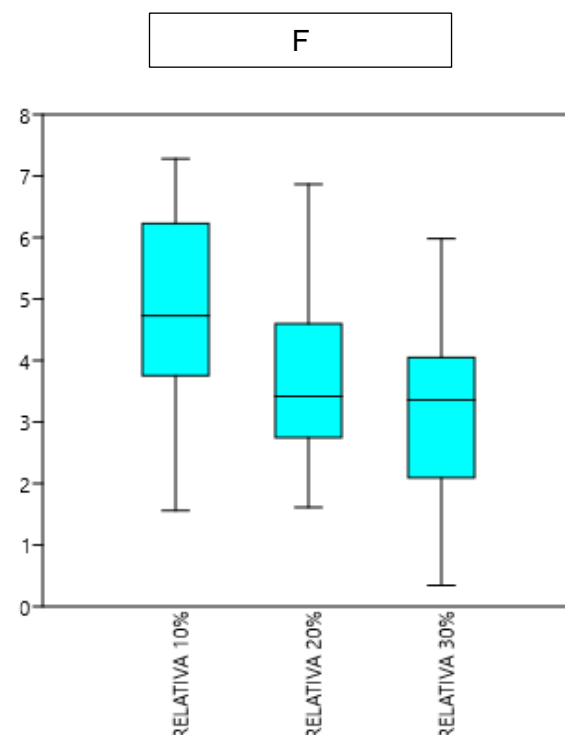
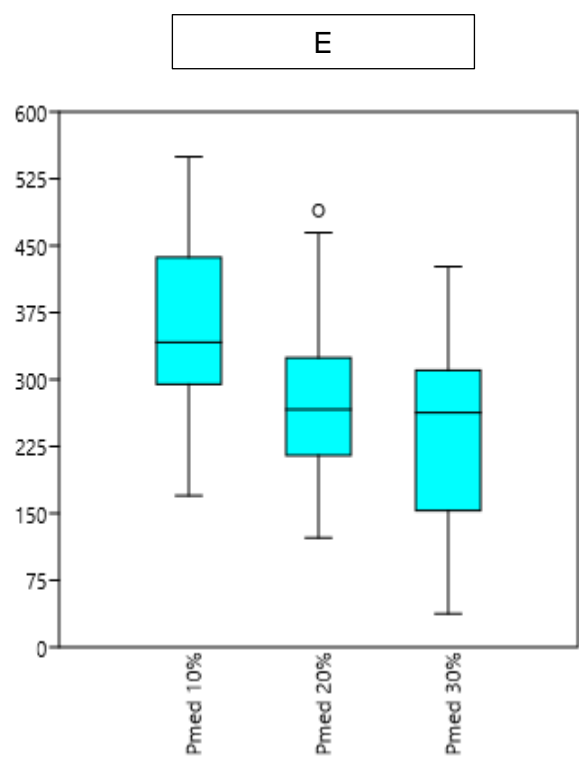


Figura 2: Valores de la media entre las variables de 10%, 20% y 30%.  
E. Potencia Media. F. Potencia Media Relativa. G. Altura.

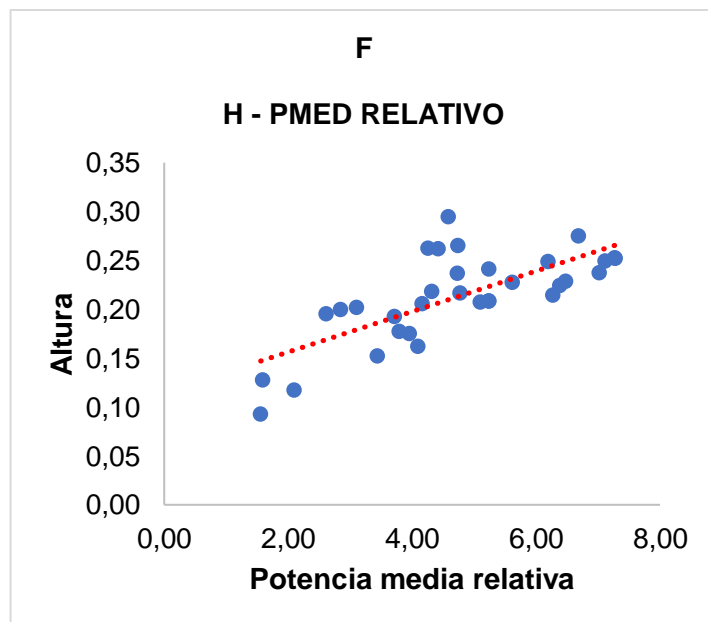
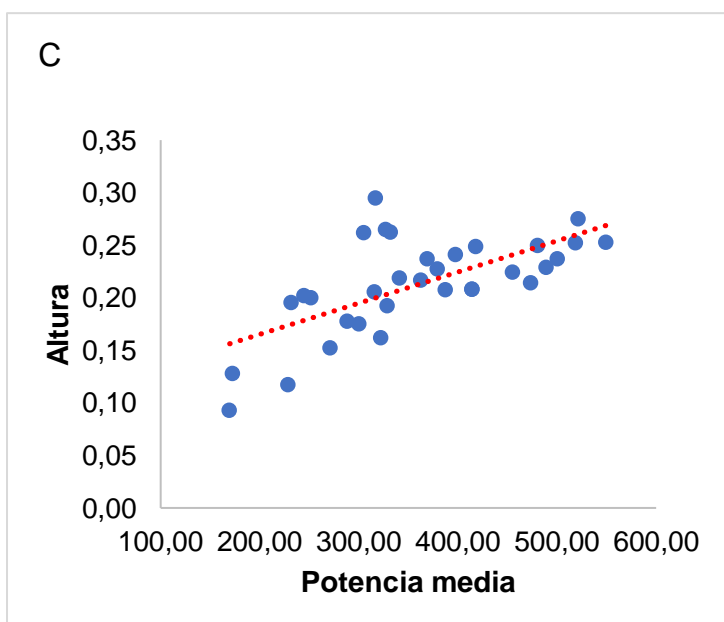
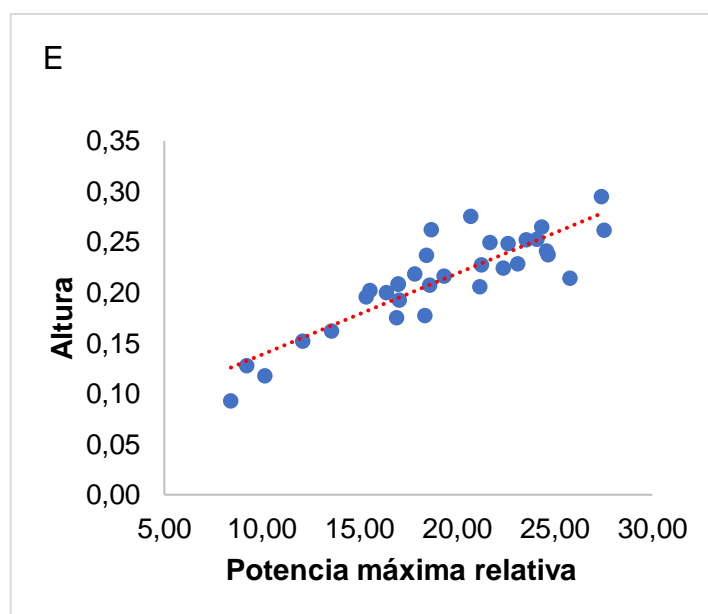
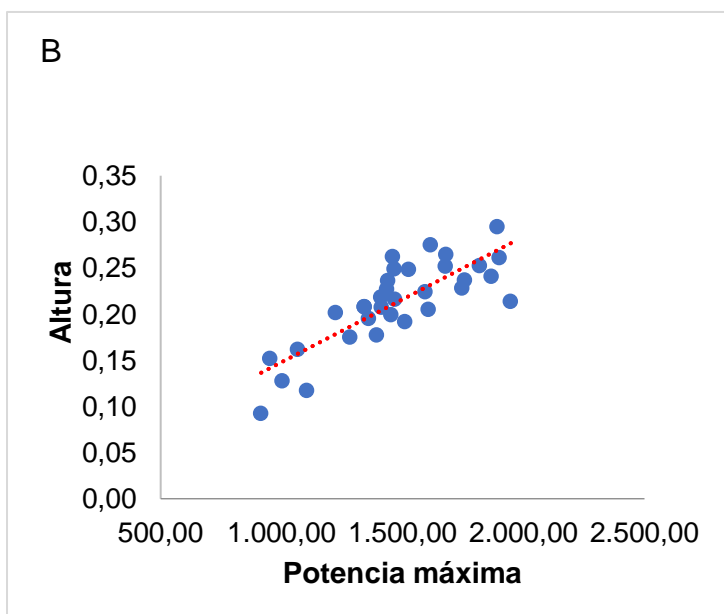
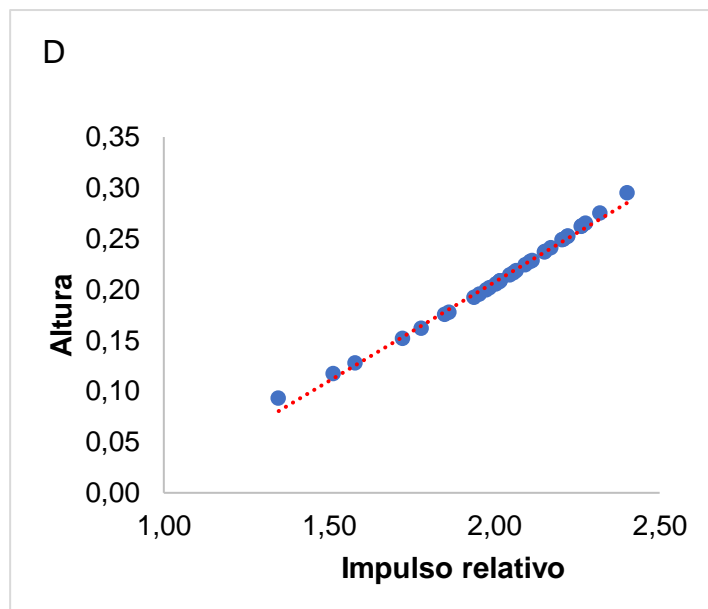
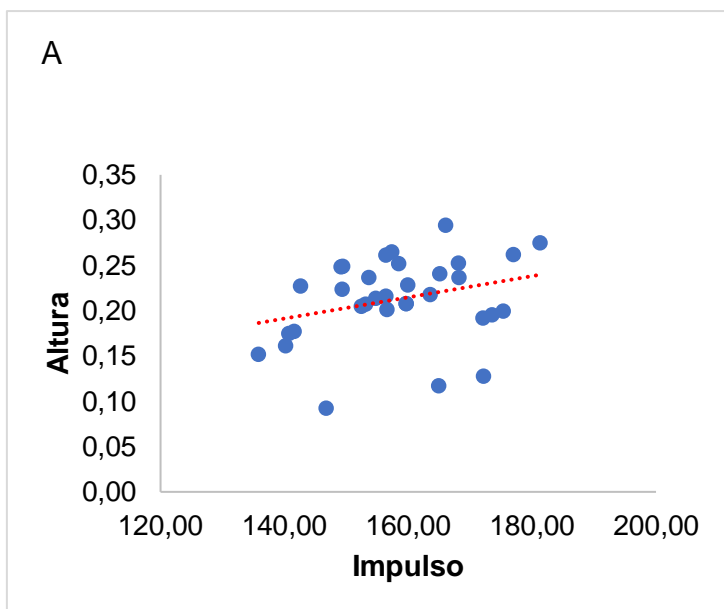


Figura 3: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 10%.

Figura 4: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 10%.



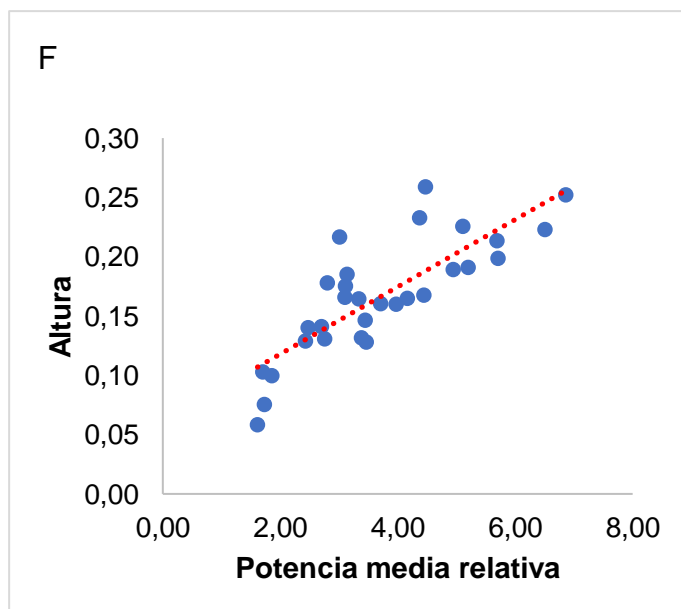
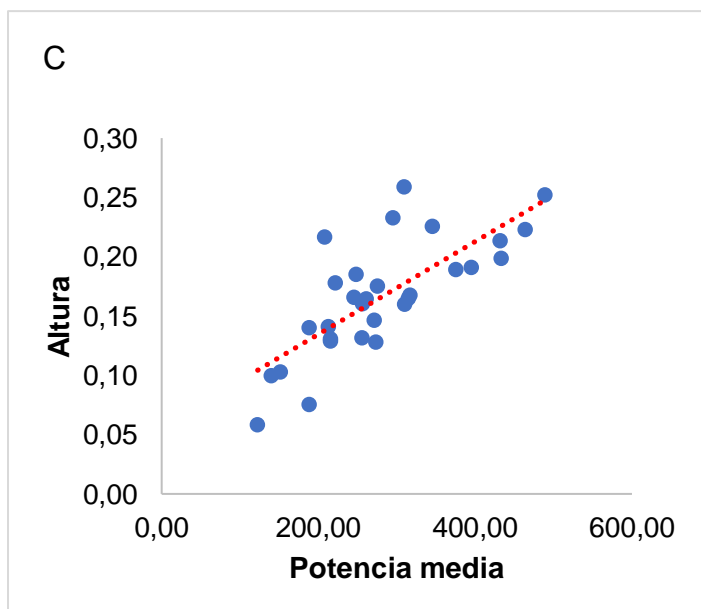
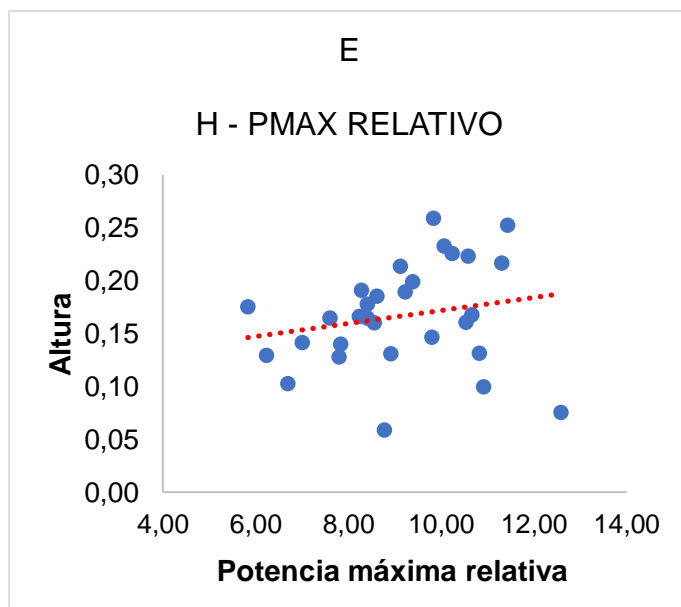
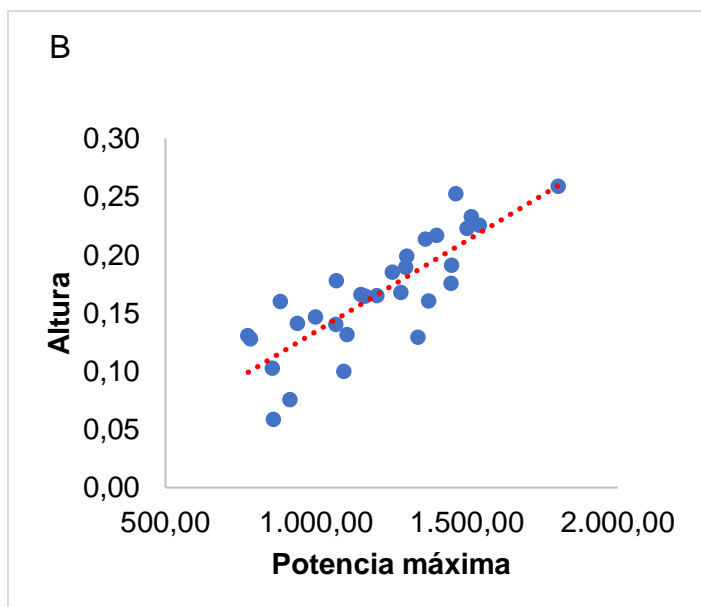
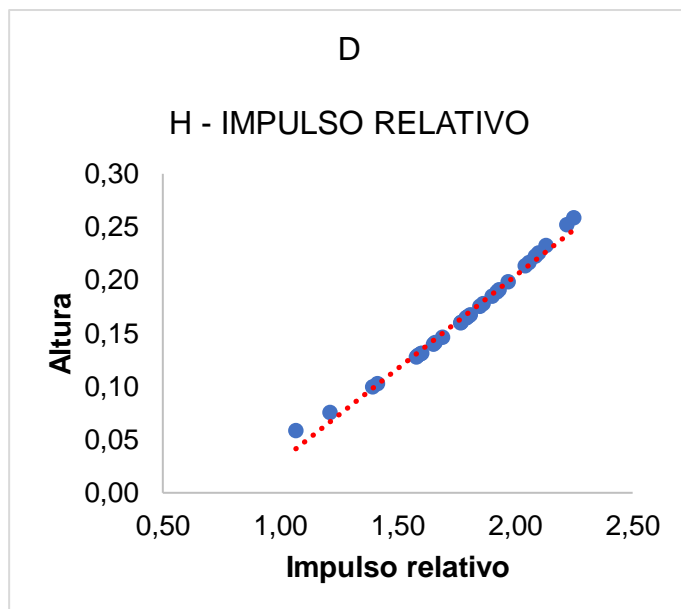
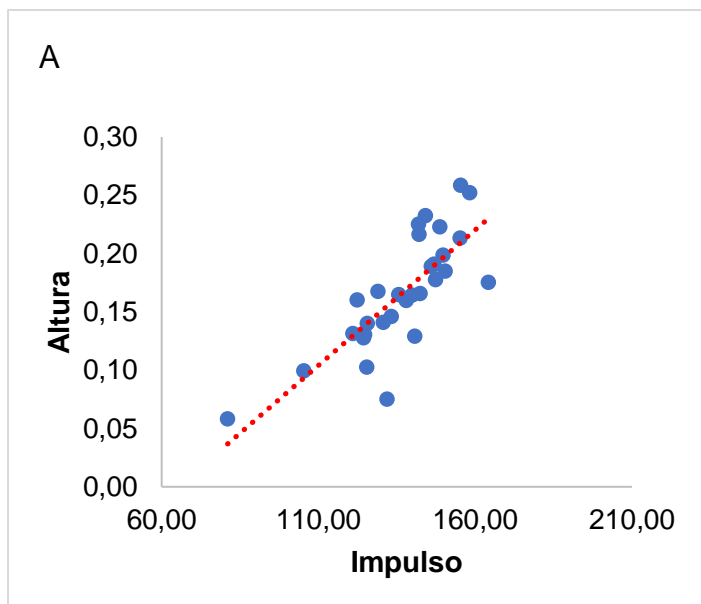


Figura 5: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 20%.

Figura 6: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 20%.

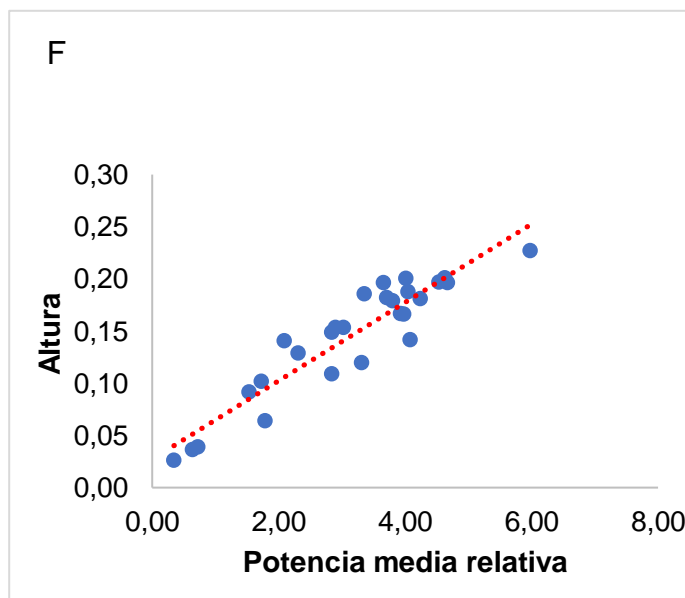
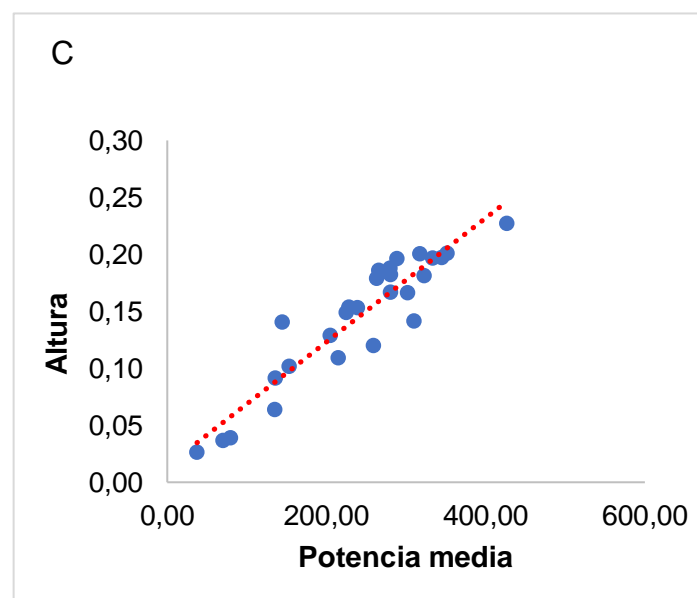
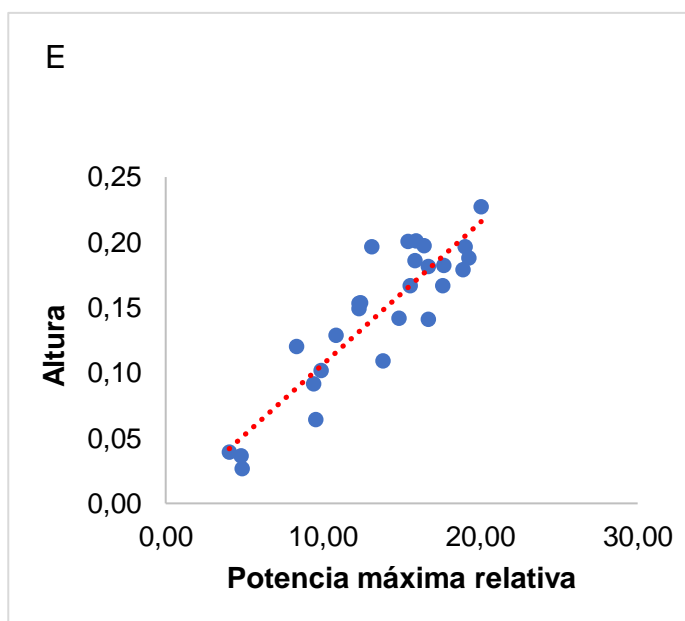
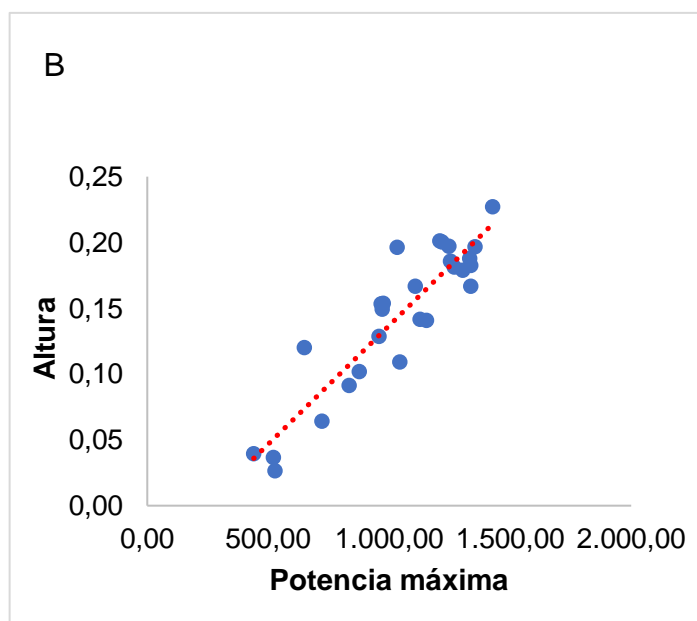
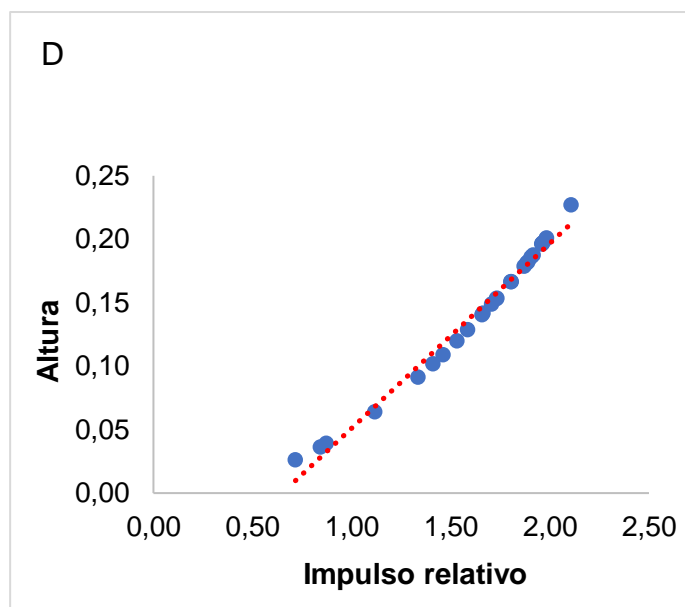
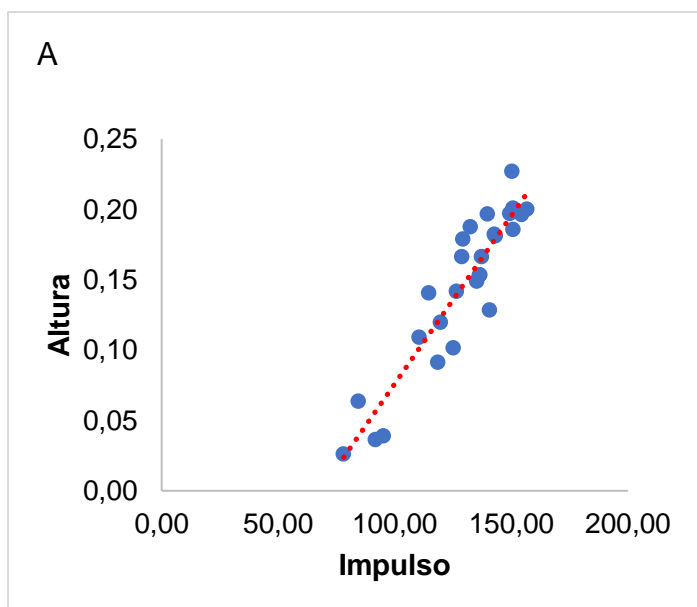


Figura 7: Correlaciones de variables absolutas con condición de carga 30%.

Figura 8: Correlaciones de variables relativas con condición de carga 30%.

## 5 DISCUSIÓN:

En el presente estudio se observaron impulsos de entre 158,22 N/s para las cargas de 10% y 128,91 N/s para las cargas de 30%. En los estudios de Lake et al. (2018) y Mundy, Smith, Lauder & Lake (2016) observaron valores de entre 226 N/S y 255 N/S, donde ambos analizaron en plataforma de fuerza el CMJ con cargas del 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de la masa corporal en atletas de rugby con al menos dos años de experiencia en entrenamiento de fuerza (Mundy, Smith, Lauder & Lake 2016) y personas con al menos un año de experiencia en entrenamiento de fuerza (Lake et al. 2018), y la carga fue aplicada en una barra con peso sobre la nuca.

A su vez en el presente estudio se observó una tendencia a que el impulso disminuye conforme aumenta la carga a pesar de que no se encontraron diferencias significativas entre el impulso en 20% y 30% de carga agregada de la masa corporal. Por otra parte en los estudios de Lake et al. (2018) y Mundy et al. (2016) se observó un comportamiento parabólico del impulso en relación a la carga, aumentando la misma hasta el 50% - 75% y después disminuyendo entre el 75% y 100% de la carga. Dichas diferencias en el comportamiento del impulso podrían deberse a una modificación en la profundidad de los saltos conforme la carga aumentaba, ya que podría haber alterado el tiempo de duración de salto y por ende el impulso ejercido.

En lo que respecta al presente estudio se observó que el impulso mecánico relativo tiene una correlación de casi uno respecto a la altura del salto, siendo en nuestro estudio la variable que mejor determina la altura del salto. En los estudios de Kirby, McBride, Haines & Dayne (2011) se analizó el impulso relativo en CMJ y squat jump sin carga y obtuvo correlaciones similares a nuestro estudio. Estos resultados concuerdan con las leyes físicas de cinética (Resnick, Halliday & Krane, 2001) ya que el impulso relativo es igual a la velocidad de salida teórica de un proyectil con una aceleración gravitacional de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , y la velocidad de salida al cuadrado dividido dos veces la aceleración gravitatoria nos da como resultado la altura del salto. Por otra parte no existe evidencia previa de análisis del impulso relativo en squat jump con carga.

Por otra parte en el presente estudio se observaron valores de entre 1475,68 W (10% de carga) y 1045,72 W (30% de carga) para la potencia máxima y valores de entre 360,27 W (10% de carga) y 240,49 W (30% de carga) para la potencia media, y se observaron también valores de potencia máxima relativa de entre 19,23 W/kg y 13,55 W/kg y valores de potencia media relativa de entre 4,73 y 3,14 W/kg. En los estudios anteriormente nombrados de Mundy et al. (2016) y Lake et al. (2018) se observaron valores de potencia máxima y potencia media casi cuatro veces mayores que en nuestro estudio. Por otro lado Cormie, McBride & McCaulley

(2008) analizó la potencia máxima en CMJ en sujetos sin experiencia previa en pesas con cargas de 0, 20, 40, 60, 80 kg dispuestas mediante una barra en la nuca, y donde anteriormente se realizó un test de 1RM de sentadilla. El estudio de Cormie et al. (2008) observó también valores de potencia máxima casi cuatro veces superiores a los valores observados en nuestro estudio. En otro estudio Jandacka, Uchytíl, Farana, Zahradník & Hamill (2014) analizó la potencia máxima del squat jump con lanzadores experimentados de por lo menos cuatro años de experiencia en ejercicios de fuerza, donde utilizó cargas del 0, 10, 30, 50, 70 y 90% de 1RM de sentadilla testeado previo al salto. En dicho estudio Jandacka et al. (2014) también observó valores de potencia máxima casi cuatro veces superiores a los hallados en nuestro estudio. A su vez Loturco et al. (2017b) analizó la potencia y potencia media tanto absolutas como relativas en squat jump con cargas del 40, 60 y 80% de la masa corporal realizado en máquina smith por atletas de nivel de selección nacional.

En cuanto a la potencia máxima y potencia media generada en sus versiones absolutas y relativas, nuestro estudio observó que existe una disminución de la misma conforme aumenta la carga a pesar de no encontrar diferencias significativas entre 20% y 30%, con excepción de la potencia máxima relativa donde sí se encontraron diferencias significativas. Dichos resultados son similares a los encontrados por Cormie et al. (2008), Mundy et al. (2016) y Lake et al. (2018), pero no concuerdan con los estudios de Loturco et al. (2017) y Jandacka et al. (2014) donde se observó un aumento conforme aumentaba la carga (Loturco et al., 2017) y un comportamiento parabólico en donde la potencia aumentaba conforme lo hacía la carga hasta llegar a un pico y luego decreció (Jandacka et al., 2014).

En nuestro estudio se observaron valores de altura del salto en promedio de 0,21 m, 0,17 m y 0,15 m para 10%, 20% y 30% de carga respectivamente. Otros estudios sobre salto con carga (Mundy et al., 2016; Lake et al., 2018; Loturco et al., 2017; Cormie, McBride, & McCaulley, 2008) observaron valores superiores a pesar de presentar cargas más altas, pero como se nombró anteriormente, en condiciones experimentales diferentes.

En nuestro estudio se pudo observar un descenso en la altura del salto conforme aumentaba la carga a pesar de que no hubieron diferencias significativas entre el 20% y 30% de carga. Otros estudios del salto con carga también observaron esta tendencia (Mundy et al., 2016; Lake et al., 2018; Loturco et al., 2017; Cormie, McBride, & McCaulley, 2008)

En nuestro estudio se pudo evidenciar que el mayor determinante del salto es el impulso relativo. Se pudo apreciar también una alta correlación del impulso, potencia máxima, potencia máxima relativa, potencia media y potencia media relativa en todas las condiciones de carga, con excepción del impulso en 10% de la carga donde mostró valores atípicos y bajos de correlación ( $r = 0,29$ ).

También se evidencio que en las cargas de 10% todas las variables relativas tienen una mayor correlación que las absolutas respecto a la altura del salto, pero en el 20% y 30% de la carga, las correlaciones son similares. En otros estudios del salto con carga Loturco et al. (2017b) analizó la potencia y la potencia media, así como las relativas, y observó una correlación menor que en nuestro estudio en todas las variables y en todas las condiciones de carga, pero observó una correlación superior con el salto en las variables relativas que en las absolutas en todas las condiciones de carga.

Una posible explicación de esta evidencia es que por la utilización de un método de carga no inercial, (se aumenta la carga y no la masa) la masa perdería importancia en la altura del salto conforme aumenta la carga, ya que la masa permanece constante. Por otra parte dada la poca evidencia hasta el momento respecto a los métodos de aplicación de carga no inercial en el salto, se encuentra limitada la comparación de resultados.

Las diferencias entre nuestro estudio y estudios de salto con carga previos podrían deberse tanto a la experiencia previa en entrenamiento de fuerza de los sujetos (Hackett, Davies, Soomro & Halaki, 2015; Berton, Lixandrao, Pinto e Silva & Tricoli, 2018) como a la diferencia en el gesto motor, ya que en CMJ se observan mayores valores de altura de salto y potencia generada (Bosco, Komi & Ito, 1981; Kirby, McBride, Haines & Dayne, 2011) producto de una mayor velocidad de activación de las fibras y de la acumulación de energía cinética en los componentes pasivos de la unidad músculo-tendinosa (Bosco, Komi & Ito, 1981; Van Hooren & Zolotarjova, 2017). Por otra parte la diferencia de nivel en sujetos de estudio (Coh & Mackala, 2013) podría explicar la diferencia de valores de potencia generada con los estudios de Loturco et al. (2017b), sin olvidar que utilizó máquina smith para realizar los saltos por lo que otra de las posibles causas de estas diferencias sería el grado de inestabilidad del salto, lo cual parecería limitar la aplicación de fuerza en miembros inferiores (Lawrence & Carlson, 2015; Fletcher & Bagley, 2014).

## **6 CONCLUSIÓN:**

Teniendo presente lo expuesto anteriormente, es preciso decir que existe una correlación superior con el salto en las variables relativas por sobre las variables absolutas, pero conforme aumenta la carga esta relación se invierte en las variables de potencia. Por otro lado, se observó que las variables de potencia, parecen ser mejores determinantes del salto con poca carga agregada y conforme aumenta la carga esta relación parece invertirse. Igualmente, dada la poca evidencia, esta relación deberá seguir estudiándose con especial énfasis en los métodos de aplicación de carga. Por último, es preciso plantear que a pesar de la evidencia revelada, no se encuentra suficiente evidencia para concluir que utilizar cargas para que la potencia o el impulso se maximicen, beneficie en mayor medida la altura del salto.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Berton, R., Lixandrão, M. E., Pinto e Silva, C. M., & Tricoli, V. (2018). Effects of weightlifting exercise, traditional resistance and plyometric training on countermovement jump performance: a meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*, 36(18), 2038–2044. doi: 10.1080/02640414.2018.1434746
- Bosco, C., Komi, P. V., & Ito, A. (1981). Prestretch potentiation of human skeletal muscle during ballistic movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 111(2), 135–140. doi: 10.1111/j.1748-1716.1981.tb06716.x
- Carlock, J. M., Smith, S. L., Hartman, M. J., Morris, R. T., Ciroslan, D. A., Pierce, K. C., ... Stone, M. H. (2004). The relationship between vertical jump power estimates and weightlifting ability: A field-test approach. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(3), 534–539. doi: 10.1519/R-13213.1
- Clark, D. R., Lambert, Mi. I., & Hunter, A. M. (2012). Muscle activation differs between partial and full back squat exercise with external load equated. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(4), 1169–1178. doi: 10.1519/JSC.0000000000001713
- Coh, M., & Mackala, K. (2013). Differences Between the Elite and Subelite Sprinters in Kinematic and Dynamic Determinations of Countermovement Jump and Drop Jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(11), 1–4. doi: 10.1519/JSC.0b013e31828c14d8
- Cormie, P., McBride, J. M., & McCaulley, G. O. (2008). Power-time, force-time, and velocity-time curve analysis during the jump squat: impact of load. *Journal of Applied Biomechanics*, 24(2), 112–120. doi: 10.1123/jab.24.2.112
- Dobbs, C. W., Gill N. D., Smart, D. J., & McGuigan, M. R. (2015). Relationship between vertical and horizontal jump variables and muscular performance in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 661-71. doi: 10.1519/JSC.0000000000000694.
- Driss, T., Vandewalleh, H., Monod, H. (1999). Maximal power and force-velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players. Correlation with vertical jump test. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 38 (4), 286-293. pmid: 9973770
- Fletcher, I. M., & Bagley, A. (2014). Changing the stability conditions in a back squat: the effect on maximum load lifted and erector spinae muscle activity. *Sports Biomechanics*, 13(4), 380–390. doi: 10.1080/14763141.2014.982697

- Hackett, D., Davies, T., Soomro, N., & Halaki, M. (2016). Olympic weightlifting training improves vertical jump height in sportspeople: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 50(14), 865–872. doi: 10.1136/bjsports-2015-094951
- Hansen, K. Y., Cronin, J. B., & Newton, Mi. J. (2011). The Reliability of Lineal Position Transducer and Force Plate Measurement of Explosive Force-Time Variables During a Loaded Jump Squat in Elite Athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1447–1456. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181d85972
- Harris, N. K., Cronin, J. B., Will G. Hopkins, A., & Hansen, K. T. (2008). Relationship between prints times and the strenght / power outputs of a machine squat jump. *Strength and Conditioning Journal*, 22(3), 691–698. doi: 10.1519/JSC.0b013e31816d8d80
- Hermassi, S., Chelly, M. S., Wagner, H., Fieseler, G., Schulze, S., Delank, K. S., ... Schwesig, R. (2018). Relationships between maximal strength of lower limb, anthropometric characteristics and fundamental explosive performance in handball players. *Sportverletzung - Sportschaden*. doi: 10.1055/s-0043-124496
- Jandacka, D., Uchytíl, J., Farana, R., Zahradník, D., & Hamill, J. (2014). Lower extremity power during the squat jump with various barbell loads. *Sports Biomechanics*, 13(1), 75–86. doi:10.1080/14763141.2013.872287
- Kirby, T. J., McBride, J. M., Haines, T. L., & Dayne, A. M. (2011). Relative Net Vertical Impulse Determines Jumping Performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(3), 207–214. doi:10.1123/jab.27.3.207
- Kitamura, K., Pereira, L. A., Kobal, R., Abad, C. C. C., Finotti, R., Nakamura, F. Y., & Loturco, I. (2017). Loaded & unloaded jump performance of top-level volleyball players from different age categories. *Biology of Sport*, 34(3), 273–278. doi: 10.5114/biolport.2017.67123
- Mundy, P. D., Smith, N. A., Lauder, M. A., & Lake, J. P. (2016). The effects of barbell load on countermovement vertical jump power and net impulse. *Journal of Sports Sciences*, 35(18), 1781–1787. doi:10.1080/02640414.2016.1236208
- Lake, J. P., Mundy, P. D., Comfort, P., McMahon, J. J., Suchomel, T. J., & Carden, P. (2018). The effect of barbell load on vertical jump landing force-time characteristics. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 1. doi:10.1519/jsc.0000000000002554
- Lawrence, M. A., & Carlson, L. A. (2015). Effects of an Unstable Load on Force and Muscle Activation During a Parallel Back Squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(10), 2949–2953. doi:10.1519/JSC.0000000000000955



- Loturco, I., D'Angelo, R. A., Fernandes, V., Gil, S., Kobal, R., Abad, C. C. C., ... Nakamura, F. Y. (2015). Relationship Between Sprint Ability and Loaded / Unloaded Jump Tests in Elite Sprinters. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(3), 758-64. doi: 10.1519/JSC.0000000000000660
- Loturco, I., Pereira, L., Kobal, R., Kitamura, K., Cal Abad, C., Nakamura, F., & Pai, C. (2017b). Peak versus mean propulsive power outputs : which is more closely related to jump squat performance? *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 5(11), 1432–1444. doi:10.23736/S0022-4707.17.06940-7
- Resnick, Robert; Halliday, David; Krane, Kenneth. Física Volumen 1. 3ra Edición. México: Editorial: Continental, 2001. 720 p.
- Rodgers, M. M., & Cavanagh, P. R. (1984). Glossary of biomechanical terms, concepts, and units. *Physical Therapy*, 64(12), 1886–1902. doi: 10.1093/ptj/64.12.1886.
- Sánchez-Sixto, A., Harrison, A., & Floría, P. (2018). Larger Countermovement Increases the Jump Height of Countermovement Jump. *Sports*, 6(4), 131. doi: 10.3390/sports6040131.
- Stockbrugger, B. A., & Haennel, R. G. (2003). Contributing Factors to Performance of a Medicine Ball Explosive Power Test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(4), 768–774. doi: 10.1519/00124278-200311000-00023
- Stone, M.H., O'Bryant, H.S., McCoy, L., Coglianese, R., Leh- mkuhl, M., & Schilling, B. (2000). Power and máximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *Journal of Strength and Conditioning*, 17(1), 140-7. doi: 10.1519/1533-4287(2003)017<0140:pamsrd>2.0.co;2
- Vandewalle, H., Peres, G., Heller, J., Panel, J., & Monod, H. (1987). Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer. Correlation with the height of a vertical jump. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 56, 650–656.
- Van Hooren, B., & Zolotarjova, J. (2017). The Difference Between Countermovement and Squat Jump Performances. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(7), 2011–2020. doi: 10.1519/JSC.0000000000001913



